

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

Katedra pedológie a geológie

## **Stabilita pôdných agregátov v pôdach SR**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor  
vo vednom odbore: 6.1.8  
Agrochémia a výživa rastlín

Ing. Mária Mražiková

Nitra, 2008

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre pedológie a geológie Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Mária Mražiková  
Katedra pedológie a geológie  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: Doc. Ing. Anton Zaujec, CSc.  
Katedra pedológie a geológie  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: Prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.  
Katedra pedológie  
Prírodovedecká fakulta  
Univerzita Komenského v Bratislave

Doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.  
Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy  
Stredisko Banská Bystrica

Prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.  
Katedra chémie  
Fakulta biotechnológie a potravinárstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Autoreferát bol odoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra pedológie a geológie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa ..... o ..... h pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce vedného odboru 6.1.8 Agrochémia a výživa rastlín na Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra pedológie a geológie  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Miestnosť: .....

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov.

Predseda komisie pre obhajoby vo vednom odbore 6.1.8

Prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

## ABSTRAKT

V práci sme sa zamerali na určenie vzťahov medzi parametrami charakterizujúcimi pôdnu štruktúru a pôdnou organickou hmotou. Uvedený zámer sme sledovali vo vybraných pôdach viacerými metódami.

Zistili sme priaznivé pôsobenie aplikovaných hnojív, maštalného hnoja a NPK, na zastúpenie makroagregátov (0,5-3 mm), hodnoty koeficientu štruktúrnosti K (8,13), koeficientu zraniteľnosti Kv (1,25) a zastúpenie vodoodolných makroagregátov WSA (89 %) v pôdach. Nepotvrdili sme vplyv obsahov organického uhlíka na pôdnu štruktúru vo Vígľaši.

Výsledky poukázali na rozdiely pôdnej štruktúry vo viniciach. V Tokajskej vinohradníckej a vinárskej oblasti (TVVO), kde na vybraných honoch boli zistené rozdielne hodnoty  $MWD_d$ ,  $MWD_w$ ,  $S_w$ ,  $K_v$  a  $K$ . Zastúpenie makroagregátov za sucha i za mokra bolo na všetkých honoch >70 %, čo bol dobrý stupeň agregácie. Vinica v Dulovciach mala vysokú hodnotu indexu stability  $S_w$  (3,14). Pôdna organická hmota v TVVO mala vplyv na obsah WSA.

Vplyv osevných postupov a monokultúrneho pestovania pšenice letnej formy ozimnej na pôdnu štruktúru sme zistili v Borovciach. Najvyššie obsahy  $C_{OX}$  boli vo frakcii štruktúrnych agregátov 0,5-0,25 mm. Obsah  $C_{OX}$  vo frakcii WSA <0,25 mm mal preukazný vplyv na hodnoty koeficientu štruktúrnosti. Stabilita pôdnych agregátov ( $S_{WSA}$ ) bola najvyššia pri zapracovaní slamy (94,5 %). Po dispergácii ultrazvukom (metóda USAS) sme zistili najvyššiu stabilitu pôdnych agregátov v osevnom postupe s 80 %-ným podielom obilnín (26,3 %). Vyššie obsahy C a N boli vo frakcii WSA 630-250  $\mu$ m v osevných postupoch s rôznym podielom obilnín oproti monokultúre.

V rôznych ekosystémoch (Báb) bolo zastúpenie WSA: v chránenom lese 92,4 %, v odlesnenej ploche 74,6 %, ale v ornej pôde len 57 %. Hodnoty  $S_{WSA}$  boli najvyššie v pôde chráneného lesa (95,9 %), na odlesnenej ploche (61,8 %) a v ornej pôde (59,1 %).

Vysoká dávka aplikovaného kompostu nemala preukazný vplyv na pôdnu štruktúru v Španielsku, avšak obsah  $C_{OX}$  vo frakciách WSA bol vyšší po aplikácii kompostu (1,69 %) oproti kontrole (1,27 %).

V pôdach Slovenska bol jednoznačne potvrdený štatisticky preukazný vplyv pôdnej organickej hmoty na pôdnu štruktúru.

**Kľúčové slová:** pôdna štruktúra, parametre stability makroagregátov, pôdna organická hmota, celkový a labilný organický uhlík

## Abstract

The aim of our study was to determine interrelations between different parameters of soil structure and soil organic matter. Declared aim we studied in the selected soils of Slovakia and Spain by different analytical methods.

We found favourable impact of applied fertilizers, farmyard manure and NPK, on abundance of macroaggregates (0.5-3 mm), the values of structural coefficient K (8.13), coefficient of vulnerability (1.25) and % of waterstable aggregates WSA (89 %) in soil. We didn't find the impact of soil organic carbon contents on soil structure in Viglas trial.

Different results of soil structure quality were in vineyards. In Tokaj region (TVVO) on selected locations were observed different values of  $MWD_d$ ,  $MWD_w$ , Sw, Kv and K. Contents of macroaggregates sieved by dry and in water were in all locations >70 %, that is the good degree of aggregation. The vineyard in Dulovce had high value of stability index Sw (3.14). Soil organic matter had the impact on content of WSA.

We found impact of different crops rotation and monoculture variants of winter wheat on soil structure. The highest content  $C_t$  was in aggregate fraction 0.5-0.25 mm. Impact of contents  $C_t$  in WSA fraction <0.25 mm was statistically significant with values of structural coefficients. Stability of soil aggregates ( $S_{WSA}$ ) was the highest in variant with applied straw (94.5 %). Ultrasonic soil aggregates stability (USAS) was found in crop rotations with 80 % share of cereals (26.3 %). The higher contents C and N were in fraction 630-250  $\mu$ m in variants with crop rotations than in monoculture.

In different ecosystems in Bab we found contents WSA: the highest in reserved natural forest (92.4 %), in deforested area only 74.6 % while in arable soil 57 %. The values  $S_{WSA}$  were the highest in forest (95.9 %), in deforested area 61.8 % and in arable soil 59.1 %.

The high amount of applied compost had no positive effect on soil structure in Spain soil, but content  $C_t$  in fraction WSA was higher with compost (1.69 %) than in control (1.27 %).

In Slovakia soils we determined impact of soil organic matter on soil structure.

**Key words:** soil structure, parameters of macroaggregates stability, soil organic matter, total and labile organic carbon

## **O B S A H**

Úvod	5
1 Prehľad literatúry	6
2 Cieľ práce	7
3 Materiál a metódy	7
4 Súhrn výsledkov s uvedením nových poznatkov a návrhom na využitie pre ďalší rozvoj vedy	9
<b>4.1 Vplyv hnojenia na vlastnosti pôd</b>	9
<b>4.2 Vlastnosti pôd vo viniciach Slovenska</b>	10
<b>4.3 Vlastnosti pôd pri pestovaní obilnín</b>	11
<b>4.4 Porovnanie vlastností pôdy využívanej ako lesná a orná pôda</b>	14
<b>4.5 Vlastnosti pôdy v Španielsku po pridaní kompostov</b>	15
5 Závery	16
6 Použitá literatúra	17
7 Zoznam publikovaných prác	19

## **Ú V O D**

Pôda je základným prírodným zdrojom, v súčasnosti vystavená mnohým hrozbám a procesom degradácie, predovšetkým erózii, úbytku organickej hmoty, kompaktii, kontaminácii, zástavbe, poklesu biodiverzity a podobne. K využitiu a ochrane pôdy musíme pristupovať z aspektu uchovania jej potenciálnej úrodnosti, ale aj ostatných mimo produkčných funkcií relevantných pre ochranu životného prostredia. Pôdna štruktúra je kľúčovým faktorom pre pôdne funkcie, schopnosť pôdy vytvárať podmienky pre existenciu a rast rastlín a živočíchov. Často sa vyjadruje ako stabilita agregátov a používa sa ako indikátor pôdnej štruktúry. Priaznivá pôdna štruktúra a vysoká stabilita agregátov sú dôležité pri zvyšovaní pôdnej úrodnosti a raste agronomickej efektívnosti, zvyšovaní pórovitosti a poklese erózie.

# 1 PREHĽAD LITERATÚRY

Organická hmota je hlavným indikátorom trvalej udržateľnosti poľnohospodárskych systémov, ktoré vplyvajú na zmeny obsahov jej foriem. Sledovanie jej zmien pri rôznych systémoch hospodárenia a využívania krajiny je potrebné pre vývoj trvale udržateľných systémov hospodárenia na pôde (Zaujec, 2007).

Význam humusu spočíva v zlepšovaní takmer všetkých pôdných vlastností. Körschens et al. (2004) uvádzajú, že humus ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biologické funkcie pôdy, obzvlášť: akumuláciu živín a vody, filtračnú a pufrovaciu schopnosť, biologickú aktivitu, štruktúru pôdy (stabilitu agregátov, vzdušný a vodný režim, ochranu pred utláčaním a eróziou).

Pôdna štruktúra hovorí o tvare, veľkosti a usporiadaní pevných častíc a voľných priestorov, kontinuity pórov a priestorov, ich schopnosti zadržiavať kvapaliny a organické i anorganické látky a schopnosti podporovať rast a rozvoj koreňovej hmoty. Priaznivá pôdna štruktúra a vysoká stabilita agregátov sú dôležité pri zvyšovaní pôdnej úrodnosti a raste agronomickej efektívnosti, zvyšovaní pórovitosti a poklese erodibility. Často sa vyjadruje ako stupeň stability agregátov (Bronick, Lal, 2005).

Na tvorbu agronomicky hodnotnej pôdnej štruktúry pôsobí komplex faktorov, ako zrnitosť, mineralogické a chemické zloženie pôdy, množstvo a kvalitatívne zloženie humusových látok, tlak koreňového systému, zavlažovanie, vysychanie, premrzanie, vlhkosť pôdy v čase jej spracovania a prejazdov ťažkých mechanizmov, vysoké dávky priemyselných hnojív a rôznych prípravkov proti škodcom a chorobám rastlín (Sisák, 1994). K rozpadu agregátov dochádza v dôsledku úderov dažďových kvapiek, účinnosť ktorých sa prejaví v závislosti od pôdneho druhu a veľkosti agregátov.

Agregáty sú sekundárne komponenty vytvorené spájaním minerálnych častíc s organickými a anorganickými látkami. Pôdne agregáty v zahraničí sú rozdeľované na základe ich veľkosti do dvoch skupín: mikroagregáty (< 250  $\mu\text{m}$ ) a makroagregáty (>250  $\mu\text{m}$ ) (Fiedler, 2001). V literatúre je všeobecne uznávané delenie agregátov na: megaagregáty (> 10 mm), makroagregáty (10-0,25 mm) a mikroagregáty (< 0,25 mm). Stabilita pôdnej štruktúry predstavuje dôležitý indikátor kvality pôdy. Je ovplyvnená množstvom a typom pôdných zložiek: obsahom pôdnej organickej hmoty, ílu, oxidov hliníka a železa,  $\text{CaCO}_3$  a výmenného sodíka (Zaujec, Chlpík, 2002).

## 2 CIEĽ PRÁCE

V práci sme sa zamerali na určenie vzťahov medzi parametrami charakterizujúcimi pôdnu štruktúru a pôdnou organickou hmotou. Hlavný cieľ sme rozčlenili na nasledovné parciálne ciele:

- A, zistiť vplyv minerálneho a organického hnojenia na dlhodobom (50-ročnom) výživárskom pokuse vo Vígľaši, na pôdnu štruktúru,
- B, zistiť vplyv dlhodobého, špecifického využívania pôd (vinice), na pôdnu štruktúru, stabilitu pôdných makroagregátov a základné vlastnosti pôdy,
- C, zistiť vplyv rôznych osevných postupov a monokultúrneho pestovania obilnín na pôdnu štruktúru na dlhoročnom experimente (33-ročnom) v Borovciach,
- D, zistiť vplyv rôznych spôsobov využívania krajiny na pôdnu štruktúru a jej kvalitu a určiť distribúciu celkového a labilného pôdneho uhlíka v jednotlivých frakciách makroagregátov, v pôdných vzorkách vybraných ekosystémov,
- E, zistiť vplyv jednorazovej vysokej dávky kompostov do karbonátovej pôdy, po 18 mesiacoch po aplikácii – experiment v Španielsku, na pôdnu štruktúru a porovnať výsledky stability makroagregátov získané rôznymi metódami.

## 3 MATERIÁL A METÓDY

Uvedený cieľ sme sledovali v rôznych pôdno-ekologických podmienkach Slovenska a Španielska a to komplexnou analýzou pôdných vzoriek z lokalít:

- **Vígľaš - Pstruša** (pracovisko VÚRV Piešťany) – z troch variantov 50 ročného výživárskeho poľného pokusu (nehnojený, hnojený maštal'ným hnojom 40 t.ha<sup>-1</sup> raz za štyri roky, hnojený NPK) a dvoch opakovaní „a“ a „d“,
- Viníc z rôznych oblastí Slovenska, kde sme zisťovali vplyv hospodárenia a pestovateľskej technológie na pôdnu štruktúru a uloženie pôdy – **Dulovce** a **Tokajská vinohradnícka a vinárska oblasť** – lokality Malá Trňa, Viničky, Čerhov,
- **Borovce** (VÚRV Piešťany) – pôdne vzorky na analýzy sme odoberali v rokoch 2007 a 2008, z dlhodobého stacionárneho (33 ročného) pokusu založeného na monokultúrnom pestovaní pšenice letnej f. ozimnej a jačmeňa siateho jarného z troch variantov hnojenia (kontrola, minerálne hnojenie, zaorávanie slamy a ekologické organické hnojivo Veget) a troch osevných postupov so 40 %, 60 % a 80 % zastúpením obilnín pri dvoch úrovniach hnojenia. V práci sme sledovali vybrané fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy vo vybraných variantoch:

sonda 1 – OP: K – kontrola

sonda 2 – OP: SL – zaorávanie slamy

sonda 3 – OP: SL+Vg – zaorávanie slamy + org. hnojivo Veget

sonda 11 – 40 % H1 = OP – minerálne hnojenie

sonda 12 – 40 % H2 = OP – minerálno-organické hnojenie

sonda 13 – 60 % H1 = JJ – minerálne hnojenie

sonda 14 – 60 % H2 = JJ – minerálno-organické hnojenie

sonda 15 – 80 % H1 = OP – minerálne hnojenie

sonda 16 – 80 % H2 = OP – minerálno-organické hnojenie,

- **Báb** (Chránená prírodná rezervácia) - na zhodnotenie pôdnej štruktúry a stability pôdnych agregátov v troch vybraných stanovištiach: nenarušený les, odlesnená plocha a orná pôda (pšenica letná forma ozimná),
- **Španielsko** – krátkodobý poľný malo parcelový pokus v Alicante v rámci Slovensko – Španielskeho projektu za SR koordinovaného RNDr. Ľ. Lichnerom, CSc. (HÚ SAV Bratislava) na testovanie vplyvu jednorazovej aplikácie kompostu v dávke 60 t.ha<sup>-1</sup> na pôdnu štruktúru, s dvomi variantmi a tromi opakovaniami: s aplikovaným kompostom (KO) a kontrolou (KA).

Pri analýzach pôdnych vzoriek sme na stanovenie ukazovateľov použili metódy:

- zrnitostné zloženie - pipetovacou metódou (Fiala et al., 1999)
- kvantitatívne obsah uhličitanov CaCO<sub>3</sub> objemovou metódou (Hanes et al., 1995)
- celkový organický uhlík (C<sub>OX</sub>) - oxidometricky (Ľurin, 1966)
- obsah labilného organického uhlíka (C<sub>L</sub>) (Loginov et al., 1993)
- obsah horúcou vodou rozpustného uhlíka (C<sub>hws</sub>) (Körschens et al., 1990)
- výpočet lability uhlíka (L), indexu zdroja uhlíka (CPI), indexu lability uhlíka (LI), uhlíkového riadiaceho indexu (CMI) (Blair et al., 1995)
- stanovenie frakcií agregátov (>7; 7-5; 5-3; 3-1; 1-0,5; 0,5-0,25; <0,25 mm)-za sucha
- stanovenie frakcií (>5; 5-3; 3-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; <0,25 mm) vodoodolných makroagregátov (WSA) Bakšajevou metódou (Hraško et al., 1962)
- výpočet koeficienta štruktúrnosti (K) (Revut, 1964)
- výpočet váženého priemeru makroagregátov získaných preosievaním za sucha (MWDd) a za mokra (MWDw)
- výpočet koeficienta zraniteľnosti (K<sub>v</sub>) makroagregátov



- výpočet indexu stability Sw (Henin et al., 1969)
- stanovenie stability vodoodolných makroagregátov ( $S_{WSA}$ ) (modifikovaná metóda Kemper a Rosenau, 1986)
- stabilita vodoodolných agregátov - SAS metóda (Kemper a Rosenau, 1986)
- stabilita vodoodolných agregátov - USAS metóda (Mayer et al., 2002)
- obsahy C a N v agregátoch 630-250 a 250-63  $\mu\text{m}$  - elementárny analyzátor Carlo Erba NA 1500

Dosiahnuté výsledky sme vyhodnotili tabelárne, graficky a matematicko-statistickými metódami, regresnou korelačnou analýzou a analýzou rozptylu.

## 4 SÚHRN VÝSLEDKOV S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKOV S NÁVRHOM NA VYUŽITIE PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY

### 4.1 Vplyv hnojenia na vlastnosti pôd

Pôdnu štruktúru vo Vígľaši sme zisťovali v roku 2006 z opakovania „a“ a v roku 2007 z opakovania „d“. V roku 2006 sme stanovili vyššie zastúpenie štruktúrnych makroagregátov (0,5-3 mm) vo variante s maštalným hnojom (41,1%), o čom svedčí aj vysoký koeficient štruktúrnosti K (6,1) oproti kontrole (31,03%), kde sme na druhej strane pri hodnotení vodoodolných makroagregátov (WSA) zistili ich vysoké zastúpenie (53,6%). Pozitívne sa prejavila aplikácia hnojív NPK v zastúpení makroagregátov (0,5-3 mm) preosievaných za sucha (39,26%) a za mokra (54,06%). Hodnoty indexu stability makroagregátov (Sw) boli vo variantoch hnojenia v rozmedzí 0,84-1,01, najvyššia bola v kontrole (0,93 $\pm$ 0,11). Hodnoty  $MWD_w$  vzrástli po pridaní maštalného hnoja (na 1,15 až 1,34 mm oproti kontrole až o 100 % vo vrstve 0-0,15 m a o 26 % vo vrstve 0,15-0,30 m), čo zistili aj Blair et al. (2005). Pomer medzi hodnotami  $MWD_d$  a  $MWD_w$  udáva koeficient zraniteľnosti ( $K_v$ ), ktorého najnižšia hodnota bola vo variante s aplikovaným maštalným hnojom (2,26 $\pm$ 0,56) oproti kontrole (4,57 $\pm$ 1,07) a variantu s NPK hnojením (4,80 $\pm$ 0,2), čo potvrdilo pozitívny účinok hnojenia na stabilitu pôdnych agregátov. V roku 2007 sme zistili najvyššie zastúpenie štruktúrnych makroagregátov (0,5-3 mm) pri aplikovanom maštalnom hnoji (38,3%). Na druhej strane sme však zistili najnižšie zastúpenie WSA po aplikácii maštalného hnoja (47,9%) oproti kontrole (53,1%) a NPK (49,6%). V prospech aplikácie hnojív hovorí hodnota Sw=1,16 vo variante s NPK.

Zistili sme veľmi vysokú lineárnu závislosť medzi hodnotami K a  $MWD_d$ , medzi  $MWD_w$  a  $K_v$ . V tomto prípade, kde sme zisťovali vplyv dlhodobého hnojenia pôdy na pôdne vlastnosti, sa nám nepotvrdil lineárny štatisticky preukazný vplyv na pôdnu štruktúru charakterizovanú vybraným komplexom parametrov.

## 4.2 Vlastnosti pôd vo viniciach Slovenska

Černozem kultizemná v lokalite Dulovce má nízke zastúpenie ílu (5,71%) a vysoké zastúpenie piesku (77,8%), preto ľahko podlieha pôdnej erózii. Hodnota  $S_w$  bola vysoká (3,14), čo pripisujeme zrnitosti pôdy. V piesočnatých pôdach dochádza k rýchlejšej mineralizácii pôdnej organickej hmoty a aj keď pôda bola dostatočne hnojená organickými hnojivami a v medziradoch rozorávaná, došlo tu k výraznému nárastu frakcii makroagregátov 1-0,25 mm, čomu zodpovedali nízke hodnoty  $MWD_d$  (0,90 mm) a  $MWD_w$  (0,37 mm). Priemerný obsah celkového uhlíka ( $C_{OX}$ ) v humusovom horizonte bol vyšší v medzirade viniča ( $0,945 \pm 0,16\%$ ) oproti obsahu v rade viniča ( $0,80 \pm 0,14\%$ ). Hodnoty CPI sa pohybovali od 0,57 do 1,56 ( $1,02 \pm 0,3$ ), čo bolo v súlade s výsledkami Whitbread et al. (1996). Zaujímavé hodnoty, čo sa týka kvality pôdnej organickej hmoty a vplyvov pestovateľskej techniky vo viniciach nám poskytli hodnoty indexov CMI, s najpriaznivejšími hodnotami vo vrstve 0-0,2 m (81-75) a s výrazným poklesom kvality vo vrstve 0,2-0,4 m na polovičné hodnoty (45,3-55,3).

### *Tokajská vinohradnícka a vinárska oblasť*

V zastúpení štruktúrnych makroagregátov (0,5-3 mm) medzi jednotlivými honmi boli viditeľné rozdiely. Najnižšie obsahy boli v lokalite Čerhov na honoch Čierna hora (26,25%) a Hrachovisko (26,04%). Vysoké zastúpenie makroagregátov (0,5-3 mm) sme zistili v lokalite Viničky na oboch honoch (31,5-44,2%) a v roku 2007 na honoch Podcestie (37,2%) a Makovisko (38,8%). V závislosti od štruktúrneho zloženia pôdy sa menili aj hodnoty koeficientu štruktúrnosti (K). Vysoké hodnoty K boli v roku 2006 vo Viničkách (8,01 a 5,8) a v roku 2007 na honoch Makovisko (11,8) a Podcestie (7,88) (Malá Trňa). Zastúpenie WSA bolo najvyššie v roku 2007 na honoch Čierna hora (91%) a Hrachovisko (92,1%), čomu zodpovedali aj hodnoty  $MWD_w$ . Hodnoty  $MWD_w$  sa pohybovali od 0,7 mm do 2,89 mm, pričom najnižšie hodnoty boli v lokalite Malá Trňa na všetkých honoch. Najvyššie hodnoty  $K_v$  a tak i zraniteľnosť makroagregátov sme vypočítali pre hon Pahorok (3,15 a 4,87), kým na ostatných honoch sa hodnoty  $K_v$  pohybovali v rozmedzí 0,94-1,92. Hodnoty  $MWD_d$  boli na jednotlivých honoch rozdielne a hovoria o najpriaznivejšej štruktúre na honoch Podcestie a Hrachovisko. Pri

hodnotení hodnôt indexov stability ( $S_w$ ) sme zistili, že najnižšia hodnota (1,16) bola na hone Pahorok v novej výsadbe, naopak najvyššia na honoch Makovisko a Podcestie (2,05-2,10). Celkovo môžeme pokladať štruktúrny stav pôdy na sledovaných honoch v TVVO za priaznivý. Zistili sme preukaznú lineárnu závislosť medzi obsahmi  $C_{OX}$  a zastúpením WSA, podobne i medzi obsahmi labilného ( $C_L$ ) uhlíka a WSA, čo potvrdili aj Goulet et al. (2004).

### 4.3 Vlastnosti pôd pri pestovaní obilnín

Pre komplexné posúdenie vplyvov na pôdnu štruktúru sme vyhodnotili štruktúrne zloženie pôdy a tiež zastúpenie WSA vo variantoch: monokultúry (S1, S2, S3 pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej) a v osevných postupoch s rôznym zastúpením obilnín s úrovňou hnojenia H1 (S11, S13, S15 - osevné postupy so 40 %, 60 % a 80 % obilnín s minerálnym hnojením) a úrovňou hnojenia H2 (S12, S14, S16 - osevné postupy so 40 %, 60 % a 80 % obilnín s organo-minerálnym hnojením). Najvyššie priemerné zastúpenie štruktúrnych makroagregátov (0,5-3 mm) sme zistili pri monokultúre (42,4%) oproti úrovni hnojenia H1 (38,2%) a H2 (39,1%) v osevných postupoch. Najvyšší obsah WSA sme zistili vo frakcii 1-0,5 mm pri rôznom podiele obilnín v osevných postupoch. Vo variantoch monokultúry sme zistili vysoké zastúpenie frakcie >5 mm WSA, pričom najpriaznivejší účinok malo zapracovanie slamy (S2) v povrchovej vrstve (9,28%). To je v súlade s výsledkami Badalíkovej a Procházkovej (2007). V roku 2008 sme posudzovali pôdnu štruktúru vo variantoch monokultúry (S1, S2, S3) a vo variantoch s úrovňou hnojenia H1 v osevných postupoch (S11, S13, S15). Priemerné zastúpenie frakcie makroagregátov (0,5-3 mm) vo variantoch monokultúry bolo vo vrchnej vrstve (42,3%), ale vo vrstve 0,15-0,3 mm len 28,9 %. Priemerné obsahy veľkosti priaznivých makroagregátov boli vysoké, v rozmedzí 40,2-49,3 % a pozitívnejší účinok mal zvýšený podiel obilnín v osevných postupoch. Pri hodnotení jednotlivých parametrov pôdnej štruktúry sme zistili preukazné vplyvy ako pestovateľských systémov, tak aj hĺbok odobratých pôdnych vzoriek. Hodnoty  $MWD_d$  sa pohybovali v rozmedzí 2,08-3,34 mm. Najnižšia hodnota  $MWD_d$  (2,08 mm) bola vo variante so zapracovanou slamou (S2), kde bola zároveň vypočítaná najvyššia hodnota  $MWD_w=1,31$  a najnižšia hodnota koeficientu zraniteľnosti ( $K_v=1,59$ ). Hodnoty indexu stability ( $S_w$ ) a koeficientu štruktúrnosti ( $K$ ) sa pohybovali v závislosti od pestovateľského systému. Zníženie podielu obilnín v osevnom postupe sa pozitívne prejavilo v hodnotách koeficientu zraniteľnosti pôdy

(Kv). Kým pri 40 %-nom podiele obilnín s hnojením H1 boli hodnoty  $K_v=4,6$  a s hnojením H2 ( $K_v=8,26$ ) vysoké, pri 60 a 80 %-nom podiele došlo k výraznému poklesu. V roku 2008 sa zastúpenie vodoodolných makroagregátov (WSA) stanovené metódou Bakšajeva pohybovalo v rozmedzí 47,6-76,7 %, čo bolo pomerne nízke oproti iným systémom hospodárenia na pôde. Najnižší obsah WSA (47,6%) bol vo variante monokultúry so zapracovaním slamy spolu s organickým hnojivom Veget (S3). Tomu zodpovedala hodnota váženého priemeru makroagregátov získaných preosievaním za mokra ( $MWD_w=0,24\text{mm}$ ) a aj najvyššia hodnota koeficientu zraniteľnosti ( $K_v=12,8$ ). Najpriaznivejší štruktúrny stav pôdy v roku 2008 bol pri zapracovaní slamy vo variante monokultúry, o čom hovorí koeficient štruktúrnosti ( $K=10,04$ ) v povrchovej vrstve, i index stability ( $S_w=1$ ). Taktiež koeficient zraniteľnosti hovorí o priaznivom pomere makroagregátov, ktorý oproti roku 2007 ( $K_v=1,59$ ) bol vysoký ( $K_v=5,26$ ). Hĺbka pôdy preukazne vplývala na hodnoty  $MWD_d$ . Hodnoty indexu stability ( $S_w$ ) vo variantoch sa pohybovali v závislosti od obsahu WSA a zrnitostného zloženia v rozsahu 0,6 až 1,20. Vo frakciách štruktúrnych agregátov v roku 2007 sme stanovili obsah celkového organického uhlíka, najvyšší bol v makroagregátoch 0,5-0,25 mm. Lu (2001) zistil najvyšší obsah organického uhlíka vo frakcii 1-0,25 mm. Najvyšší obsah  $C_{OX}$  bol vo frakcii 0,5-0,25 mm v kontrole (S1) a po zapracovaní slamy (S2). Zásoby organického uhlíka boli vo vrstve 0-0,15 m vo variantoch monokultúry pšenice letnej f. ozimnej 29,72  $\text{gC.kg}^{-1}$  v makroagregátoch a 1,963  $\text{gC.kg}^{-1}$  v mikroagregátoch. V osevných postupoch so zvýšeným podielom obilnín s úrovňou hnojenia H1 sme zaznamenali najvyššie obsahy  $C_{OX}$  pri 60 %-nom podiele obilnín (S13). Väčšie množstvo organickej hmoty bolo viazanej v mikroagregátoch, čo sa nám potvrdilo aj pri variantoch s úrovňou hnojenia H2 v osevných postupoch. Priemerný obsah  $C_{OX}$  v makroagregátoch v osevných postupoch s hnojením H1 bol vo vrstve 0-0,15 m 28,431  $\text{gC.kg}^{-1}$  a v mikroagregátoch 1,316  $\text{gC.kg}^{-1}$ . V osevných postupoch s hnojením H2 bol vyšší obsah  $C_{OX}$  v makroagregátoch 30,34  $\text{gC.kg}^{-1}$  a najviac vo variante so 60 %-ným zastúpením obilnín v osevných postupoch (S14).

Stabilitu pôdnych agregátov sme zisťovali aj **modifikovanou metódou Kemper a Rosenau** z frakcie 5-3 mm makroagregátov získaných za sucha vo vzorkách z 0-0,15 m v roku 2007. Najvyššia stabilita pôdnych agregátov ( $S_{WSA}$ ) bola vo variante so zapracovanou slamou (94,5%) a v kontrole (81,1%). Najvyššiu stabilitu agregátov pri zapracovaní slamy zistil i Borresen (1999). Najnižšiu hodnotu  $S_{WSA}$  sme zistili v osevných postupoch pri 40 %-nom podiele obilnín s hnojením H2 (46%). Priemerná

hodnota  $S_{WSA}$  vo variantoch z osevných postupov s hnojením H1 bola 56,2 % ( $\pm 4,6$ ) a s hnojením H2 (50,2 $\pm$ 4,7%). Veľmi vysoká lineárna závislosť bola medzi hodnotami  $S_{WSA}$  a obsahmi WSA z frakcie 5-3 mm. V roku 2008 sme v pôdnych vzorkách stanovili stabilitu štruktúrnych agregátov na BOKU Viedeň, **metódou Kemper a Rosenau** založenou na **chemickej dispergácii (SAS)**, výsledky sme porovnali s výsledkami získanými metódou založenou na **dispergácii pôdnych agregátov ultrazvukom (USAS)**. Použili sme veľkostnú frakciu 2-1 mm agregátov preosiatych za sucha z variantov monokultúry (S1, S2, S3) a s rôznym podielom obilnín v osevných postupoch s hnojením H1 (S11, S13, S15). Najvyššia hodnota SAS bola pri 60 %-nom (10,9 $\pm$ 0,08%) a 80 %-nom (12,9 $\pm$ 0,98%) podiele obilnín v osevných postupoch. Najnižšiu stabilitu sme zistili vo vrstve 0,15-0,3 m po zapracovaní slamy (S2=5,8%) a slamy spolu s organickým hnojivom Veget (S3=6,6%). Stabilitu agregátov metódou SAS merali aj Nestroy et al. (2001), zistili, že pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej boli hodnoty SAS nižšie, čo sa prejavilo aj na nižších úrodách. To potvrdili aj naše výsledky, keď pri monokultúrnom pestovaní sme zistili nižšiu stabilitu agregátov oproti osevným postupom. Údaje získané dispergáciou pôdnych makroagregátov ultrazvukom (USAS) a metódou SAS, umožnili zistenie, že na hodnotách stability agregátov sa pozitívne prejavili varianty s hnojením H1 v osevných postupoch. Hodnoty USAS v povrchovej vrstve boli v rozmedzí 20,2-26,3 %, pričom najvyššia hodnota (USAS) bola pri 80 %-nom podiele obilnín (26,3%). Vo frakciách WSA (630-250 a 250-63  $\mu$ m) sme stanovili obsahy celkového organického uhlíka a dusíka elementárnym analyzátorom Carlo Erba NA 1500 a tie boli vyššie v makroagregátoch (630-250  $\mu$ m) takmer dvojnásobne oproti obsahom v mikroagregátoch všetkých variantoch. Vo variantoch monokultúry bol priemerný obsah C v makroagregátoch vo vrstve 0-0,15 m (1,96%), avšak vo vrstve 0,15-0,3 m až 2,54 %. Jeho najvyšší obsah bol vo kontrole vo vrstve 0,15-0,3 m (S1=3,3%). V osevných postupoch s úrovňou hnojenia H1 bol priemerný obsah C v makroagregátoch 2,04 % vo vrstve 0-0,15 m a vo vrstve 0,15-0,3 m vyšší (2,19%). V monokultúrach sa obsah N v makroagregátoch pohyboval od 0,14 do 0,16 % s priemernou hodnotou 0,14 % vo vrstve 0-0,15 m a vo vrstve 0,15-0,3 m 0,15 %. Podobne aj obsahy dusíka boli vyššie v osevných postupoch s úrovňou hnojenia H1, kde priemerná hodnota N bola 0,17 % v oboch hĺbkach pôdy. Vyššie obsahy C a N v mikroagregátoch boli v osevných postupoch s rôznym podielom obilnín vo vrstve 0,15-0,3 m (C=1,34 %, N=0,13 %). Kong et al. (2005) konštatovali, že stabilita pôdnych agregátov rástla so zvyšujúcim sa obsahom C v agregátoch. To potvrdili aj naše

výsledky, kde vo variantoch z osevných postupov sme zistili väčšie množstvo stabilných makroagregátov. Užší pomer C:N bol v mikroagregátoch, čo hovorí o stabilnejšej forme pôdnej organickej hmoty a vyššej kvalite. Pomer C:N v mikroagregátoch bol v rozmedzí 9,2-12,9, najnižší pomer C:N sme zistili pri 80 %-nom podiele obilnín (9,2). Pomer C:N vo frakciách makroagregátov bol vyšší vo variantoch monokultúry (12-20,6), čo zodpovedá nižšej kvalite pôdnej organickej hmoty. Kong et al. (2005) potvrdili výraznú stabilizáciu organického uhlíka v mikroagregátoch (250-53  $\mu\text{m}$ ), po oddelení od makroagregátov (2000-250  $\mu\text{m}$ ). To potvrdili aj naše výsledky pomerov C:N v makro i mikroagregátoch.

#### 4.4 Porovnanie vlastností pôdy využívanej ako lesná a orná pôda

Najvyššie zastúpenie frakcie makroagregátov (0,5-3 mm) sme zistili v chránenom lese (55,9%) a pomerne vysoké aj na ornej pôde (46,9%). Podobné výsledky zistili aj Zaujec, Chlpík (2002). Vo frakciách štruktúrnych agregátov sme stanovili obsahy celkového ( $C_{OX}$ ) a labilného ( $C_L$ ) organického uhlíka a zistili veľmi výrazné rozdiely medzi porovnávanými ekosystémami. Najviac  $C_{OX}$  a  $C_L$  sme zistili vo frakcii mikroagregátov. Vysoké množstvo  $C_{OX}$  sme stanovili vo frakcii 0,5-0,25 mm (chránený les 4,737 %, odlesnená plocha 4,054 % oproti ornej pôde 1,885 %). Szombathová (1999) zistila, že obsah  $C_{OX}$  bol v lese na rovine 1,4-1,9 násobne a v lesnej pôde na svahu 2-3,6 násobne vyšší ako v obrábanej pôde nachádzajúcej sa v blízkosti lesa. Obsah  $C_L$  bol najvyšší na odlesnenej ploche, to je rýchly dôsledok odlesnenia pôdy za krátky časový úsek. Whitbread et al. (1996) zistili, že obsah labilného uhlíka vo frakcii makroagregátov 0,5-2 mm poklesol vplyvom obrábania pôdy viac ako celkového C. Vypočítané hodnoty  $MWD_w$  a koeficientu zraniteľnosti ( $K_v$ ) boli preukazne závislé od  $C_{OX}$  vo frakciách 1-5 mm a 0,5-0,25 mm. Po stanovení WSA sme zistili výrazné rozdiely v ekosystémoch lesnej a ornej pôdy. Vo frakciách vodoodolných makroagregátov sme stanovili obsah  $C_{OX}$  a najvyšší bol v pôde chráneného lesa vo frakcii 0,5-0,25 mm (3,724%). Šimanský (2006) zistil najviac  $C_{OX}$  vo frakcii 5-3 mm (1,81%). Od obsahov  $C_{OX}$  vo frakcii 0,5-0,25 mm WSA boli vysoko preukazne závislé hodnoty  $MWD_w$  a koeficientov zraniteľnosti pôdy ( $K_v$ ). Zastúpenie WSA bolo najvyššie v chránenom lese (92,44%) kým v ornej pôde výrazne nižšie (57,04%), to zodpovedalo aj ostatným parametrom charakterizujúcich pôdnu štruktúru. Hodnoty  $MWD_d$  a  $MWD_w$  potvrdili názor, že lesné pôdy majú priaznivejšiu štruktúrnu stav. Čím je hodnota  $MWD_d$  nižšia a hodnota  $MWD_w$  vyššia, tým je pôda odolnejšia voči zásahom

do pôdy. Hodnoty  $K_v$  boli v rozmedzí 0,78-3,82 v prospech lesnej pôdy. Koeficient štruktúrnosti ( $K$ ) hovorí o priaznivom zastúpení štruktúrnych agregátov v lesnej pôde (10,25) oproti ornej pôde (9,12). Hodnoty indexu stability ( $S_w$ ) boli tiež v prospech lesnej pôdy (1,17). Najvyššie hodnoty  $S_{WSA}$  boli na pôde chráneného lesa (95,9%) oproti odlesnenej (61,8%) a ornej pôde (59,1%).

#### 4.5 Vlastnosti pôdy v Španielsku po pridaní kompostu

Pôdy v Španielsku sa vyznačujú nízkou zásobou pôdnej organickej hmoty. Priemerná hodnota štruktúrnych makroagregátov (0,5-3 mm) s aplikovaným kompostom bola 27,97 %, kým v kontrole 28,6 %. Hodnoty koeficientu štruktúrnosti ( $K$ ) boli veľmi nízke, v rozmedzí 1,19–1,61. Aj napriek tomu obsah WSA bol vysoký vo variantoch (75,5–85,7%). Hodnoty indexu stability ( $S_w$ ), boli po aplikácii kompostu nižšie (1,15) a v kontrole vyššie (1,24). Hodnoty  $MWD_d$  sa pohybovali v rozmedzí 2,18-3,24 mm, podobné hodnoty zistili Taboada-Castro et al. (2004). Hodnoty  $MWD_w$  boli po aplikovaní kompostu v rozmedzí 1,53-2,08 mm. Hodnoty koeficientov zraniteľnosti ( $K_v$ ) boli v rozmedzí 1,14-1,95, pričom najnižšia hodnota  $K_v$  bola pri aplikovanom komposte. Aplikáciou kompostu sa tak zvýšila odolnosť makroagregátov voči nepriaznivým vplyvom na pôdnu štruktúru. Stabilitu pôdnych agregátov ( $S_{WSA}$ ) sme stanovili z dvoch frakcií makroagregátov (5-3 mm a 3-1 mm). Vyššie hodnoty  $S_{WSA}$  sme zistili z frakcie 5-3 mm, kde priemerná hodnota pri aplikovanom komposte bola 60,2 % a v kontrole 70,3 %. Priemerná hodnota  $S_{WSA}$  z frakcie 3-1 mm pri aplikovanom komposte bola 55,8 % a v kontrole 56,2 %. Z dosiahnutých výsledkov sme nezistili preukazný vplyv aplikácie kompostu na pôdnu štruktúru. Obsah  $C_{OX}$  bol stanovený vo frakciách WSA. Najvyšší obsah  $C_{OX}$  bol vo frakcii >5,0 mm, pri aplikovanom komposte (2,34%) a v kontrole (1,40%) a naopak najnižší vo frakcii 0,25-0,5 mm. Naše zistenie potvrdilo, že aplikácia kompostu zvýšila obsah  $C_{OX}$  v pôde. Priemerná hodnota  $C_{OX}$  vo variante s kompostom bola 1,686 % ( $\pm 0,36$ ), kým v kontrole 1,274 % ( $\pm 0,11$ ). Vo frakciách WSA bol obsah  $C_L$  vyšší pri aplikácii kompostu (13% z  $C_{OX}$ ), ako pri kontrole (12,1% z  $C_{OX}$ ). Pozoruhodné bolo vysoké zastúpenie karbonátov ( $CaCO_3$ ). Po aplikácii kompostu bol najnižší ich obsah v agregátoch 0,25-0,5 mm (35%) a obsah  $CaCO_3$  sa v nich znižoval. Priemerný obsah  $CaCO_3$  pri komposte bol 58,7 %, kým v kontrole 66,1 %, čo je v súlade s výsledkami Caravaca et al. (2004).

## 5 ZÁVERY

A, Zistili sme priaznivé pôsobenie aplikovaných živín maštal'ným hnojom a priemyselnými hnojivami na pôdnu štruktúru. Intenzita hnojenia maštal'ným hnojom však bola nízka a preto sme nezistili preukazný vplyv organického hnojenia v experimente vo Vígľaši. Stav vodoodolnosti pôdných agregátov bol vo všetkých variantoch a obidvoch opakovaníach výborný ( $WSA >70\%$ ). Medzi obsahmi pôdnej organickej hmoty a parametrami charakterizujúcimi pôdnu štruktúru sme nezistili preukaznú lineárnu závislosť. Hodnoty koeficientov štruktúrnosti ( $K$ ) a  $MWD_d$  boli štatisticky vysoko preukazne závislé od hĺbky odobraných pôdných vzoriek.

B, Pri štúdiu dlhodobých vplyvov špecifického využívania pôd, konkrétne vo viniciach na pôdnu štruktúru sme zistili preukaznú lineárnu závislosť medzi obsahmi  $C_{OX}$  a zastúpením  $WSA$ , podobne i medzi obsahmi  $C_L$  a  $WSA$ . Zistili sme tiež štatisticky vysokú lineárnu závislosť medzi koeficientom štruktúrnosti ( $K$ ) a obsahom častíc ílu. Obsahy  $C_{OX}$  boli veľmi vysoko štatisticky preukazne závislé od hĺbky pôdy, kým od lokality a agrotechniky v rade a medzirade viniča neboli preukazné. Zastúpenie  $WSA$  bolo vo všetkých lokalitách výborné (72,4-92,1%).

C, V dlhodobom poľnom pokuse sme zisťovali vplyv osevných postupov a monokultúrneho pestovania obilnín na pôdnu štruktúru v Borovciach. Zistili sme veľmi vysokú preukaznú závislosť  $MWD_w$  a preukaznú závislosť  $K_v$  od systémov pestovania obilnín. Regresná korelačná analýza nepotvrdila lineárnu závislosť medzi parametrami pôdnej štruktúry a obsahmi  $C_{OX}$  vo frakciách štruktúrnych agregátov. Preukaznú lineárnu závislosť sme zistili medzi obsahmi  $C_{OX}$  vo frakcii mikroagregátov a koeficientmi štruktúrnosti. Veľmi vysoká lineárna závislosť bola medzi stabilitou pôdných agregátov ( $S_{WSA}$ ) a obsahmi  $WSA$ . Stav vodoodolnosti pôdných agregátov bol v jednotlivých variantoch uspokojivý až výborný, kde vyššie obsahy  $WSA$  boli pri monokultúrnom pestovaní pšenice letnej forme ozimnej. Hodnoty  $SAS$  boli veľmi vysoko preukazne závislé od pestovateľských systémov, kým hodnoty  $USAS$  od hĺbky pôdy. Zistili sme veľmi vysokú preukaznú závislosť obsahov  $C_{OX}$  v mikroagregátoch (250-63  $\mu m$ ) od pestovateľských systémov. Dlhodobé monokultúrne pestovanie obilnín a osevné postupy nevedli k zvýšeniu obsahu organickej hmoty a zlepšeniu pôdnej štruktúry.

D, Pri rôznom využívaní krajiny v Bábe sme zistili veľmi vysokú preukaznú závislosť medzi obsahom častíc  $<0,01\text{ mm}$  a hodnotami  $MWD_w$  a vysoko preukaznú závislosť od



koeficientov zraniteľnosti ( $K_v$ ). Od obsahov  $C_{OX}$  vo frakcii 0,5-0,25 mm WSA boli vysoko preukazne závislé hodnoty  $MWD_w$  a  $K_v$ . Stav vodoodolnosti pôdných agregátov v chránenom lese a odlesnenej ploche bol výborný, kým na ornej pôde dobrý. Analýza rozptylu potvrdila veľmi vysokú preukaznú závislosť obsahov  $C_{OX}$  a  $C_L$  vo frakciách štruktúrnych agregátov rôznych ekosystémov.

E, Vo vzťahu k pôdnej štruktúre sa nepotvrdil vplyv aplikácie kompostu v pôde Španielska. Medzi obsahmi  $C_{OX}$  a parametrami pôdnej štruktúry sme nezistili štatisticky lineárnu závislosť. Obsah vodoodolných makroagregátov bol v oboch variantoch pokusu výborný.

Po komplexnom vyhodnotení sledovaných pôd na území Slovenska sme potvrdili vzťah medzi pôdnou organickou hmotou a parametrami pôdnej štruktúry. Zistili sme veľmi vysokú preukaznú závislosť hodnôt  $MWD_w$  od obsahov  $C_{OX}$  ( $MWD_w=0,507C_{ox}+0,343$ ,  $r=0,520^{***}$ ) a  $C_L$  ( $MWD_w=0,0003C_L+0,297$ ,  $r=0,533^{***}$ ), koeficientov štruktúrnosti ( $K$ ) od obsahov  $C_{OX}$  ( $K=2,527C_{ox}+1,469$ ,  $r=0,568^{***}$ ) a  $C_L$  ( $K=0,0015C_L+1,523$ ,  $r=0,533^{***}$ ) a preukaznú závislosť vodoodolných makroagregátov (WSA) od obsahov  $C_{OX}$  ( $\%WSA=5,047C_{ox}+69,7$ ,  $r=0,314^*$ ) a  $C_L$  ( $\%WSA=0,0033C_L+69,2$ ,  $r=0,322^*$ ). Od zastúpenia častíc  $<0,01$  mm boli preukazne závislé hodnoty  $MWD_d$  ( $MWD_d=0,0278<0,01+1,949$ ,  $r=0,309^*$ ) a od častíc  $<0,001$  mm hodnoty  $MWD_w$  ( $MWD_w=-0,035<0,001+1,554$ ,  $r=-0,338^*$ ).

## 6 POUŽITÁ LITERATÚRA

- BADALÍKOVÁ, B. – PROCHÁZKOVÁ, B. 2007. Vplyv manažmentu slamy obilnín na pôdnu štruktúru. In: *Naše pole*, 2007, 7, 23 s.
- BLAIR, G. J. – LEFROY, R. D. B. – LISLE, L. 1995. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a Carbon Management Index for agricultural systems. In: *Austr. J. Agric. Res.*, 1995, 46, p. 1459-1466.
- BLAIR, N. – FAULKNER, R. D. – TILL, A. R. – KÖRSCHENS, M.- SCHULZ, E. 2005. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. In: *Soil & Tillage Research*, 2005, p. 1-9.
- BRONICK, C. J. – LAL, R. 2005. The soil structure and land management: a review. In: *Geoderma*, 2005, 124 (1-2), p. 3-22.
- CARAVACA, F. – LAX, A. – ALBALADEJO, J. 2004. Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. In: *Soil and Tillage Res.* 2004, 78, p. 83-90.
- FIALA, K. 1999. *Závazné metódy rozborov pôdy. Čiastkový monitorovací systém - Pôda*, Bratislava: VÚPOP, 1999, 142 s. ISBN 80-85361-55-8.
- FIEDLER, H. J. 2001. *Böden und Bodenfunktionen in Ökosystem, Landschaften und Ballungsgebieten*. TU: Dresden, 2001, 194 s. ISBN 3-8169-1875-1.

- GOULET, E. – DOUSSET, S. – CHAUSSOD, R. – BARTOLI, F. – DOLODEC, A. F. – ANDREUX, F. 2004. Water-stable aggregates and organic matter pools in a calcareous vineyard soil under four soil-surface management systems. In: *Soil Use and Management*, 2004, 20 (3), p. 318-324.
- HANES, J. et al. 1995. *Pedológia*. Nitra: VŠP, 1995, 153 s. ISBN 80-7137-195-5.
- HENIN, S. – GRAS, R. – JUNGERIUS, P. D. 1969. Le profil cultural: *État psychique du sol et ses conséquences agronomiques*. Paris: Masson, 1969.
- HRAŠKO, J. et al. 1962. *Rozbory pôd*. Bratislava: SVPL, 1962.
- KEMPER, W. D. – ROSENAU, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: *Methods of Soil Analysis, Am. Soc. of Agronomy*, Madison, 1986, p. 425-442.
- KONG, A. Y. Y. – SIX, J. – BRYANT, D. C. – DENISON, R. F. – KESSEL, CH. 2005. The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. In: *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2005, 69, p. 1078-1085.
- KÖRSCHENS, M. – SCHULZ, E. – BEHM, R. 1990. Heisswasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen. In: *Mikrobiologie*, 1990, 145, 305-311 s.
- KÖRSCHENS, M. et al. 2004. *Humusbilanzierung*. In: Projektgruppe zur Erarbeitung des Standpunktes. Bonn, 2004, p. 3-7.
- LOGINOV, W. – WIŚNIEWSKI, W. – GONET, S. – CIEŚCIŃSKA, B. 1993. Testowa metoda podatności na utlenianie materii organicznej gleb. In: *Zsesyty problemowe podstepów nauk rolniczych z. 141. Bydgoszcz*, Bydgoszcz: ATR, 1993, p. 207-212.
- LU, S. G. 2001. Role of organic matter in formation and stability of aggregates in mulberry plantation soils. In: *Pedosphere*, 2001, 11 (2), 185-188 s.
- MAYER, H. – MENTLER, A. – PAPAKYRIACOU, M. – RAMPAZZO, N. – MARXER, Y. – BLUM, W. E. H. 2002. Influence of vibration amplitude on the ultrasonic dispersion of soils. In: *Agrophysics*, 2002, 16 (1), p. 53-60. ISSN 0236 8722.
- NESTROY, O. – DŽATKO, M. – HOUSKOVÁ, B. – SVÍČEK, M. 2001. Ökologische und ökonomische Auswirkungen gross- und kleinparzelliger Landnutzung in der Slowakei und in Österreich. In: *Vedecké práce*, Bratislava: VÚPOP, 2001, 24 s. ISBN 80-85361-95-7.
- REVUT, I. B. 1964. Obosnovanije novogo metoda opredelenija vodopročnosti počvennych makroagregatov. In: *Sbornik rabot. po metodike issledovanij v oblasti fiziki počv*. Leningrad, 1964.
- SISÁK, P. 1994. Štúdium vplyvu rôznych sústav hospodárenia na mikroagregátové zloženie a vodoodolnosť štruktúrnych agregátov hnedozeme. In: *Nové poznatky zvyšovania produkčnej schopnosti pôd*. Nitra: VŠP a VÚPÚ, 1994, 53 s.
- SZOMBATHOVÁ, N. 1999. Humusové látky pôd ako ukazovateľ zmien prebiehajúcich v ekosystémoch. In: *dizertačná práca*, Nitra: SPU, 1999, 46 s.
- ŠIMANSKÝ, V. 2006. Vlastnosti organickej hmoty pôdy a stabilita pôdnych agregátov. In: *dizertačná práca*, Nitra: SPU, 2006, 31 s.
- TABOADA-CASTRO, M. M. – LE BISSONNAIS, Y. – DUVAL, O. 2004. Aggregate breakdown mechanisms by water in tillage horizons in NW Spain. In: *Conserving Soil and Water for Society*, 2004, p. 657.
- ŤURIN, I. V. 1966. K metodike analiza deje sravnitel'nogo izučenija sostava počvennogo peregoja ili gumusa. In: *Voprosy genezisa i plodorodija počv*. Moskva: Nauka, 1966.
- WHITBREAD, A. M. – LEFROY, R. D. B. – BLAIR, G. J. 1996. Changes in soil physical properties and soil organic carbon fractions with cropping on a red brown earth soil. In: *8 th Australian Agronomy Conference*, 1996, p. 235.

ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. 2002. Stabilita agregátov a pôdny humus. In: *Prvé pôdoznalecké dni v SR: vedecká konferencia*, Bratislava: VÚPOP, 2002, 469-474 s.

ZAUJEC, A. 2007. Postavenie a funkcie pôdnej organickej hmoty v kolobehu uhlíka. In: *Funkcia uhlíka v pôde pri ochrane pôdy a produkcii biomasy: zborník referátov*, Nitra: SAPV, 2007, 14-23 s. ISBN 978-80-89162-29-1.

## 7 ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC

1. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2006. Changes of selected physical and chemical properties of vineyard in Tokaj region. In: VII. Vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov: *zborník abstraktov*. Nitra: UKF, 2006, p. 37, ISBN 80-8050-960-3.

2. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2006. Changes of selected physical and chemical properties of vineyard in Tokaj region. In: VII. Vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov: *CD príloha*. Nitra: UKF, 2006, p. 305-310, ISBN 80-8050-960-3.

3. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2006. Anthropogenic influence on physical and chemical properties in vineyard of Tokaj region in Slovakia. In: XI. Miedzynarodowa konferencja studenckich kól naukowych: *zborník abstraktov*. Wroclaw: Akademia rolnicza, 2006, p. 168, ISBN 83-917899-6-9.

4. ZAUJEC, A. - CHLPÍK, J. - TOBIAŠOVÁ, E. - ŠIMANSKÝ, V. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Fyzikálne a chemické vlastnosti vinohradníckej pôdy v Tokaji. In: *Tokajské vinohradníctvo a vinárstvo na Slovensku '05: VI. Odborný seminár*, Nitra: SPU, 2006, s.24-35, ISBN 80-8069-737-X.

5. MRAŽÍKOVÁ, M. - ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. 2006. The physical and hydrophysical properties of vineyard in Tokaj region. In: *IV. Mezinárodní vědecká konference: zborník abstraktov*. Brno: MZLU, 2006, p. 39-40, ISBN 80-8069-742-6.

6. ZAUJEC, A. - CHLPÍK, J. - ŠIMANSKÝ, V. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Kvalitatívne zmeny pôd v Tokajskej oblasti – antropicky ovplyvneného územia. In: *Pedogeneze a kvalitativní změny půd v podmínkách přírodních a antropicky ovlivněných území: zborník abstraktov z 11.pedologických dní*. Kouty nad Desnou, 2006, s. 19, ISBN 80-244-1448-1.

7. ŠIMANSKÝ, V. - ZAUJEC, A. - CHLPÍK, J. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Pôdna štruktúra černoze Podunajskej nížiny. In: *Pedogeneze a kvalitativní změny půd v podmínkách přírodních a antropicky ovlivněných území: zborník abstraktov z 11.pedologických dní*. Kouty nad Desnou, 2006, s. 70, ISBN 80-244-1448-1.

8. ZAUJEC, A. - CHLPÍK, J. - ŠIMANSKÝ, V. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Kvalitatívne zmeny pôd v Tokajskej oblasti – antropicky ovplyvneného územia. In: *Pedogeneze a kvalitativní změny půd v podmínkách přírodních a antropicky ovlivněných území: CD sborník referátů z 11.pedologických dní*. Kouty nad Desnou, 2006, s. 69-74, ISBN 80-244-1448-1.

9. ŠIMANSKÝ, V. - ZAUJEC, A. - CHLPÍK, J. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Pôdna štruktúra černoze Podunajskej nížiny. In: *Pedogeneze a kvalitativní změny půd v podmínkách přírodních a antropicky ovlivněných území: CD sborník referátů z 11.pedologických dní*. Kouty nad Desnou, 2006, s. 355-358, ISBN 80-244-1448-1.

10. MRAŽÍKOVÁ, M. 2006. Fyzikálne vlastnosti a organická hmota pôd v Tokaji. In: *zborník z vedeckej konferencie doktorandov*, Nitra: SPU, 2006, s. 38-40, ISBN 80-8069-782-5.

11. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2007. The influence of fertilization on physical properties and soil structure stability. In: *VIII. Vedecká konferencia doktorandov*

a mladých vedeckých pracovníkov: CD príloha. Nitra: UKF, 2006, p. 503-507, ISBN 978-80-8094-106-2.

12. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2007. The influence of fertilization on physical properties and soil structure stability. In: *VIII. Vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov: zborník abstraktov*. Nitra: UKF, 2006, p. 46, ISBN 978-80-8094-105-5.

13. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2007. Total and labile forms of organic carbon distribution in vineyard soils of Tokaj region. In: *Practical Solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils IV: zborník abstraktov*. Praha: VÚRV, 2007, p. 47, ISBN 978-80-87011-02-7.

14. ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. – BABULICOVÁ, M. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2007. The influence of different crop rotations on soil organic matter and respiration activity. In: *Practical Solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils IV: zborník abstraktov*. Praha: VÚRV, 2007, p. 87, ISBN 978-80-87011-02-7.

15. ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. – BABULICOVÁ, M. - MRAŽÍKOVÁ, M. 2007. The influence of crop rotations on soil organic matter and respiration activity. In: *27. Kongres polskiego towarzystwa a gleboznawcego: zborník abstraktov*, Warszawa: Komitetu Glebozn. i Chemii Rolnej PAN, 2007, p. 218a, ISBN 978-83-7244-883-5.

16. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2007. Fyzikálne vlastnosti a pôdna štruktúra Tokajských vinohradov. In: *XV. posterový deň s medzinárodnou účasťou „Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra: CD príloha príspevkov*. Bratislava: ÚH SAV, 2007, s. 418-424, ISBN 978-80-89139-13-2.

17. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. 2007. Vplyv pestovateľskej technológie na pôdnu štruktúru vo viniciach. In: *II. Vedecká konferencia doktorandov*, SPU Nitra, 2007, s. 45-48, ISBN 978-80-8069-959-8.

18. ZAUJEC, A. – SIMANSKY, V. – CHLPÍK, J. – SZOMBATHOVA, N. – TOBIASOVA, E. – MRAZIKOVA, M. – HORVATOVA, M. 2007. Soil organic mater in Tokaj vineyards. In: *Humic Substances in Ecosystems, 7*, Torun, 2007, p. 65-72, ISBN 83-919331-1-3.

19. MRAŽÍKOVÁ, M. – ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – ŠIMANSKÝ, V. 2008. Soil compaction in vineyards of Slovakia. In: *Eurosoil congress 2008*, Vienna, Austria (v tlači)