

Minimalizační agrotechnologie a jejich vliv na hydro-fyzikální vlastnosti půdy

Ivana Kameníčková¹, Miroslav Dumbrovský¹, Jana Podhrázká²

¹Vysoké učení technické v Brně

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v Brně

Abstrakt

Předkládaný příspěvek analyzuje efektivitu odlišných technologií zpracování půdy (klasickou a minimalizační) z hlediska fyzikálních vlastností a vodního režimu půd, při kterém je infiltrace hlavní složkou pro dotaci podpovrchové vody.

Výzkumné práce na experimentální ploše v k. ú. Horní Meziříčko probíhaly v letech 2005–2008 na kambizemi, lehké hlinitopísčité půdě s nevýraznou strukturou a obsahem humusu 1,5 %. Experimentální plocha byla rozdělena na dvě části, orniční vrstva na těchto plochách byla zpracována klasickou a minimalizační technologií. Pozemky byly střídavě osety ozimými plodinami a jařinami. Fyzikální vlastnosti půdy (momentální vlhkost, objemová hmotnost redukováná, pórovitost, maximální kapilární vodní kapacita, rozdělení pórů a provzdušenost) se určovaly rozborem neporušeného půdního vzorku (Kopeckého válečky o jednotném objemu 100 cm³) z orničního horizontu (10, 20, 30 cm) dle standardní metody. Ke sledování infiltračních vlastností povrchových vrstev ornice se použila výtupová metoda (dvouválcové infiltrometry), k vyhodnocení terénního měření infiltrace se použila tříparametrická rovnice Philipova typu, která poskytuje dobrý odhad nasycené hydraulické vodivosti K . Výsledky výzkumu prokázaly, že při minimalizačním zpracování půdy se zhoršily fyzikální vlastnosti půdy (objemová hmotnost, pórovitost, zhutnění hlubších vrstev orničního horizontu, nízká činnost půdního mezoedafonu), v důsledku čehož se snížila retenční a akumuláční schopnost půdy. Při minimalizačním zpracování půdy se snížila rychlost infiltrace $v(t)$ zhruba na 1/2 a odhadnuté hodnoty nasycené hydraulické vodivosti K se snížily na 1/2 až na 1/3.

Klíčová slova: zpracování půdy, hydro-fyzikální vlastnosti půdy, infiltrace, výtupová infiltrace, nasycená hydraulická vodivost K_s .

Úvod

Na půdu a životní prostředí má výrazný vliv používání různých technologií zpracování půdy a zakládání porostů plodin. Technologie zpracování půdy je

možné rozdělit do dvou základních skupin, tj. klasické s orbou, a minimalizační, kde je orba vyloučena. Minimalizační technologie zpracování půdy se vyznačují dvěma znaky, a to redukcí hloubky a intenzitou zpracování půdy. Jedná se o různé formy mělkého zpracování, náhradu orby kypřením, výsevy plodin do povrchově zpracované či nezpracované půdy. V případě, že na povrchu půdy zůstává více jak 30 % posklizňových zbytků, pak se tyto technologie zpracování půdy považují za půdoochranné. Půdoochranné technologie zpracování půdy významně ovlivňují půdní prostředí z hlediska fyzikálních vlastností a funkční vodohospodářské ochrany proti vodní erozi.

Pro hodnocení strukturního stavu půdy jako ukazatele vlivu použité technologie zpracování půdy se používají změny objemové hmotnosti, pórovitosti a dalších půdních vlastností. Tyto dílčí fyzikální vlastnosti však neodráží celkový stav půdního prostředí, v kterém se mění vzdušný a vodní režim. Při podrobném zkoumání fyzikálních vlastností je třeba zohlednit dynamický charakter půdní struktury a použít takové metody, které umožňují komplexní hodnocení půdního prostředí (Dexter 1997). Každý technologický zásah do půdy defragmentuje částice půdy a mění jejich prostorové uspořádání (Hadas 1997). Pro postihnutí těchto změn je třeba sledovat takové ukazatele, pomocí kterých je možné postihnout celkový stav půdního prostředí.

Stav půdního prostředí je možné posuzovat na základě pohybu vody v půdě, tj. měřením infiltrace. Při nízké infiltrační schopnosti svrchní vrstvy půdy nedochází k požadovanému vsaku vody do půdy, vzniká povrchový odtok a s ním spojené negativní jevy.

Materiál a metodika

Popis experimentální plochy

Experimentální plochy se nachází v k. ú. Horní Meziříčko, okres Jindřichův Hradec, v blízkosti silnice Jilem–Strmilov. Z geologického hlediska patří do oblasti Mrákotínské vrchoviny. Terén je členitý s velkými výškovými rozdíly. Nadmořská výška pozemků je 645 m.

Západní část sledovaného území leží v povodí Nežárky, východní v povodí řeky Dyje. Hydrografickou síť tvoří množství malých potůčků, které protékají terénními depresiemi od západu k východu a postupně opouští zájmové území.

Pro charakteristiku klimatických podmínek dané lokality se použily údaje nejbližší meteorologické stanice – Telč (527 m n. m.). Jedná o oblast mírně chladnou, průměrná roční teplota se pohybuje okolo 6,5 °C a průměrné roční srážkové úhrny činí 617 mm (Hydrometeorologický ústav 1960).

Uspořádání půdního profilu:

0–30 cm: Ap – orniční horizont vytvořený orbou a běžnou kultivací,

30–40 cm: B – přechodný horizont,

40 cm a více: C – půdotvorný substrát.

Na půdotvorném substrátu pararuly se zde zvětráváním vyvinula kambizem dystrická. Hloubku půdy omezuje silná kamenitost. Struktura půdy nevýrazná, obsah humusu 1,5 %. Základní půdní druh: lehká půda – hlinitopísčítá.

Obě experimentální plochy se nachází v těsné blízkosti, jsou mírně svažité s jižní expozicí. Firma Stagra Studená zpracovává půdu minimalizační technologií od roku 1992. Používá secí exaktory HORSCH SE3, jejichž funkce je založena na mělkém ořezávání svrchní vrstvy půdy do hloubky 150 mm při současném plošném výsevu. Frézou se vytvoří lůžko pro osivo, na nějž zpětně dopadá zemina a posklizňové zbytky. K přípravě půdy nepoužívá pluhu. Soukromý zemědělec p. Matoušek používá konvenční způsob hospodaření, založený na každoroční orbě pluhu do hloubky 300 mm s následnými operacemi k přípravě půdy pro setí.

Pozemky byly v průběhu experimentu (2005–2008) střídavě osety ozimými plodinami a jařinami. Klasický způsob zpracování půdy: hrách, pšenice, ječmen jarní a řepka. Minimalizační způsob zpracování půdy: hrách, triticales, kukuřice, pšenice. Vzhledem k rozdílné skladbě pěstovaných plodin se výsledky šetření infiltračních vlastností půdy zpracované odlišnou technologií porovnávaly hlavně z hlediska agrotechnických operací (ozimy, jařiny) ve stejnou dobu a za stejných podmínek, ale i pro jednotlivé zemědělské plodiny pěstované v daném roce.

Fyzikální vlastnosti půdy

V rámci výzkumu 2005–2008 byly sledovány základní hydro-fyzikální vlastnosti půdy (objemová hmotnost redukována, pórovitost, momentální obsah vody, maximální kapilární kapacita, rozdělení jednotlivých druhů pórů a provzdušnost půdy). Na obou plochách byly odebírány půdní vzorky z kopaných sond v blízkosti infiltračních experimentů klasickou metodou pomocí Kopeckého válečků z orničního horizontu (10, 20, 30 cm) ve třech opakováních. Odběr půdních vzorků probíhal ve stejnou dobu jako sledování infiltrační schopnosti půdy na experimentálních plochách.

Laboratorní stanovení hydro-fyzikálních charakteristik půdy bylo provedeno v pedologické laboratoři Ústavu vodního hospodářství krajiny na VUT FAST v Brně, tj. základním rozbohem neporušeného půdního vzorku, který byl doplněn o pyknometrické stanovení specifické hustoty půdních částic.

Z hlediska fyzikálních vlastností půdy patří k hlavním hodnoceným parametrům objemová hmotnost redukována a pórovitost. Tyto parametry se v průběhu roku mění, závisí na klimatických podmínkách, způsobu zpracování půdy, rozvoji kořenového systému, změně půdní struktury, vlhkosti půdy a pěstované plodině. Zvýšená objemová hmotnost vede ke snížení pórovitosti, při vyšším stupni utužení působí destrukci půdních agregátů. V důsledku toho se zhoršují další fyzikální vlastnosti půdy, tj. omezení propustnosti pro vodu, ovlivnění pohybu vody a vzduchu v půdě.

Výtopová infiltrace

Na experimentálních plochách se opakovaně prováděly výtopové infiltrační experimenty dvouválcovou metodou. Použily se čtyři soupravy infiltračních válců

s vnitřními průměry: 25,4, 26,3, 35,7 a 35,8 cm. Průměry vnějších válců: 35,2, 35,7, 51,37 a 52 cm.

V letech 2005–2008 se provedlo 10 sad měření, na každé ploše současně probíhaly dva infiltrační experimenty. Jednotlivé běhy probíhaly v těchto měsících: 2005 – červen, srpen, 2006 – duben, srpen, 2007 – duben, červen, říjen, 2008 – duben, červen, srpen.

Vlastní měření se prováděla opakovaným přiléváním dávky známého objemu vody (1 l) nad referenční úroveň, stabilizovanou měrným hrotem (1 nebo 1,5 cm). Záznam doby vsakování jednotlivých dávek umožňuje zhodnocení průběhu infiltračních rychlostí a kumulativní infiltrace. Jednotlivé experimenty se ukončily při dosažení ustálené infiltrační rychlosti. U válců s nízkou infiltrační rychlostí se experimenty omezily časově, měření probíhala alespoň 2 hodiny. Před započítáním infiltrace se odebraly vzorky ke stanovení momentální vlhkosti, která ovlivňuje průběh infiltrace v počáteční fázi.

K vyhodnocení se použila tříparametrická rovnice Philipova typu (uvažuje pouze první tři členy)

$$v_t = \frac{1}{2}C_1 t^{-\frac{1}{2}} + C_2 + \frac{3}{2}C_3 t^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

$$i_t = C_1 t^{\frac{1}{2}} + C_2 t + C_3 t^{\frac{3}{2}}, \quad (2)$$

kde C_1 – odhad sorptivity [$\text{cm} \cdot \text{min}^{-\frac{1}{2}}$],
 C_2, C_3 – parametry vyrovnávacího procesu, C_2 [$\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$],
 C_3 [$\text{cm} \cdot \text{min}^{-\frac{3}{2}}$].

C_1, C_2, C_3 se získají řešením lineární soustavy tří rovnic o třech neznámých pomocí matematické funkce Řešitel v programu Excel.

$$C_1 \sum_{j=1}^m t_j + C_2 \sum_{j=1}^m t_j^{\frac{3}{2}} + C_3 \sum_{j=1}^m t_j^2 = \sum_{j=1}^m I_j t_j^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$C_1 \sum_{j=1}^m t_j^{\frac{3}{2}} + C_2 \sum_{j=1}^m t_j^2 + C_3 \sum_{j=1}^m t_j^{\frac{5}{2}} = \sum_{j=1}^m I_j t_j \quad (4)$$

$$C_1 \sum_{j=1}^m t_j^2 + C_2 \sum_{j=1}^m t_j^{\frac{5}{2}} + C_3 \sum_{j=1}^m t_j^3 = \sum_{j=1}^m I_j t_j^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

Z druhé derivace rovnice (2) se určí „limitní“ čas t_{lim} a rychlost infiltrace K v tomto čase. Tato hodnota představuje dobrý odhad nasycené hydraulické vodivosti

$$t_{lim} = \frac{C_1}{3C_3}, \quad (6)$$

$$K = (C_1 C_3)^{\frac{1}{2}} + C_2. \quad (7)$$

Pro odhad nasycené hydraulické vodivosti K z měření infiltrace výtopou se použila tříparametrická rovnice Philipova typu (2) a z ní odvozený vztah (5).

Výsledky

Fyzikální vlastnosti půdy

Výsledky fyzikálních vlastností půdy jsou uváděny v tabelární formě, tab. 1a, 1b, reprezentují průměrné hodnoty fyzikálních parametrů půdy zpracované odlišnou technologií v závislosti na hloubce odběru z orničního horizontu v jednotlivých letech šetření.

Objemová hmotnost redukována (OHR) patří k hlavním hodnoceným znakům. Závisí na hustotě tuhé fáze půdy a objemu pórů. Při klasickém zpracování v letech 2005–2006 se její průměrné hodnoty v orničním horizontu výrazně nemění, v roce 2007 dosahují maximální hodnoty a v posledním roce sledování se snižují a dosahují přibližně stejných hodnot jako na začátku sledovaného období, pohybují se v rozpětí $OHR = 1,43 \div 1,60 \text{ g.cm}^{-3}$ (2005, 2007). Při minimalizačním zpracování v letech 2005–2007 je v orničním horizontu patrný vzestupný trend, v posledním roce se hodnoty vrací k původním hodnotám na začátku sledovaného období, pohybují se v rozpětí $OHR = 1,45 \div 1,64 \text{ g.cm}^{-3}$ (2008, 2007). Z dosažených výsledků je patrné, že při minimalizačním zpracování objemová hmotnost redukována dosahuje vyšších hodnot než při klasickém zpracování, do hloubky stoupá rovnoměrněji. Hodnota objemové hmotnosti kromě způsobu zpracování půdy závisí na obsahu půdní vody. S vyšší vlhkostí se její hodnoty snižují a naopak. S ohledem na uváděné průměrné hodnoty za jednotlivé roky šetření se může projevit porušení tohoto trendu (klasické zpracování, 2007). Kritické hodnoty vyjadřující škodlivé ztuhnutí půdy (Lhotský 1984: hlinitopísčité půda $OHR_{kritické} = 1,6 \text{ g.cm}^{-3}$) byly prokázány při klasickém zpracování pouze v roce 2007 v hloubce 20 cm, při minimalizačním zpracování v letech 2007–2008 ve větších hloubkách ornice. Podle dosažených průměrných hodnot se přibližně hodnotí strukturní stav humusového horizontu, který je u obou technologií zpracování půdy charakterizován jako nevyhovující $OHR = 1,4 - 1,6 \text{ g.cm}^{-3}$.

Pórovitost (P) podává obraz o okamžitém zastoupení objemu pórů v celkovém objemu půdy. Patří k hlavním ukazatelům prostorového uspořádání půdní hmoty, v pórech probíhají veškeré fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické procesy. V půdních pórech dochází k vývoji a růstu kořinek rostlin, nízký obsah pórů nebo jejich nevyhovující velikost znemožňuje vývoj kořenového systému. Mezi hodnotami pórovitosti a objemové hmotnosti existuje nepřímá úměra, při nižší pórovitosti se zvyšuje objemová hmotnost a naopak. U obou způsobů zpracování v letech 2005–2007 je patrný pokles hodnot, v roce 2008 jsou hodnoty obdobné jako v roce 2007. Obě experimentální plochy vykazují maximální hodnoty ve svrchní vrstvě ornice na začátku sledovaného období $P_{klas} = 45 \text{ \% obj.}$ a $P_{min} = 43,2 \text{ \% obj.}$ a minimální hodnoty ve spodní vrstvě ornice na konci sledovaného období $P_{klas} = 37,75 \text{ \% obj.}$ a $P_{min} = 36,65 \text{ \% obj.}$ Kritické hodnoty (Lhotský 1984: $PK < 40$) byly prokázány u obou způsobů zpracování půdy, při klasickém zpracování ve větších hloubkách ornice v letech 2007–2008 a při minimalizačním zpracování prakticky v celém orničním horizontu v letech 2007–2008. Podle pórovitosti je možné klasifikovat půdu podle Bretfelda (Kutílek 1984), při klasickém zpracování je ornice ulehlá

Tabulka 1a, 1b: Fyzikální parametry půdy, klasické a minimalizační zpracování půdy

rok/plodina	2005 / hrách			2006 / pšenice oz.			2007 / ječmen j.			2008 / řepka oz.		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
OHR [g.cm ⁻³]	1,45	1,47	1,49	1,47	1,45	1,43	1,51	1,60	1,57	1,45	1,45	1,54
MOV [% obj.]	26,13	25,25	23,00	25,20	26,42	21,20	18,60	21,31	20,81	17,30	18,75	17,56
MKVK [%obj.]	30,00	29,40	28,00	30,45	29,36	23,99	31,98	30,78	30,29	25,33	23,35	21,72
P [% obj.]	45,00	43,20	42,80	43,48	42,85	41,71	42,12	38,00	40,38	42,10	40,73	37,25
P _K [% obj.]	25,36	24,80	21,60	25,01	23,00	18,62	23,34	21,71	21,90	21,72	20,26	19,71
P _S [% obj.]	9,15	10,50	9,25	7,88	10,29	7,78	8,88	9,26	9,06	8,59	8,38	6,84
P _N [% obj.]	12,10	8,94	12,64	10,58	9,56	12,31	9,90	7,03	9,42	11,79	12,10	10,70
Vz [% obj.]	18,87	17,95	19,80	18,28	16,44	20,51	23,53	16,68	19,57	24,93	22,11	20,08

rok/plodina	2005 / hrách			2006 / triticales			2007 / kukurice			2008 / pšenice oz.		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
OHR [g.cm ⁻³]	1,49	1,55	1,58	1,51	1,55	1,60	1,57	1,61	1,64	1,45	1,55	1,57
MOV [% obj.]	26,00	25,19	22,35	26,36	24,46	22,50	18,32	21,01	17,94	18,42	18,07	17,47
MKVK [%obj.]	31,70	26,15	32,80	30,19	28,47	23,54	33,85	35,37	34,03	26,12	22,56	22,58
P [% obj.]	43,20	41,00	40,00	42,22	40,10	39,50	39,63	37,74	38,24	41,41	37,14	36,65
P _K [% obj.]	27,20	24,15	21,05	24,15	22,18	18,16	23,58	22,55	19,86	22,56	20,90	19,85
P _S [% obj.]	8,45	8,95	10,00	6,35	6,82	9,10	8,38	9,54	11,96	7,47	6,57	7,05
P _N [% obj.]	11,05	10,12	12,65	10,02	9,53	12,23	7,68	5,65	6,43	11,33	8,37	9,51
Vz [% obj.]	17,20	18,51	17,65	15,86	15,65	17,00	21,31	16,73	20,30	26,35	18,94	19,70

Vysvětlivky: OHR – objemová hmotnost redukovaná, MOV – momentální obsah vody, P – pórovitost, P_K – kapilární póry, P_S – semikapilární póry, P_N – nekapilární póry, Vz – provzdušnenost půdy, MKVK – maximální kapilární vodní kapacita podle Nováka

Zdroji: vlastní

($P = 40\text{--}50\%$) po celou dobu sledování, při minimalizačním zpracování je ornice ulehlá v první polovině sledovaného období a velmi ulehlá ($P < 40$) v druhé polovině sledovaného období.

Momentální obsah vody (MOV) je charakterizován zjištěným objemem půdní vody, který závisí na objemové hmotnosti redukované a momentálním objemu vzduchu. Obě experimentální plochy po celou dobu šetření vykazují snížení objemu vody v orničním horizontu. Při klasickém zpracování v roce 2005 je patrná sestupná tendence se vzrůstající hloubkou půdního profilu, maxima jsou dosažena ve svrchní vrstvě ornice $MOV = 26,13\%$ obj. V dalších letech 2006–2008 jsou patrná maxima v hloubce 20 cm. Při minimalizačním zpracování v letech 2005, 2006 a 2008 je patrný sestupný trend, maxima jsou dosažena ve svrchní vrstvě ornice a minima ve spodní vrstvě. V roce 2007 byla dosažena maxima v hloubce 20 cm. Ve sledovaném období 2005–2008 obě experimentální plochy vykazují přibližně stejný objem vody v orničním horizontu, a to i přes značné utužení orničního horizontu při minimalizačním zpracování.

Maximální kapilární vodní kapacita (MKVK) představuje množství vody, kterou půda zadrží delší dobu v kapilárních pórech po předchozím nasycení vodou. Charakterizuje přibližně objem kapilárních pórů, které se podílí na zásobování rostlin vodou v období mezi srážkami a umožňují pohyb vody ke kořenům rostlin z větších hloubek půdního profilu. Při klasickém zpracování v letech 2005–2007 je patrný vzestupný trend, v posledním roce sledování je patrný pokles hodnot. Maxima byla dosažena ve svrchní vrstvě ornice $MKVK_{klas} = 31,98\%$ obj. v roce 2007, minima v hloubce 30 cm $MKVK_{klas} = 21,72\%$ obj. v posledním roce sledování. Při minimalizačním zpracování je patrný kolísavý trend, maxima byla dosažena v hloubce 20 cm $MKVK_{min} = 35,37\%$ obj. v roce 2007 a minima v hloubce 30 cm $MKVK_{min} = 22,58\%$ obj. v roce 2008. Z dosažených výsledků je patrné, že ve sledovaném období 2005–2008 se mění zásoba vody v půdě pro potřeby vegetace v závislosti na rozdělení jednotlivých druhů pórů a objemu vzduchu v půdě. Obě experimentální plochy vykazují po celou dobu sledování nerovnoměrné zastoupení jednotlivých druhů pórů, nízký podíl kapilárních pórů je patrný po celou dobu sledování a poměrně vysoké zastoupení nekapilárních pórů je patrné v letech 2005, 2006 a 2008. Vlhkost půdy v povrchové vrstvě se příliš nezvyšuje a rychlost prosakující vody nezabepečí nasycení kapilárních pórů, voda se ztrácí z dosahů kořenů rostlin.

Provzdušenost půdy (V_z) vyjadřuje objemovou koncentraci vzduchu ve vzorku. Optimální provzdušenost nebyla dosažena při klasickém zpracování v letech 2005–2007 v hloubce 20 cm (nízká zásoba vzduchu v půdě) a v roce 2008 ve svrchní vrstvě ornice (vysoká zásoba vzduchu v půdě). Při minimalizačním zpracování v první polovině sledovaného období (2005–2006) je patrná nedostatečná provzdušenost orničního horizontu, dále v roce 2007 v hloubce 20 cm. Vysoká provzdušenost je patrná v roce 2008 v hloubce 10 cm.

Terénní měření infiltrace

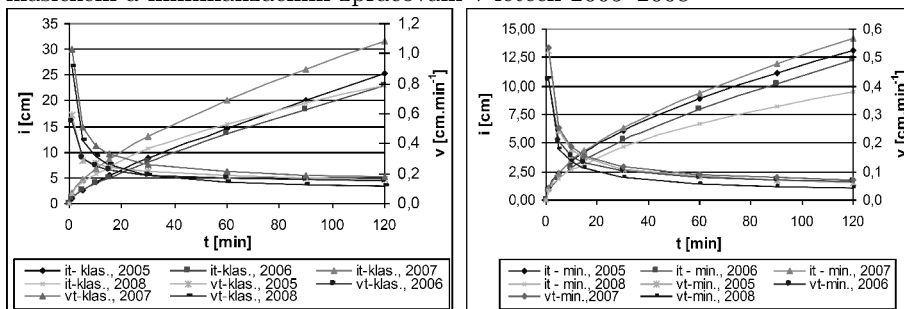
V letech 2005–2008 bylo provedeno 10 sad měření, přičemž na každé ploše současně probíhaly dva infiltrační experimenty. K jejich vyhodnocení se použila tříparametrická rovnice Philipova typu. Výsledky experimentálních měření byly zpracovány pomocí programu Excel, jsou shrnuty v tabulce 2a, 2b a grafech 1a, 1b.

V tabulce 2a, 2b jsou uvedeny průměrné hodnoty parametrů infiltračních rovnic a odhad nasycené hydraulické vodivosti K ze všech dosažených hodnot pro každou experimentální plochu, v závislosti na použité agrotechnické operaci (ozimé plodiny, jařiny) a pro zemědělské plodiny pěstované v daném roce. Na základě odhadu nasycené hydraulické vodivosti K je klasifikována propustnost půdy podle Kutílka (Holý 1984).

Odhadnuté hodnoty nasycené hydraulické vodivosti K jsou prokazatelně vyšší při klasickém zpracování, při minimalizačním zpracování jsou přibližně třetinové (průměr jařiny) až poloviční (celkový průměr, průměr ozimy). Porovnáme-li jednotlivé plochy s ohledem na půdní propustnost, při klasickém zpracování je propustnost u jařin velká a u ozimů střední. Při minimalizačním zpracování je propustnost u jařin a ozimů shodná, střední.

Pro grafické vyjádření se jednotlivé infiltrační experimenty sjednotily v čase, pomocí tříparametrické rovnice Philipova typu se vypočítaly kumulativní infiltrace $i(t)$ a infiltrační rychlosti $v(t)$ v čase $t = 1, 5, 10, 15, 30, 60, 90$ a 120 minut. Výsledky jsou prezentovány jako průměry, tj. aritmetický průměr pro experimentální plochy s odlišným zpracováním půdy v letech 2005–2008, graf 1a, 1b.

Graf 1a, 1b: Průběh kumulativní infiltrace $i(t)$ a infiltrační rychlosti $v(t)$ při klasickém a minimalizačním zpracování v letech 2005–2008



Zdroj: vlastní

Průběh kumulativní infiltrace $i(t)$ při klasickém zpracování v letech 2005–2006 je bez výrazných rozdílů, v roce 2007 se zvyšuje a v roce 2008 dosahuje přibližně stejné hodnoty jako v roce 2007. Při minimalizačním zpracování v letech 2005–2006 je bez výrazných rozdílů, v roce 2007 se mírně zvyšuje a v roce 2008 jsou patrné nejnižší hodnoty. Průměrná kumulativní infiltrace $i(t)$ při minimalizačním zpracování je zhruba poloviční oproti kumulativní infiltraci $i(t)$ při klasickém zpracování. Tomu odpovídají i dosažené infiltrační rychlosti $v(t)$.

Tabulka 2a, 2b: Průměrné hodnoty parametrů infiltračních rovnic, K a klasifikace půdní propustnosti – H. Meziříčko, klasické a minimalizační zpracování půdy

Plodina	Rok	Tříparametrická rovnice Philipova typu						K	Skupina	Půdní propustnost
		C_1 cm.min ^{-1/2}	C_2 cm.min ⁻¹	C_3 cm.min ^{-3/2}	t_{lim} min	K cm.min ⁻¹	K m.den ⁻¹			
∅		1,4809	0,0718	0,0014	100,3773	0,1173	1,69	IV	střední	
∅ ozimy		1,5098	0,0383	0,0020	106,2013	0,0946	1,36	IV	střední	
∅ jařiny		1,4397	0,1195	0,0005	88,7294	0,1628	2,34	V	velká	
∅ hrách	2005	0,9009	0,1329	-0,0004	49,93	0,1186	1,71	IV	střední	
∅ pšenice	2006	0,8346	0,0994	0,0003	67,39	0,1142	1,64	IV	střední	
∅ ječmen	2007	1,8438	0,1095	0,0011	101,66	0,1776	2,56	V	velká	
∅ řepka	2008	1,9598	-0,0024	0,0031	116,01	0,0828	1,19	IV	střední	

Plodina	Rok	Tříparametrická rovnice Philipova typu						K	Skupina	Půdní propustnost
		C_1 cm.min ^{-1/2}	C_2 cm.min ⁻¹	C_3 cm.min ^{-3/2}	t_{lim} min	K cm.min ⁻¹	K m.den ⁻¹			
∅		1,2691	-0,0629	0,0048	93,1115	0,0584	0,84	IV	střední	
∅ ozimy		1,0783	-0,0438	0,0038	107,1522	0,0502	0,72	IV	střední	
∅ jařiny		1,4837	-0,0843	0,0059	72,0503	0,0706	1,02	IV	střední	
∅ hrách	2005	1,4666	-0,1085	0,0080	58,21	0,0966	1,39	IV	střední	
∅ triticales	2006	1,0563	-0,0166	0,0047	90,91	0,0728	1,05	IV	střední	
∅ kukuřice	2007	1,4940	-0,0698	0,0046	78,97	0,0577	0,83	IV	střední	
∅ pšenice	2008	1,0893	-0,0575	0,0034	115,28	0,0390	0,56	IV	střední	

Zdroj: vlastní

Obě experimentální plochy v souvislosti s použitou agrotechnickou operací vykazují vyšší kumulativní infiltraci $i(t)$ u jarních plodin, u ozimů přesahují 70 %. Při klasickém zpracování byla dosažena nejvyšší kumulativní infiltrace $i(t)$ v roce 2007 (ječmen jarní), minimální v roce 2006 (pšenice ozimá). Při minimalizačním zpracování byly dosaženy maxima v roce 2007 (kukuřice na zrno) a minima v roce 2008 (pšenice ozimá).

Diskuse

Pro hodnocení strukturního stavu půdy jako ukazatele vlivu použité technologie zpracování půdy se nepřímou používají změny objemové hmotnosti, pórovitosti a dalších půdních vlastností. V případě, že dojde ke zhoršení výše zmíněných fyzikálních parametrů půdy, projeví se to v celkovém hodnocení stavu půdního prostředí, tj. omezeným pohybem vody v půdě. To se prokázalo při opakovaném minimalizačním zpracování. Kumulativní infiltrace $i(t)$ je zhruba poloviční proti klasickému zpracování. Obě experimentální plochy v souvislosti s použitou agrotechnickou operací vykazují vyšší kumulativní infiltraci $i(t)$ u jarních plodin, u ozimů přesahuje 70 %. Při klasickém zpracování byla dosažena nejvyšší kumulativní infiltrace $i(t)$ u ječmene, minimální u pšenice. Při minimalizačním zpracování byly dosaženy maxima u kukuřice a minima u pšenice.

Odhadnuté hodnoty nasycené hydraulické vodivosti K jsou prokazatelně vyšší při klasickém zpracování, při minimalizačním zpracování jsou přibližně třetinové (průměr jařiny) až poloviční (celkový průměr, průměr ozimy). Obdobné výsledky prokázali další autoři (Kroulík et al. 2007; Matula 2003).

Z dosažených výsledků je patrné, že infiltrační vlastnosti půdy v jednotlivých experimentech jsou značně nestabilní. V půdě neustále dochází k výrazným změnám ve vnitřní struktuře půdního prostředí (kořenový systém, chodby půdních živočichů, povětrnostní podmínky a infiltrující srážky). Měřené infiltrační rychlosti $v(t)$ jsou ovlivněny počátečními podmínkami experimentu, tj. počátečním zvlhčením půdního profilu, ale i rozložením půdní vody v jednotlivých kategoriích pórů.

Závěr

Ve sledovaném období 2005–2008 nebyly pozorovány významné změny ve fyzikálních vlastnostech půdy u obou experimentálních ploch. Změny vyvolané zpracováním půdy se výrazně odráží v objemové hmotnosti redukované, která následně ovlivňuje další fyzikální parametry půdy, tj. pórovitost, vodní a vzdušný režim půdy.

Při klasickém zpracování v první polovině sledovaného období se objemová hmotnost výrazně nemění, v roce 2007 výrazně vzrůstá a v posledním roce je patrný pokles hodnot. Tyto hodnoty jsou obdobné jako v prvním roce sledování, vyšší hodnoty jsou patrné ve spodní vrstvě ornice. Kritické hodnoty byly prokázány pouze v roce 2007 v hloubce 20 cm $\rho_{dkritické} = 1,60 \text{ g.cm}^{-3}$, strukturní stav humusového horizontu je nevyhovující. V důsledku zvyšující

se objemové hmotnosti klesá pórovitost, v druhé polovině sledovaného období překračuje kritické hodnoty ve větších hloubkách ornice $P_{kritické} < 40$, ornice je velmi ulehlá. Nízký obsah pórů indikuje nízký obsah vzduchu v půdě a nedostatečný rozvoj kořenového systému. Zastoupení jednotlivých druhů pórů je nerovnoměrné, kapilární póry nedosahují optimální hodnoty, převažují nekapilární póry. V půdě není dostatek vody pro potřeby vegetace, voda se rychle ztrácí do spodiny. Nízká provzdušenost je patrná v letech 2005–2007 v hloubce 20 cm.

Při minimalizačním zpracování objemová hmotnost vzrůstá po dobu tří let, v posledním roce je patrný pokles a dosažené hodnoty se přibližují hodnotám na začátku sledovaného období. Při minimalizačním zpracování byly dosaženy kritické hodnoty objemové hmotnosti ve větších hloubkách ornice v druhé polovině sledovaného období. Strukturální stav humusového horizontu je hodnocen jako nevyhovující. Hodnoty pórovitosti se snižují v jednotlivých letech šetření, překročení kritických hodnot je patrné ve větších hloubkách ornice v letech 2007–2008. V první polovině sledovaného období je ornice ulehlá, v druhé polovině je velmi ulehlá. Nízký obsah pórů indikuje nízký obsah vzduchu v půdě a nedostatečný rozvoj kořenového systému. Zastoupení jednotlivých druhů pórů je nerovnoměrné, zastoupení kapilárních pórů nedosahuje optima, převažují nekapilární póry. V půdě je nízká zásoba vody pro potřeby vegetace, voda se ztrácí z dosahů kořenů rostlin. Nedostatečná provzdušenost je patrná v první polovině sledovaného období a v dalším roce pouze v hloubce 20 cm. Překročena je v posledním roce sledování v hloubce 10 cm.

Stav půdního prostředí je možné posuzovat na základě pohybu vody v půdě, tedy měřením infiltrace. Infiltrace vody do půdy při klasickém zpracování je výrazně vyšší, zatímco při minimalizačním zpracování je méně než poloviční. Tomu odpovídají i odhadnuté hodnoty nasycené hydraulické vodivosti K , které jsou při minimalizačním zpracování třetinové až poloviční. Pokud by na této ploše docházelo k dlouhodobému poklesu hodnot nasycené hydraulické vodivosti K_s , projeví se další negativní jevy, tj. zvýšení ulehlosti povrchové vrstvy a povrchového odtoku, nebezpečí eroze a snížení výnosů plodin. Pro zvýšení infiltračních a retenčních schopností půdy s minimalizačním zpracováním je třeba po konzultaci s příslušným specialistou navrhnout vhodná agrotechnická opatření podporující infiltrační kapacitu půdy.

Klasifikujeme-li propustnost půdy podle odhadu nasycené hydraulické vodivosti K [$\text{m} \cdot \text{den}^{-1}$], plocha s klasickým způsobem zpracování půdy a plocha s minimalizačním zpracováním půdy patří do odlišné skupiny půd. Půda s klasickým zpracováním vykazuje propustnost střední až velkou, půda s minimalizačním zpracováním vykazuje propustnost střední.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou výzkumného projektu MZe NAZV č. QH92298.

Reference

- DEXTER, A. R., 1997. Physical properties of tilled soils. *Soil & Tillage Research*. **43**(1–2), 41–63. ISSN 0167-1987.
- HADAS, A., 1997. Soil tilth the desired soil structural state obtained through proper soil fragmentation processes. *Soil & Tillage Research*. **43**(1–2), 7–40. ISSN 0167-1987.
- HOLÝ, M. et al., 1984. *Odvodňovací stavby*. SNTL/ALFA, Praha.
- HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 1960. *Podnebí ČSR - tabulky*. Praha: Hydrometeorologický ústav.
- KROULÍK, M. et al., 2007. Water infiltration into soil related to the soil tillage intensity. *Soil & Water Research* **2**(1), 15–24. ISSN 1801-5395.
- KUTÍLEK, M. a D. J. NIELSEN, 1994. *Soil Hydrology*. Cremlingen-Destedt: Catena. ISBN 3-923381-26-3.
- KUTÍLEK, M., 1984. *Vodohospodářská pedologie*. SNTL/ALFA, Praha.
- LHOTSKÝ, J., J. VÁCHAL a P. EHRlich, 1984. *Soustava opatření k zúrodnování zhutněných půd*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství.
- MATULA, S., 2003. The influence of tillage treatments on water infiltration into soil profile. *Plant, Soil and Environment*. **49**(7), 298–306. ISSN 1214-1178.

The minimization agrotechnologies and their impact on hydro-physical soil properties

This report analyses the efficiency of different technologies of soil cultivation (conventional and minimization) in terms of physical properties and water regime of soils, where the infiltration of surface water is a major component of subsurface water subsidy. Research on an experimental plot at the cadastral territory Horní Meziříčko proceeded from 2005–2008 on Cambisol, a light loamy soil with indistinctive structure and humus content of 1.5 %. Arable land on the experimental area was divided into two parts; one part was cultivated by applying classical technology and the other one by minimization technology. The plots were sowed alternately with winter crops and summer crops. Soil physical properties (actual soil water content, reduced bulk density, total porosity, maximal capillary water capacity, pores distribution and soil aeration) were established by analysis of 100 cm³ undisturbed soil sample from soil horizon (10, 20, 30 cm) according to standard methodology. To observe the infiltration characteristics of topsoil surface layers there was used double-cylinder method;

to evaluate the field measurement of infiltration there was used the three parameters equation of Philip type. This method provides a good estimation of saturated hydraulic conductivity K . The results of the experiment proved that when cultivating by minimization technology, physical characteristics of soil deteriorated (bulk density, porosity, consolidation of deeper layers of top soil horizon, lower activity of soil mezoedafon); consequently the retention and accumulation characteristics of the soil were lower. Owing to minimalization technology the soil cultivation infiltration rate $v(t)$ reduced approximately in half and estimated values saturated hydraulic conductivity K cut by 1/2 to 1/3 .

Keywords: tillage treatments, soil physical properties, infiltration, drench method, saturated hydraulic conductivity K_s

Kontaktní adresa:

Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D., Ústav vodního hospodářství krajiny, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veverí 95, 662 37 Brno, e-mail: kamenickova.i@fce.vutbr.cz

KAMENÍČKOVÁ, I., M. DUMBROVSKÝ a J. PODHRÁZSKÁ. Minimalizační agrotechnologie a jejich vliv na hydro-fyzikální vlastnosti půdy. *Littera Scripta*. 2011, 4(2), 179–191. ISSN 1802-503X.
