

**ANALÝZA VYBRANÝCH VLASTNOSTÍ
A ZÁSoby VODY V PROFILE ŤAŽKÝCH PŮD**

Dana Kotorová, Ladislav Kováč

V rokoch 2006 – 2015, na ťažkej ilovito-hlinitej fluvizemi glejovej sa sledoval trend vývoja vybraných pôdných parametrov a zásoby vody v pôdnom profile. Pôdne vzorky boli odoberané v prirodzených podmienkach bez závlahy z variantov s konvenčnou agrotechnikou a priamej sejby bez orby. Objemová hmotnosť, celková pórovitosť a maximálna kapilárna vodná kapacita sa stanovili známymi metodickými postupmi. Zásoba pôdnej vody sa zisťovala v pôdných vzorkách odoberaných vo vegetačnom období do hĺbky 0,3 m z každého 0,1 m. Hodnotila sa ako maximálna, priemerná a minimálna zásoba pôdnej vody. Namerané hodnoty zásoby pôdnej vody boli prepočítané pri maximálnej zásobe pôdnej vody na percento vlhkosti poľnej vodnej kapacity, pri priemernej zásobe pôdnej vody na percento vlhkosti bodu zníženej dostupnosti a pri minimálnej zásobe pôdnej vody na percento vlhkosti bodu vädnutia. Pre predikciu vývoja vybraných indikátorov sa použil lineárny trend, pri ktorom koeficienty boli odhadnuté lineárnou regresiou. Zistil sa trend zvyšovania objemovej hmotnosti pri priamej sejbe bez orby v porovnaní s konvenčným obrábaním. Štatisticky významný vplyv obrábania sa prejavil pri minimálnej zásobe vody v ornici. Najvýznamnejšie sa na sledovaných parametroch prejavil experimentálny rok.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: obrábanie pôdy, fyzikálne vlastnosti, zásoba vody v pôde, ťažké pôdy

ANALYSE OF SELECT PROPERTIES AND WATER STORAGE IN PROFILE OF HEAVY SOILS. Between 2006 and 2015 the development trend of selected soil parameters and water storage in soil profile on heavy clay-loamy Gleyic Fluvisol was studied. Soil samples were taken from variants with conventional tillage and no-tillage under natural conditions without irrigation. Bulk density, total porosity and maximum capillary water capacity were analysed by known methods. Soil samples for the determination of water storage were taken from profile 0.0 – 0.3 m, from each 0.1 m. Minimum, average and maximum soil water storage was evaluated. Obtained contents of soil water storage were re-counted at maximal soil water storage on percent of moisture of field water capacity, at mean soil water storage on percent of moisture of threshold point and at minimal soil water storage on percent of moisture of wilting point. For prediction of selected indicators development the linear trend was used and coefficients were estimated by linear regression. For both soil tillage variants trend of decreasing of bulk density was determined. Minimum soil water storage was significantly influenced by used tillage technology. Experimental year had statistically significant impact on observed soil parameters.

KEY WORDS: soil tillage, physical soil properties, soil water storage, heavy soils

Úvod

Základným výrobným prostriedkom pre poľnohospodársku rastlinnú výrobu je pôda, ktorá je zároveň neobnoviteľným prírodným zdrojom. Kvalita pôdy sa najčastejšie vyjadruje prostredníctvom jej úrodnosti, ktorá je vyjadrením vzájomnej interakcie pôdných vlastností a prebiehajúcich pôdných procesov. Východoslovenská nížina je významnou poľnohospodárskou oblasťou Slo-

venska s charakteristickým vysokým zastúpením ťažkých až veľmi ťažkých pôd, výraznou heterogenitou pôdneho profilu, striedaním pôdných druhov na krátkych vzdialenostiach a špecifickým priebehom počasia. Pôdy sa vyvíjali glejovým pôdotvorným procesom, a preto až 65 % z výmery poľnohospodárskej pôdy v tejto oblasti tvoria ťažké fluvizeme glejové, čiernice glejové, pseudogleje glejové a gleje (Mati et al., 2007). Pôdne vlastnosti sú ovplyvňované mnohými faktormi.

K zmenám fyzikálnych vlastností pôdy dochádza najmä pri jej obrábaní a tieto zmeny sú badateľné v dlhšom časovom horizonte. Pre podmienky Slovenska je typická konvenčná príprava pôdy pred sejbou poľných plodín spojená s orbou. V ostatných rokoch sa čoraz častejšie pri obrábaní využíva aj priama sejba do neobrobenej pôdy, ktorá je krajnou formou pôdoochranných technológií (Kováč et al., 2010). Celkom logicky z pohľadu dlhodobého využívania určitého spôsobu obrábania pôdy nastáva zmena pôdných vlastností.

Základným prvkom v technologických systémoch na pôde je zvolený spôsob obrábania. Pre naše podmienky je tradičným využívanie orby pri obrábaní pôdy, ktoré je spojené s celým radom agrotechnických zásahov podľa požiadaviek konkrétnych poľných plodín. Vplyv spôsobu obrábania pôdy na jej fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti sa zvyčajne prejavuje po dlhšom čase ich uplatňovania na konkrétnej lokalite. Ako uvádzajú Mati, Kotorová (2007), Kotorová et al. (2010), či Šimanský et al. (2016) fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti sa menia aj v závislosti na obsahu ílovitých častíc v pôdnom profile, s čím úzko súvisí zaradenie pôdy k pôdnemu druhu. Časové rady získané experimentálne v poľných podmienkach poskytujú možnosti objektívnejšieho hodnotenia vývoja určitej pôdnej vlastnosti vplyvom daného faktora.

Zásoba vody v profile pôde je podľa Dema, Bieleka et al. (2000) jediným reálnym zdrojom vody pre poľnohospodárske kultúry a v produkčnom procese namiesto pôdnej vody neexistuje iná alternatíva. Plnenie funkcie vody v produkčnom procese poľných plodín počas vegetačného obdobia závisí nielen od jej samotného obsahu v pôdnom profile, ale aj od charakteristík pôdy a pestovaných plodín. Vzťah medzi rastlinou a vlhkosťou pôdy sa najčastejšie charakterizuje hydrolimitmi, ktoré sú podľa viacerých autorov (Skalová, Štekauerová, 2011; Skalová et al., 2015) vyjadrené charakteristickými vlhkosťami pôdy ako sú poľná vodná kapacita ($\theta_{PK}-pF = 2,3$), bod zníženej dostupnosti ($\theta_{ZD}-pF = 3,3$) a bod vädnutia ($\theta_V-pF = 4,18$). Pre päť charakteristických pôdných druhov na Východoslovenskej nížine (VSN) a jednotlivé pôdne horizonty Šútor et al. (1995) uvádzajú hodnoty objemovej vlhkosti zodpovedajúce vyššie uvedeným hydrolimitom vyjadreným vlhkosťným potenciálom.

Hodnotením zásob vody v pôde s využitím hydrolimitov pre pôdy Východoslovenskej nížiny sa zaoberali Šútor et al. (2007), Mati et al. (2008) a Kotorová et al. (2010). Pavelková, Mati (2008) za roky 1998 – 2005 v podmienkach Východoslovenskej nížiny zaznamenali kladnú hodnotu priemernej zásoby ľahko prístupnej pôdnej vody (vyššej ako úroveň bodu zníženej dostupnosti) iba na ľahkej piesočnato-hlinitkej fluvizemi kultizemnej. Na stredne ťažkej hlinitkej fluvizemi kultizemnej a ťažkej ílovito-hlinitkej fluvizemi glejovej bola priemerná zásoba pôdnej vody nižšia ako je úroveň bodu zníženej dostupnosti, a teda hodnoty ľahko prístupnej pôdnej vody boli záporné.

Mati et al. (2011) zistili závislosť aktuálnej evapotranspirácie od zásob vody v pôde. Podľa autorov výskyt suchých období v nížinných oblastiach Slovenska a s tým súvisiace pôdne sucha je limitujúcim faktorom rastlinnej výroby vrátane hlavných poľných plodín. Časový vývoj zásoby pôdnej vody poukazuje na nutnosť riešenia štruktúry rastlinnej výroby a optimalizácie vodného režimu pôdy. Podmienkou jeho optimalizácie v prípade intenzívneho využívania pôdy bude s najväčšou pravdepodobnosťou doplnková závlaha.

Pri hodnotení vplyvu rozdielného obrábania pôdy na vlhkosť v jej profile Kováč et al. (2010) zistili, že pôdoochranné systémy obrábania pôdy ovplyvňujú bilanciu pôdnej vody v pôde najmä tým, že redukovú zhutnenie pôdy. Ochranné obrábanie redukuje evapotranspiráciu a zachováva viac vlhky na využitie rastlinami v skorých fázach vegetácie pred úplným zapojením porastu.

Cieľom práce je zhodnotiť zmeny vybraných fyzikálnych vlastností a vývoj zásoby vody v ornici ťažkej ílovito-hlinitkej fluvizeme glejovej pri jej rozdielnom obrábaní.

Materiál a metódy

Poľný pokus s variantmi rozdielného obrábania pôdy sa nachádza v Milhostove, na Experimentálnom pracovisku NPPC – Výskumného ústavu agroekológie Michalovce. Lokalita je situovaná do centrálnej časti Východoslovenskej nížiny (VSN) v nadmorskej výške 101 m, 48°40' s. š., 21°44' v. d. (obr. 1).

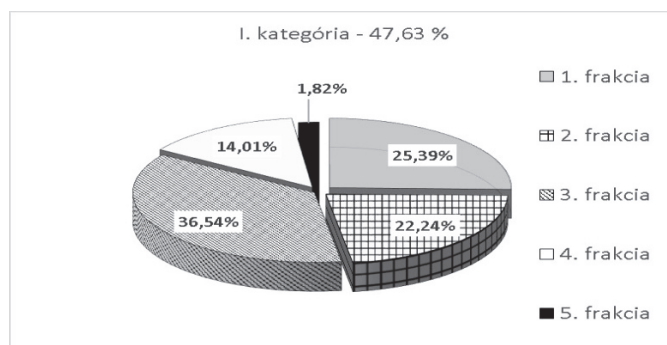
Z pohľadu hodnotenia poveternostných pomerov možno lokalitu Milhostov zaradiť do klimatického regiónu T3, ktorý je teplý, veľmi suchý, nížinný, kontinentálny.

V rokoch 2006 – 2015 sa realizoval výskum vplyvu rozdielného obrábania pôdy na zásobu vody v profile fluvizeme glejovej (FM_G). Fluvizem glejová v Milhostove je charakterizovaná ako ťažká, ílovito-hlinitá pôda, s priemerným obsahom ílovitých častíc nad 53 %. Ornica sa vyznačuje hrudkovitou štruktúrou s vysokou pútačou schopnosťou. Je ťažko priepustná v celom profile. V pôdnom profile v hĺbke 0,7 – 0,8 m sa nachádza tmavosivý až žltosivý íl. Vysoký obsah ílovitých častíc významne ovplyvňuje jej agronomické vlastnosti i obrábanie. Poľný stacionárny pokus v Milhostove pozostáva z desiatich parciel. Sledovanie zásoby vody v profile fluvizeme glejovej sa uskutočnilo na 2. parcele, ktorej zrnitostné zloženie v profile 0,0 – 0,8 m je znázornené na obr. 2. Uvedené sú nasledovné frakcie: 1. frakcia – íl (< 0,001 mm), 2. frakcia – jemný a stredný prach (0,001 – 0,01 mm), 3. frakcia – hrubý prach (0,01 – 0,05 mm), 4. frakcia – jemný piesok (0,05 – 0,25 mm), 5. frakcia – stredný piesok (0,25 – 2,00 mm). Obsah zŕn I. kategórie (< 0,01 mm) bol určený ako súčet 1. a 2. frakcie, čo je súčet obsahu ílu a jemného a stredného prachu. V ornici 2. pokusnej parcely bol obsah ílovitých častíc 47,63 %, čo podľa Novákovej klasifikačnej stupnice (Zaujec a kol., 2009) zodpovedá ílovito-hlinitkej pôde.



Obr. 1. Lokalizácia Experimentálneho pracoviska Milhostov.

Fig. 1. Location of Experimental locality Milhostov.



Obr. 2. Zrnitostné zloženie ornice fluvizeme glejovej na 2. pokusnej parcele.

Fig. 2. Soil texture of Gleyic Fluvisol topsoil for 2nd experimental plot.

Sumy zrážok a priemerné teploty vzduchu boli porovnávané s dlhodobým normálom/priemerom rokov 1961 – 1990 (Mikulová et al., 2008). Sumy zrážok vegetačných období rokov 2006 – 2015 boli hodnotené podľa metódy publikovanej Kožnarovou – Klabzubom (2002).

Vzorky sa odoberali z dvoch variantov obrábania: 1. kon-venčná agrotechnika (KA) spojená s tradičnou orbou; 2. priama sejbá (PS) bez orby.

Pre zistenie vybraných fyzikálnych indikátorov boli neporušené vzorky odoberané do hĺbky 0,30 m, s diskretizáciou 0,15 m, v jarnom období v štvornásobnom opakovaní v prirodzených podmienkach bez závlahy. Pre stanovenie objemovej hmotnosti redukovanej (ρ_d , kg.m⁻³), celkovej pórovitosti (P_c , %) a maximálnej kapilárnej vodnej kapacity (θ_{MKK} , %) z neporušených vzoriek vo forme Kopeckého fyzikálnych valčekov sa použili metodické postupy podľa Hrivňákovskej, Makovníkovej et al. (2011).

Odbor pôdných vzoriek pre zistenie zmien v obsahu pôdnej vody bol realizovaný vo vegetačnom období v približne dvojtýždňových intervaloch do hĺbky 0,3 m

vo vrstvách 0,1 m v troch opakovaniach.

Vlhkosť pôdy sa stanovovala gravimetrickou metódou. Objemová vlhkosť pôdy (θ) sa stanovila vynásobením hmotnostnej vlhkosti (w) objemovou hmotnosťou suchej pôdy (ρ_d) zistenou pre príslušné vrstvy pôdneho profilu (0,0 – 0,3 m) podľa vzťahu:

$$\theta [\% \text{ obj.}] = w [\% \text{ hmot.}] \times \rho_d [\text{kg.m}^{-3}] \quad (1)$$

Vplyv použitých spôsobov obrábania pôdy na zásobu vody v pôdnom profile ílovito-hlinitej FM_G sa hodnotil z pohľadu maximálnej, priemernej a minimálnej zásoby vody v pôde. Maximálna zásoba pôdnej vody ($W_{\max}$) je najvyššia nameraná zásoba pôdnej vody v profile ornice (0,0 – 0,3 m) vo vegetačnom období daného roku bez ohľadu na termín, kedy bola dosiahnutá. Minimálna zásoba pôdnej vody ($W_{\min}$) je naopak najnižšia nameraná zásoba pôdnej vody za podmienok uvedených pri $W_{\max}$. Priemerná zásoba pôdnej vody (W_0) je aritmetickým priemerom nameraných zásob pôdnej vody z jednotlivých odberov počas vegetačného obdobia v kon-

krétnom roku. V tabuľke 1. je uvedená kvantifikácia hodnôt jednotlivých hydrolimitov pre profil 0,0 – 0,3 m podľa Šútora et al. (1995).

Namerané hodnoty zásoby pôdnej vody boli prepočítané (Mati et al., 2007) pri maximálnej zásobe pôdnej vody na percentá vlhkosti poľnej vodnej kapacity (θ_{PK}), pri priemernej zásobe pôdnej vody na percentá vlhkosti bodu zníženej dostupnosti (θ_{ZD}) a pri minimálnej zásobe pôdnej vody na percentá vlhkosti bodu vädnutia (θ_V).

Získané výsledky boli spracované matematicko-štatistickými metódami. Pre zistenie vzájomnej podmienosti spôsobu obrábania pôdy, fyzikálnych vlastností pôdy a zásoby vody v pôdnom profile sa použila regresná analýza a analýza variancie z balíka STATGRAPHICS. Na odhad vývoja pôdných charakteristík (ρ_d , P_c , θ_{MKK}) a zásoby vody v ornici (W_{max} , $W_\emptyset$, W_{min}) pri dvoch spôsoboch obrábania pôdy (KA, PS) bol použitý regresný model vyjadrený lineárnou rovnicou $y = ax + b$ (Chajdiak, 2005), na základe ktorej sa dá predpokladať hlavný trend vývoja vybraných indikátorov fluvizeme glejovej

Výsledky a diskusia

Poveternostné podmienky a ich priebeh v konkrétnom čase a na konkrétnom mieste významne vplýva na poľnohospodársku rastlinnú výrobu. Zrážky a teplota vzduchu sú základné charakteristiky počasia a majú zásadný podiel na vytváraní charakteru krajiny, tvorbe rastlinného krytu, vodohospodárskych pomerov v kraji-

ne i na rozvoji poľnohospodárstva. Taktiež sú najčastejšie hodnotenými poveternostnými prvkami. Teplota výrazne vplýva na celkový vývin rastlín, zrážky zas ovplyvňujú vývin najmä tých poľnohospodárskych kultúr, ktoré sa pestujú v prirodzených podmienkach bez závlahy. Dôležitým faktorom je preto v mnohých prípadoch nerovnomerné časové rozdelenie zrážok a extrémny priebeh teplôt, čo je charakteristické aj pre oblasť Východoslovenskej nížiny. Z hľadiska zásoby vody v pôdnom profile a jej možnosť využitia pestovanými poľnohospodárskymi kultúrami zohrávajú podstatnú úlohu atmosférické zrážky. Sumy zrážok v jednotlivých mesiacoch vegetačných období (apríl až september) rokov 2006 – 2015 sú znázornené na obr. 3.

Z vyššie uvedeného vyplýva nerovnomernosť rozdelenia zrážok v jednotlivých mesiacoch. V tabuľke 2. sú uvedené sumy zrážok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia.

Podľa dlhodobého normálu suma zrážok v Milhostove za obdobie 1961 – 1990 je 348 mm (tabuľka 2.). V rokoch 2006 – 2015 zrážky dosahovali 227 – 715 mm, čo bolo 65,2 – 205,5 % DN a vegetačné obdobia možno hodnotiť (Kožnarová – Klabzuba, 2002) ako suché až veľmi vlhké, pričom podstatná väčšina vegetačných období bola zrážkovo normálna.

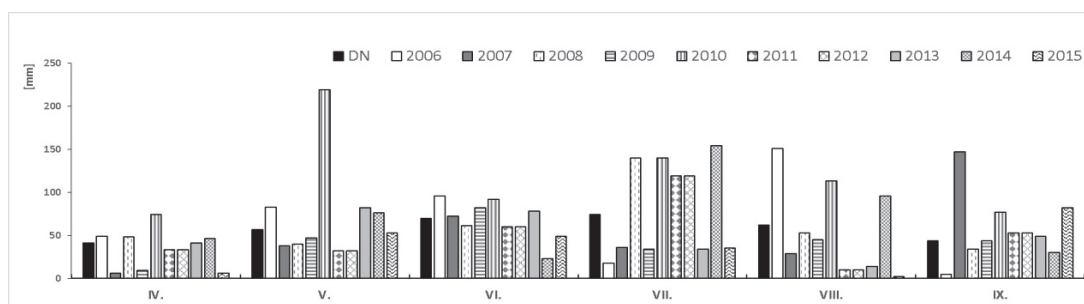
Obrábanie pôdy je jedným zo základných prvkov technologických systémov pestovania poľnohospodárskych plodín na ornej pôde. Obrábaním pôdy možno veľmi podstatne meniť nielen fyzikálne pôdne vlastnosti, ale aj vlhkosť a teplotné pomery v pôde.

Tabuľka 1. Kvantifikácia vybraných hydrolimitov [mm v. s.]

Table 1. Quantification of selected hydrolimits [mm w. c.]

Hĺbka profilu ⁽¹⁾	Poľná vodná kapacita (θ_{PK}) ⁽²⁾	Bod zníženej dostupnosti (θ_{ZD}) ⁽³⁾	Bod vädnutia (θ_V) ⁽⁴⁾
0,0 – 0,3 m	125,52 mm v. s.	103,54 mm v. s.	70,66 mm v. s.

where: ⁽¹⁾ – depth of soil profile, ⁽²⁾ – moisture of field water capacity, ⁽³⁾ – moisture of threshold point, ⁽⁴⁾ – moisture of wilting point



Obr. 3. Zrážkové úhrny vo vegetačnom období v Milhostove.

Fig. 3. The sum of rainfall during vegetation season in Milhostov.

Tabuľka 2. Hodnotenie vegetačného obdobia v Milhostove podľa sumy zrážok

Table 2. Evaluation of vegetation season in Milhostov according sum of precipitation

Mesiac	DN	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
mm	348	402	328	376	261	715	390	307	298	425	227
% DN	100,0	115,5	94,3	108,0	75,0	205,5	112,1	88,2	85,6	122,1	65,2
hodnotenie	N	N	N	N	N	VV	N	N	N	V	S

kde: DN – dlhodobý normál 1961 – 1990, S – suché, N – normálne, V – vlhké, VV – veľmi vlhké

where: DN – normal period 1961 – 1990, S – dry, N – normal, V – wet, VV – very wet

Pôdoochranné alebo regulačné systémy obrábania pôdy by mali prispieť k zachovaniu kvality pôdneho prostredia, mali by zlepšiť vodné pomery v pôde a mali by šetriť energetické vstupy do produkčného procesu. Najľahšie ovplyvniteľnou pôdnou vlastnosťou je objemová hmotnosť redukovaná, ktorá sa mení vplyvom poveternostných podmienok, ale aj zvoleným spôsobom obrábania pôdy.

Z údajov v tabuľke 3. vyplýva, že na konvenčnej agrotechnike objemová hmotnosť dosahovala v rokoch 2006 – 2015 hodnoty 1304 – 1545 kg.m⁻³. Objemová hmotnosť fluvizeme glejovej na variante s priamou sejbou dosahovala najvyššie hodnoty spadajúce do intervalu od 1380 kg.m⁻³ (rok 2014) po 1670 kg.m⁻³ (rok 2007). Z hodnotenia deväťročného obdobia vyplýva, že objemová hmotnosť dosahovala priaznivejšie hodnoty pri konvenčnej agrotechnike. V priemere objemová hmotnosť bola nižšia pri KA (1437 kg.m⁻³) v porovnaní s PS (1500 kg.m⁻³). Pre ťažké pôdy Východoslovenskej nížiny podobné hodnoty uvádzajú napr. Matí a Kotorová (2007), Kotorová s Matim (2008), Kotorová et al. (2010) a Kotorová so Šoltysovou (2011).

S objemovou hmotnosťou je v priamej korelácii celková pórovitosť, ktorá má opačné hodnoty, čo znamená, že pri vyššej objemovej hmotnosti je nižšia celková pórovitosť a opačne. Potvrdzujú to aj údaje v tabuľke 3.

Maximálna kapilárna vodná kapacita je dôležitým hydrofyzikálnym parametrom, ktorý podľa Šútora et al. (2007) charakterizuje množstvo vody na určitom stanovišti, ktorá je k dispozícii pre poľné plodiny. Závisí od sumy zrážok, obsahu ílovitých častíc a zásoby pôdnej vody. Pre ťažké pôdy je typické široké rozpätie tohto parametra. Maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu možno pri určitej aproximácii považovať za poľnú vodnú kapacitu. V našom pokuse sa hodnoty tohto pôdneho indikátora nachádzali v rozpätí 32,56 – 44,50 % (tabuľka 3.), pričom vyššie hodnoty boli zistené pre variant s konvenčnou agrotechnikou.

Rok 2010 sa vyznačoval extrémnymi zrážkami počas

vegetačného obdobia. Pôdny profil fluvizeme glejovej bol nasýtený vodou na úroveň plnej vodnej kapacity, a tak monitorovanie zásoby vody v pôdnom profile fluvizeme glejovej nebolo možné realizovať. Z tohto dôvodu sa nerealizovali ani odbery na stanovenie vybraných fyzikálnych indikátorov fluvizeme glejovej. Pri determinovaní lineárneho trendu vývoja sa tak brali do úvahy údaje z deviatich rokov sledovania.

Na obr. 4 – 6 je znázornený lineárny trend vývoja objemovej hmotnosti, celkovej pórovitosti a maximálnej kapilárnej vodnej kapacity fluvizeme glejovej v 9-ročnom časovom rade. Časový priebeh objemovej hmotnosti pri oboch spôsoboch obrábania pôdy v podstate kopíruje trendovú čiaru (obr. 4), s výnimkou roku 2008 pri konvenčnej agrotechnike a roku 2007 pri priamej sejbě bez orby. Pri oboch spôsoboch obrábania časový trend indikuje zníženie objemovej hmotnosti o 87 kg.m⁻³ pri KA, resp. o 144 kg.m⁻³ pri PS. Trend vývoja celkovej pórovitosti naznačuje zvýšenie tohto indikátora o 3,01 % pri KA, resp. o 5,13 % pri PS v hodnotenom časovom rade deviatich experimentálnych rokov (obr. 5). Hodnoty celkovej pórovitosti sa nachádzajú nad a pod trendovou čiarou a zachovávajú si lineárny trend. Podobne to bolo aj pri maximálnej kapilárnej vodnej kapacite (obr. 6). Pri oboch spôsoboch obrábania trend naznačuje mierne zvýšenie tohto hydrofyzikálneho indikátora o 2,50 % pri KA, resp. o 2,32 % pri PS. Prezentované časové rady s lineárnym trendom potvrdzujú, že uplatňovanie aj krajných spôsobov obrábania je možné aj na pôdach s vyšším obsahom ílovitých častíc bez výrazného zhoršenia základných pôdných vlastností.

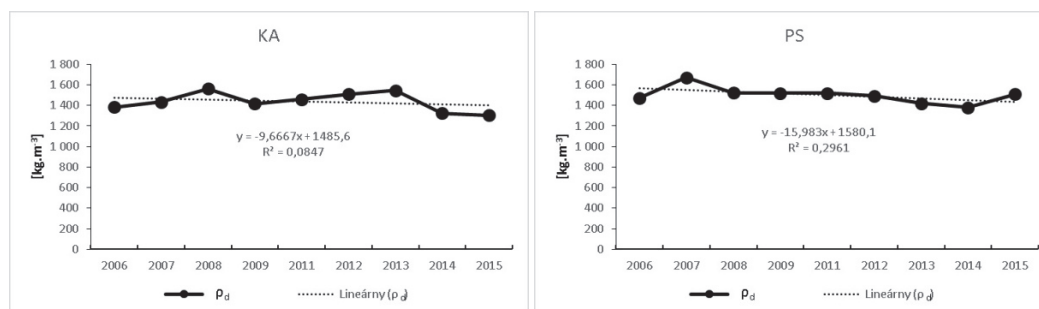
Zásoba vody v pôdnom profile úzko súvisí so zrážkovými úhrnmi, výsledky získané v období 2006 – 2015 poskytujú informáciu o pôdnej vode v zrážkovo rozdielnych rokoch. Obsah vody v pôdnom profile sa v roku 2010 nachádzal na úrovni plnej vodnej kapacity a odbery pôdných vzoriek pre kvantifikáciu zásoby vody v pôdnom profile nebolo možné počas vegetačného obdobia realizovať.

Tabuľka 3. Priemerné hodnoty fyzikálnych ukazovateľov fluvizeme glejovej
Table 3. Average values of physical parameters of Gleyic Fluvisol

Parameter ⁽¹⁾	Obrábanie ⁽²⁾	Rok ⁽³⁾									
		2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	$\bar{x}$
ρ_d [kg.m ⁻³]	KA ⁽⁴⁾	1383	1433	1561	1417	1458	1509	1545	1325	1304	1437
	PS ⁽⁵⁾	1473	1670	1523	1518	1518	1491	1420	1380	1509	1500
	$\bar{x}$	1428	1552	1542	1468	1488	1500	1483	1353	1407	1469
Pc [%]	KA	47,47	45,58	40,71	46,18	44,63	42,69	41,32	49,68	50,47	45,41
	PS	44,06	36,57	42,16	42,35	42,35	43,37	46,07	47,59	42,69	43,02
	$\bar{x}$	45,77	41,08	41,44	44,27	43,49	43,03	43,70	48,64	46,58	44,22
θ_{MCK} [%]	KA	41,60	37,40	36,23	40,52	42,08	40,37	39,25	44,50	38,97	40,10
	PS	37,48	32,85	35,98	39,37	39,97	39,88	38,03	43,02	32,56	37,68
	$\bar{x}$	39,54	35,13	36,11	39,95	41,03	40,13	38,64	43,76	35,77	38,89

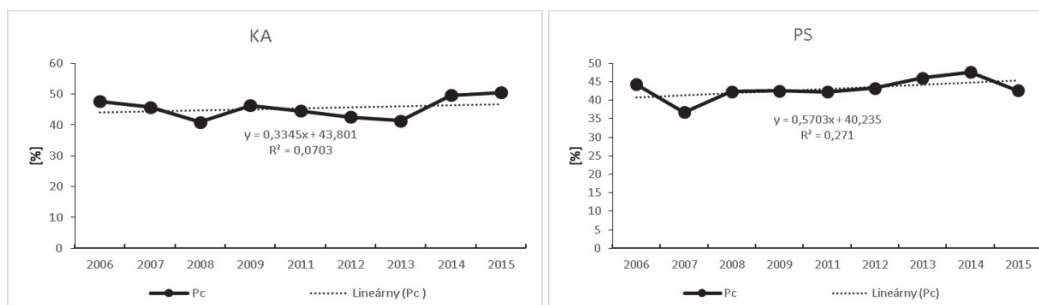
kde: ρ_d – objemová hmotnosť, Pc – celková pórovitosť, θ_{MCK} – maximálna kapilárna vodná kapacita

where: ρ_d – bulk density, Pc – total porosity, θ_{MCK} – maximum capillary water capacity, ⁽¹⁾ – parameter, ⁽²⁾ – tillage, ⁽³⁾ – year, ⁽⁴⁾ – conventional tillage, ⁽⁵⁾ – no-tillage



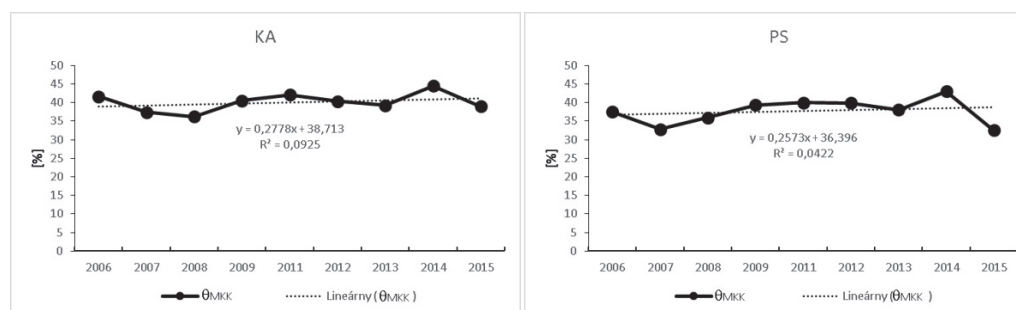
Obr. 4. Lineárny trend vývoja objemovej hmotnosti na fluvizemi glejovej.

Fig. 4. Linear trend of bulk density development for Gleyic Fluvisol.



Obr. 5. Lineárny trend vývoja celkovej pórovitosti na fluvizemi glejovej.

Fig. 5. Linear trend of total porosity development for Gleyic Fluvisol.



Obr. 6. Lineárny trend vývoja maximálnej kapilárnej vodnej kapacity na fluvizemi glejovej.

Fig. 6. Linear trend of maximum capillary water capacity development for Gleyic Fluvisol.

Maximálne hodnoty zásoby vody (tabuľka 4.) v pôdnom profile FM_G vo vegetačnom období sledovaných rokov, bez ohľadu na termín kedy boli dosiahnuté, dosahovali 78,02 – 111,50 % poľnej vodnej kapacity pri konvenčnej agrotechnike a 73,47 – 99,46 % poľnej vodnej kapacity pri priamej sejbe bez orby. Lineárny trend (obr. 7) predikuje zníženie maximálnej zásoby pôdnej vody o 13,12 mm pri konvenčnej agrotechnike, resp. až o 25,07 mm pri priamej sejbe bez orby. Pre ťažké pôdy Východoslovenskej nížiny podobný trend zistili Kotorová a Mati (2008).

Priemerná zásoba vody v ornici fluvizeme glejovej sa vzťahovala k vlhkosti bodu zníženej dostupnosti, t. j. k vlhkosti pôdy medzi bodom vädnutia a maximálnou kapilárnou kapacitou. Pri konvenčnej agrotechnike zistené hodnoty v 9-ročnom období dosahovali 74,36 – 106,77 % vlhkosti θ_{ZD} , pri priamej sejbe bez orby to bolo 77,71 – 102,16 % vlhkosti θ_{ZD} . Lineárny trend

naznačuje zníženie priemernej zásoby vody v ornici o 12,71 mm pri KA variante a o 8,69 mm pri PS variante (obr. 8).

Významným hydrolimitom je bod vädnutia, ktorý predstavuje hranicu fyziologicky neprístupnej vody zodpovedajúcej takému množstvu vody v pôde, ktoré už rastliny nie sú schopné prijímať a vädnú. Pre pôdy s vysokým obsahom ílovitých častíc sú typické vysoké hodnoty bodu vädnutia, čo spôsobuje veľmi nízke využitie zásoby vody v profile týchto pôd plodinami. Šútor et al. (1995) uvádzajú pre pokusnú parcelu obsah vody 70,66 mm zodpovedajúci vlhkosti bodu vädnutia. Minimálna zásoba vody v ornici fluvizeme glejovej sa vzťahuje k vlhkosti bodu vädnutia.

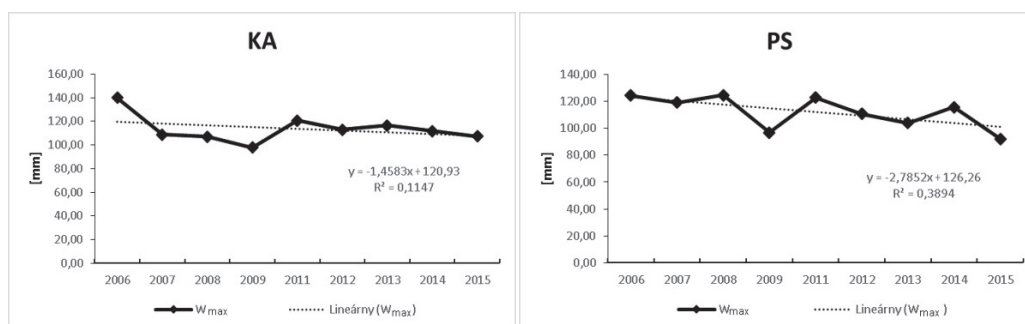
Počas sledovaného obdobia 2006 – 2015 na konvenčnej agrotechnike minimálna zásoba vody dosahovala 73,68 – 121,43 % vlhkosti θ_V a pri priamej sejbe bez orby 65,42 – 120,14 % θ_V (tabuľka 4).

Tabuľka 4. Zásoba vody v ornici fluvizeme glejovej vo vzťahu k hydrolimitom
Table 4. Water storage in topsoil of Gleyic Fluvisol in relation to hydrolimits

Parameter ⁽¹⁾	Obrábanie ⁽²⁾	Rok ⁽³⁾									
		2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	$\bar{x}$
$W_{\max}$ [% θ_{PK}]	KA ⁽⁴⁾	111,50	86,65	85,15	78,02	96,22	89,91	92,77	89,08	85,47	90,53
	PS ⁽⁵⁾	99,21	94,97	99,46	77,11	97,88	88,26	82,78	92,42	73,47	89,51
	$\bar{x}$	105,36	90,81	92,31	77,57	97,05	89,09	87,78	90,75	79,47	90,02
$W_{\varnothing}$ [% θ_{ZD}]	KA	106,77	82,44	93,88	74,36	103,94	94,90	84,72	87,28	82,13	90,05
	PS	102,16	81,48	99,32	84,69	101,64	92,89	88,55	91,03	77,71	91,05
	$\bar{x}$	104,47	81,96	96,60	79,53	102,79	93,90	86,64	89,16	79,92	90,55
$W_{\min}$ [% θ_V]	KA	114,44	73,68	121,43	80,16	120,95	119,12	82,38	79,39	90,67	98,02
	PS	108,50	65,42	111,61	98,35	120,14	82,21	109,47	84,74	91,65	96,90
	$\bar{x}$	111,47	69,55	116,52	89,26	120,55	100,67	95,93	82,07	91,16	97,46

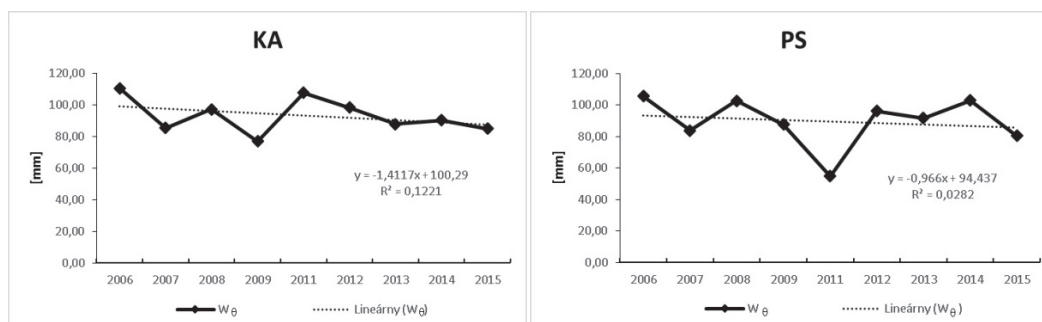
kde: $W_{\max}$ – maximálna zásoba pôdnej vody, $W_{\varnothing}$ – priemerná zásoba pôdnej vody, $W_{\min}$ – minimálna zásoba pôdnej vody, θ_{PK} – vlhkosť poľnej vodnej kapacity, θ_{ZD} – vlhkosť bodu zníženej dostupnosti, θ_V – vlhkosť bodu vädnutia

where: $W_{\max}$ – maximum soil water storage, $W_{\varnothing}$ – average soil water storage, $W_{\min}$ – minimum soil water storage, θ_{PK} – moisture of field water capacity, θ_{ZD} – moisture of threshold point, θ_V – moisture of wilting point, ⁽¹⁾ – parameter, ⁽²⁾ – tillage, ⁽³⁾ – year, ⁽⁴⁾ – conventional tillage, ⁽⁵⁾ – no-tillage



Obr. 7. Lineárny trend vývoja maximálnej zásoby pôdnej vody.

Fig. 7. Linear trend development of maximal soil water storage.



Obr. 8. Lineárny trend vývoja priemernej zásoby pôdnej vody.

Fig. 8. Linear trend development of mean soil water storage.

Na obr. 9 je znázornený lineárny trend minimálnej zásoby pôdnej vody. Pôdoochranné technológie, ku ktorým patrí aj priama seiba bez orby, majú prispieť k lepšiemu hospodáreniu pôdy s vodou a zadržať vodu na dlhší čas. Pre variant s konvenčnou agrotechnikou je viditeľný trend zníženia minimálnej zásoby vody v 9-ročnom časovom rade o 12,41 mm. Pri priamej seibe bez orby je zjavný trend zvýšenia minimálnej zásoby vody v ornici o 11,26 mm. Hodnoty minimálnej zásoby pôdnej vody sa nachádzajú nad a pod trendovou čiarou,

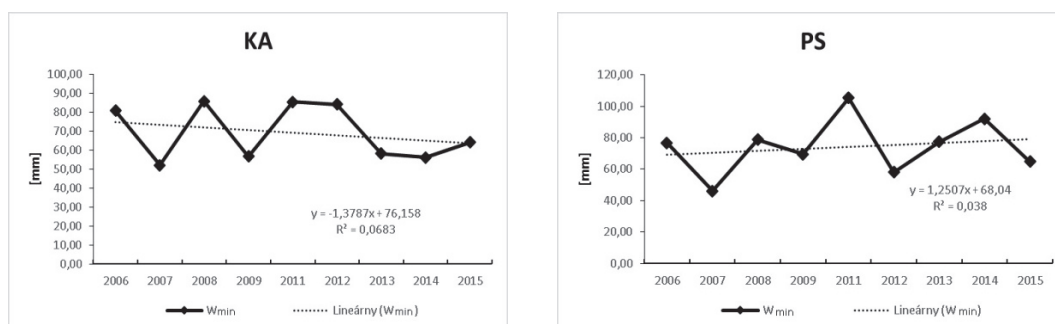
v závislosti aj od vývoja zrážkových pomerov v pokusnom období.

Získané výsledky z poľného pokusu boli podrobené štatistickému testovaniu, pričom sa využila analýza variancie. Z údajov v tabuľke 5. vyplýva štatisticky vysoko významný vplyv roka na všetky sledované fyzikálne a hydrofyzikálne parametre fluvizeme glejovej. Objemová hmotnosť, celková pórovitosť a maximálna kapilárna vodná kapacita bola štatisticky významne ovplyvnená aj spôsobom obrábania. Významný vplyv zvolené-

ho obrábania sa potvrdil len v prípade minimálnej zásoby vody v ornici fluvizeme glejovej. Naše zistenia potvrdili údaje publikované Matim et al. (2008) pre ťažké ilovito-hlinité pôdy. Z vypočítaných F-hodnôt uvedených v tabuľke 5. vyplýva, že na objemovú hmotnosť, celkovú pórovitosť a maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu mal významnejší vplyv zvolený spôsob obrábania pôdy ako experimentálny rok. Zásoba pôdnej vody bola významnejšie ovplyvnená rokom sledovania ako obrábaním, s výnimkou minimálnej zásoby pôdnej

vody, na ktorú malo vplyv aj obrábanie.

Štatistické hodnotenie fyzikálnych a hydrofyzikálnych parametrov fluvizeme glejovej pozostávalo z LSD-testu porovnávania (tabuľka 6.). Z prezentovaných údajov vyplýva, že priama sejbá bez orby najvýznamnejšie ovplyvňovala objemovú hmotnosť a minimálnu zásobu pôdnej vody. Vplyv roka na hodnotené parametre fluvizeme glejovej sa prejavil rozdielne, čo súvisí aj s variabilným množstvom zrážok počas vegetačného obdobia.



Obr. 9. Lineárny trend vývoja minimálnej zásoby pôdnej vody.

Fig. 9. Linear trend development of minimal soil water storage.

Tabuľka 5. Analýza variancie sledovaných fyzikálnych a hydrofyzikálnych parametrov
Table 5. Analysis of variance for observed physical and hydrophysical parameters

Zdroj variability ⁽¹⁾	Stupne voľnosti ⁽²⁾	ρ_d		Pc		θ_{MKK}		W_{max}		$W_{\varnothing}$		W_{min}	
		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
obrábanie ⁽³⁾	1	20,11	++	20,07	++	86,81	++	0,84	-	0,05	-	4,87	+
rok ⁽⁴⁾	8	9,23	++	9,23	++	51,96	++	24,58	++	20,64	++	14,74	++
zvyšok ⁽⁵⁾	59												
celkom ⁽⁶⁾	71												

++P < 0,05

kde: ρ_d – objemová hmotnosť, Pc – celková pórovitosť, θ_{MKK} – maximálna kapilárna vodná kapacita, W_{max} – maximálna zásoba pôdnej vody, $W_{\varnothing}$ – priemerná zásoba pôdnej vody, W_{min} – minimálna zásoba pôdnej vody, F – pozorovaná hodnota, P – pravdepodobnosť

where: ρ_d – bulk density, Pc – total porosity, θ_{MKK} – maximum capillary water capacity, W_{max} – maximum soil water storage, $W_{\varnothing}$ – average soil water storage, W_{min} – minimum soil water storage, F – observed value, P – probability, ⁽¹⁾ – source of variability, ⁽²⁾ – degree of freedom, ⁽³⁾ – tillage, ⁽⁴⁾ – year, ⁽⁵⁾ – residual, ⁽⁶⁾ – total

Tabuľka 6. Štatistické hodnotenie hodnôt pôdných parametrov fluvizeme glejovej
Table 6. Statistical evaluation of soil parameters values for Gleyic Fluvisol

Zdroj variability ⁽¹⁾	Faktor ⁽²⁾	Sledovaný parameter ⁽³⁾					
		ρ_d [kg.m ⁻³]	Pc [%]	θ_{MKK} [%]	W_{max} [mm]	$W_{\varnothing}$ [mm]	W_{min} [mm]
obrábanie ⁽⁴⁾	KA	1437,22a	45,4144b	40,1022b	113,634a	93,2333a	69,2644a
	PS	1500,22b	43,0233a	37,6822a	112,333a	92,94a	74,2933b
rok ⁽⁵⁾	2006	1428,0bc	45,765de	39,54bc	132,245d	108,165d	78,765de
	2007	1551,5f	41,075a	35,125a	113,98b	84,655ab	49,15a
	2008	1542,0ef	41,435ab	36,105a	115,86bc	100,02c	82,335e
	2009	1467,5cd	44,265cd	39,945cd	97,36a	82,335a	63,07b
	2011	1488,0de	43,49bc	41,025d	121,82c	96,255c	95,345f
	2012	1500,0def	43,03abc	40,125cd	111,825b	97,215c	71,13bcd
	2013	1482,5cde	43,695bcd	38,64b	110,175b	89,7b	67,78bc
	2014	1352,5a	48,635f	43,76e	113,84b	96,685c	74,02cde
	2015	1406,5ab	46,58ef	35,765a	99,75a	82,75a	64,415bc

kde: ρ_d – objemová hmotnosť, Pc – celková pórovitosť, θ_{MKK} – maximálna kapilárna vodná kapacita, W_{max} – maximálna zásoba pôdnej vody, $W_{\varnothing}$ – priemerná zásoba pôdnej vody, W_{min} – minimálna zásoba pôdnej vody,

where: ρ_d – bulk density, Pc – total porosity, θ_{MKK} – maximum capillary water capacity, W_{max} – maximum soil water storage, $W_{\varnothing}$ – average soil water storage, W_{min} – minimum soil water storage, KA – conventional tillage, PS – no-tillage, ascenders (a, b, c, d, e, f) between factors suggestive of statistically significant references ($\alpha = 0.05$) – LSD test, ⁽¹⁾ – source of variability, ⁽²⁾ – factor, ⁽³⁾ – observed parameter, ⁽⁴⁾ – tillage, ⁽⁵⁾ – year

Záver

Hodnotené fyzikálne a hydrofyzikálne parametre fluvizeme glejovej boli štatisticky významne ovplyvnené experimentálnym rokom. Spôsob obrábania sa štatisticky významne prejavil na hodnotách fyzikálnych indikátorov ťažkej ílovito-hlinitkej fluvizeme glejovej. V hodnotenom období obrábanie štatisticky významne ovplyvňovalo len minimálnu zásobu vody v ornici fluvizeme glejovej.

Za hodnotené deväťročné obdobie objemová hmotnosť i celková pórovitosť dosahovali najpriaznivejšie hodnoty pri konvenčnej agrotechnike. Hodnoty maximálnej kapilárnej vodnej kapacity boli na úrovni hodnôt charakteristických pre ílovito-hlinité pôdy.

Maximálna zásoba pôdnej vody celkovo dosahovala 73,47 – 111,50 % vlhkosti poľnej vodnej kapacity, priemerná 74,36 – 106,77 % vlhkosti bodu zníženej dostupnosti a 65,42 – 121,43 % vlhkosti bodu vädnutia.

Z lineárnej trendovej analýzy pôdných parametrov v 9-ročnom časovom rade vyplýva zníženie objemovej hmotnosti, zvýšenie celkovej pórovitosti a maximálnej kapilárnej vodnej kapacity pri oboch variantoch obrábania fluvizeme glejovej.

Časový priebeh zásoby vody v ornici fluvizeme glejovej nekopíruje trendovú čiaru. Z trendovej analýzy 9-ročného časového radu vyplýva zníženie maximálnej a priemernej zásoby vody v ornici fluvizeme glejovej pri oboch spôsoboch obrábania.

Lineárny trend minimálnej zásoby vody v ornici fluvizeme glejovej naznačuje v 9-ročnom časovom rade jej zníženie o 12,41 mm pri konvenčnej agrotechnike, ale zvýšenie o 11,26 mm pri priamej sejbe bez orby.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre vedu a výskum na základe zmluvy č. APVV-15-0489 a APVV-0163-11.

Literatúra

- Demo, M., Bielek, P. et al. (2000): Regulačné technológie v produkčnom procese poľnohospodárskych plodín. Nitra : SPU, Bratislava : VÚPOP, 667 s. ISBN 80-7137-732-5
- Chajdiak, J. (2005): Štatistické úlohy a ich riešenie v Exceli. Bratislava : Statistika, 2005. 268 s. ISBN 80-85659-39-5
- Hrivňáková, K., Makovníková, J. et al. (2011): Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava : VÚPOP. 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1
- Kotorová, D., Mati, R. (2008): Properties and moisture regime of heavy soils in relation to their cultivation. In: VII. Alps-Adria Scientific Workshop, Cereal Research Communications, vol. 36, 2008, Suppl., p. 1751-1754.
- Kotorová, D., Šoltysová, B. (2011): Fyzikálno-chemické vlastnosti ťažkých pôd. 1. vyd. Michalovce : CVRV Piešťany – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2011. 96 s. ISBN 978-80-89417-34-6
- Kotorová, D., Šoltysová, B., Mati, R. (2010): Vlastnosti fluvizemí na Východoslovenskej nížine pri ich rozdielnom obrábaní. 1. vyd. Michalovce : CVRV – Výskumný ústav agroekológie, 2010. 160 s. ISBN 978-80-89417-25-4
- Kováč, K. et al. (2010): Minimalizačné a pôdoochranné technológie. Nitra: Agroinštitút, š. p., 2010, 142 s. ISBN 978-80-7139-139-5
- Kožnarová, V., Klabzuba, J. (2002): Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. In: Rostlinná výroba, roč. 48, 2002, č. 4, s. 190-192.
- Mati R., Kotorová D. (2007): The effect of soil tillage system on soil bulk density and other physical and hydrophysical characteristics of Gleyic Fluvisol. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 55: 4. 246-252.
- Mati, R., Pavelková, D., Ivančo, J. (2007): Zásoba pôdnej vody v ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny pri ich rozdielnom obrábaní. In: Acta hydrologica Slovaca, vol. 8, 2007, n. 2, p. 210-216.
- Mati, R., Pavelková, D., Ivančo, J. (2008): Vlhkostný režim fluvizeme glejovej na Východoslovenskej nížine. In: Acta hydrologica Slovaca, vol. 9, 2008, n. 1, p. 115-122.
- Mati, R., Kotorová, D., Gomboš, M., Kandra, B. (2011): Development of evapotranspiration and water supply of clay-loamy soil on the East Slovak Lowland. In: Agricultural Water Management, vol. 98, 2011, no. 7, pp. 1133-1140. DOI: 10.1016/j.agwat.2011.02.007
- Mikulová, K. et al. (2008): Klimatologické normály 1961 – 1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky : Záverečná správa výskumnej úlohy. Bratislava : SHMÚ, 2008.
- Pavelková, D., Mati, R. (2008): Kvantifikácia množstva prístupnej vody pre rastlinný kryt z hľadiska pôdneho druhu. In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra. Bratislava: ÚH SAV, 2008, s. 411-418. ISBN 978-80-89139-16-3
- Skalová, J., Štekauerová, V. (2011): Pedotransferové funkcie a ich aplikácia pri modelovaní vodného režimu pôdy. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita Bratislava, 2011. 101 s. ISBN 978-80-227-3431-8
- Skalová, J., Kotorová, D., Igaz, D., Gomboš, M., Nováková, K. (2015): Regionalizácia pedotransferových funkcií vlhkostných retenčných kriviek pôd Slovenska. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 2015. 146 s. ISBN 978-80-227-4455-3
- Šútor, J., Gomboš, M., Mati, R., Tall, A., Ivančo, J. (2007): Voda v zóne aerácie pôd Východoslovenskej nížiny. Bratislava : ÚH SAV, Michalovce : SCPV – ÚAe, 2007, 280 s. ISBN 80-89139-10-8
- Šimanský, V., Polláková, N., Jonczak, J. (2016): Is better minimum than standard mouldboard ploughing tillage from viewpoint of the pore-size distribution and soil water retention characteristic changes? In: Cercetări Agronomice în Moldova, Vol. XLIX, No. 3 (167) / 2016: 17-26. DOI: 10.1515/cerce-2016-0022
- Šútor, J. et al. (1995): Hydrológia Východoslovenskej nížiny. Michalovce : Media Group, 1995, 467 s. ISBN 80-88835-00-3
- Zaujec, A., Chlpík, J., Tobiášová, E. (2009): Pedológia a základy geológie. 1. vyd. Nitra: SPU v Nitre, 2009. 400 s. ISBN 978-80-552-0207-5

ANALYSE OF SELECT PROPERTIES AND WATER STORAGE IN PROFILE OF HEAVY SOILS

The aim of this contribution was to analyse development of soil properties and water storage in topsoil of different cultivation practises on water storage in soil profile. Study of these problems was realized between 2006 and 2015 years. Experiments were carried out on clay-loamy Gleyic Fluvisol. Experimental locality Milhostov is situated in central part of the East Slovak Lowland. For this locality continental climate is typical. Conventional tillage (KA) and no-tillage (PS) practises were examined. From physical soil properties the bulk density, total porosity and maximum capillary water capacity were analysed by known methods. Soil samples for the determination of water storage were taken from profile 0.0–0.3 m, from each 0.1 m. Minimum, average and maximum soil water storage was evaluated. Obtained contents of soil water storage were re-counted at maximum soil water storage on percent of moisture of field water capacity (θ_{PK}), at mean soil water storage on percent of moisture of threshold point (θ_{ZD}) and at minimal soil water storage on percent of moisture of wilting point (θ_V). For prediction of selected indicators development the linear trend was used and coefficients were estimated by linear regression. Obtained data were tested by analysis of variance and LSD-test comparing. On Gleyic Fluvisol at no-till system were ascertained higher bulk density and lower

total porosity and maximum capillary water capacity in comparison with conventional tillage as well. Values of maximum capillary water capacity were typical for given soil type. The experimental years statistically significantly influenced evaluated physical and hydro-physical parameters of Gleyic Fluvisol. Soil tillage had statistically significant effect on values of physical soil indicators. During monitored period the tillage statistically significantly impacted only the minimum water storage in topsoil of Gleyic Fluvisol. The maximum soil water storage reached 73.47–111.50% of moisture of field water capacity. At average soil water storage it was 74.36–106.77% of moisture of threshold point. The minimum soil water storage achieved 65.42–121.43% of moisture of wilting point. From linear trend analyse of soil parameters in 9-year time-series resulted decreasing of bulk density and increasing of total porosity and maximum capillary water capacity for both tillage variants. Time behaviour of water storage in topsoil of Gleyic Fluvisol no-replicate the trend line. From trend analyse of 9-year time series results the decreasing of maximum and average soil water storages. Linear trend of minimum soil water storage in topsoil of Gleyic Fluvisol in 9-year time series indicate decreasing about 12.41 mm under conventional tillage, but under no-tillage increasing about 11.26 mm.

Dana Kotorová, RNDr. PhD.
Ladislav Kováč, Ing. PhD.
NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce
Špitálska 1273
071 01 Michalovce
Slovenská republika
Tel.: +421 56 6443 888
Fax: + 421 56 6420 205
E-mail: kotorova@minet.sk
kovac@minet.sk