

Trvanlivost jednorázového prokypření zhutnělé vrstvy v půdním profilu

DURABILITY OF ONE-TIME LOOSENING OF COMPACTED LAYER IN SOIL PROFILE

Josef Hůla, Pavel Kovaříček, Marcela Vlášková – Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha

Periodické hluboké a středně hluboké kypření půdy je považováno za jedno z opatření, která mohou zlepšovat vlastnosti zhutnělých půd. Pochopitelně by měla být v praxi preferována preventivní opatření s cílem snížit rozsah a intenzitu nežádoucího zhutnění půd (1). Soudobé hospodaření na půdě je však spojeno s mechanickým zatížením půdy, kdy se tlaky pojezdových ústrojí strojů šíří v ornici i podorniči do hloubky, která je mimo dosah pracovních nástrojů strojů při běžném zpracování půdy. Únosnost půdy při jejím přejíždění se velmi liší, z tohoto hlediska je velmi důležitá především momentální vlhkost půdy. Zhutnělá vrstva v půdním profilu s poškozenou půdní strukturou může dlouhodobě nepříznivě působit na výnosy plodin a ztěžovat obhospodařování pozemků. Hluboké kypření je podle PULKRÁBKA ET AL. (2) vhodným zásahem k podpoře retenční schopnosti půdy zejména v podzimním a jarním období, což je významné při pěstování cukrové řepy.

Samotné nápravné kypření podorniči však nemusí vždy přinést příznivou odezvu ve výnosu plodin. Například OLESEN ET MUNKHOLM (3) nedoporučují pro podmínky dánského zemědělství kypření podorniči jako obecné opatření k nápravě zhutnělé půdy v této hloubce. Jiní autoři však zdůrazňují přínos kypření zhutnělých vrstev v půdním profilu především z důvodu zlepšení podmínek pro prorůstání kořenů plodin (4, 5). Další autoři uvádějí velmi rozdílné výsledky kypření podorniči s tím, že kladné efekty se mohou lišit na různých stanovištích a v různých ročních období. WONG ET ASSENG (6) upozorňují na možné negativní důsledky kypření zhutnělého podorniči, následuje-li suchý rok.

Nejednoznačné jsou výsledky autorů prací hodnotících délku trvání efektu prokypření zhutnělého podorniči. Častěji je uváděna životnost zásahu nápravného kypření kolem tří let (7, 8, 9), výjimečně pět až šest let. Existují však zkušenosti i s pouze krátkodobým efektem tohoto nápravného opatření v trvání jednoho roku (10, 11, 12). Půdy s narušenou půdní strukturou mají sklon k rychlejšímu návratu do nepříznivého stavu po samotném prokypření zhutnělé vrstvy.

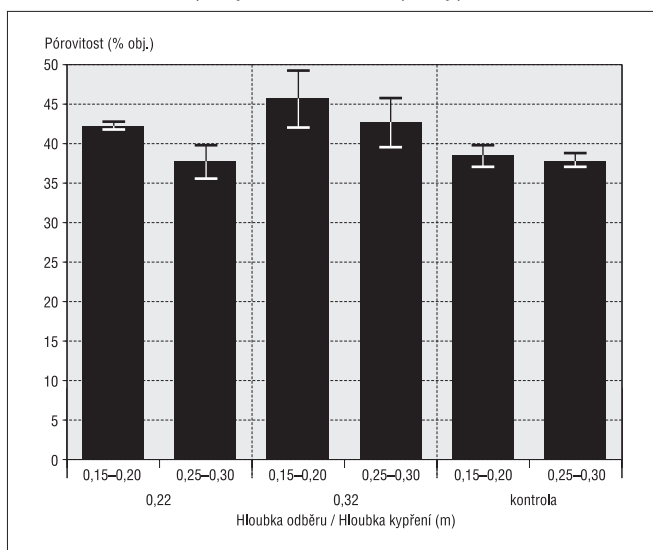
Je zdůrazněno zkrácení příznivého efektu hlubšího prokypření zhutnělé vrstvy, není-li kypření spojeno s podpůrnými opatřeními, jako je vápnění v příslušné hloubce půdy, zařazení hlubokokořenících plodin či snížení zatížení půdy přejezdů nebo uplatnění principu řízených přejezdů po půdě (13).

Materiál a metody

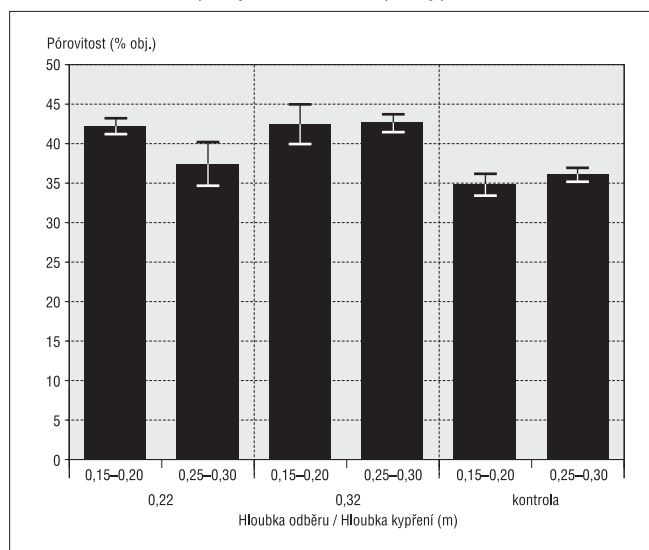
Poloprovozní polní pokus zaměřený na hodnocení trvanlivosti kypřicího zásahu u zhutnělé části půdního profilu byl založen ve třetí dekádě července (24. a 25. 7. 2007), po sklizni ozimé pšenice. Sláma pšenice byla podrcena a rozptýlena drtičem slámy na sklízecí mlátičce.

Průměrná vlhkost půdy v době kypření dlátovým kypřičem byla 13,1 % (procenta hmotnosti) v hloubce do 0,10 m a 10,7 % v hloubce 0,10–0,30 m. Tato vlhkost půdy je v souladu s doporučeními pro volbu kypřicího zásahu v příslušné hloubce (14). Půda měla drobnou konzistenci. Půdní druh

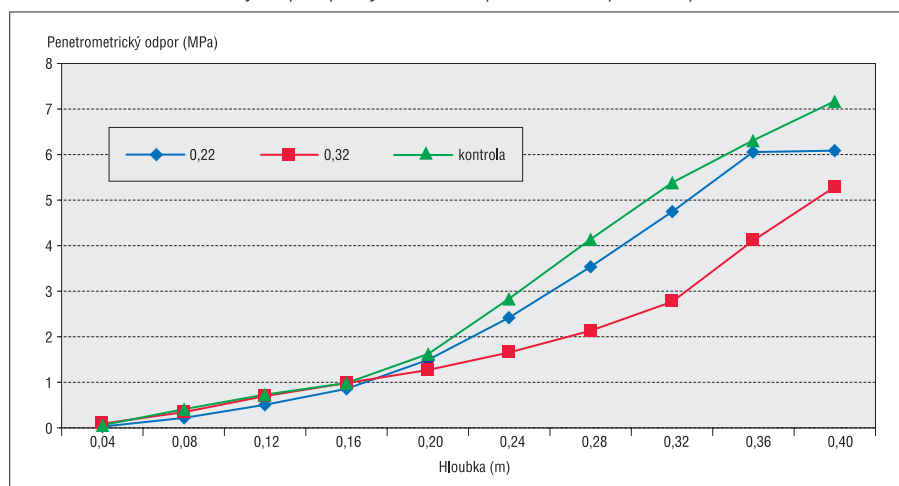
Obr. 1. Pórovitost půdy za 2,5 měsíce po kypření



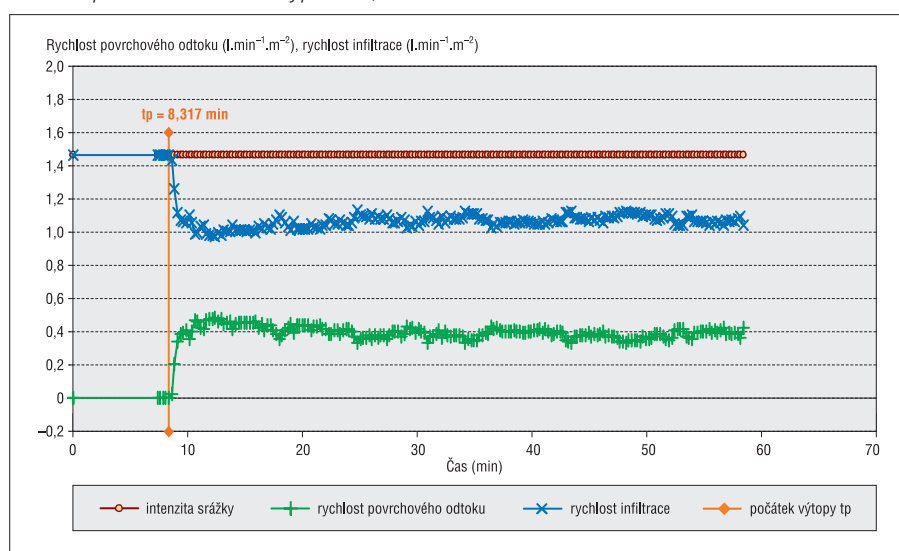
Obr. 2. Pórovitost půdy za 9 měsíců po kypření



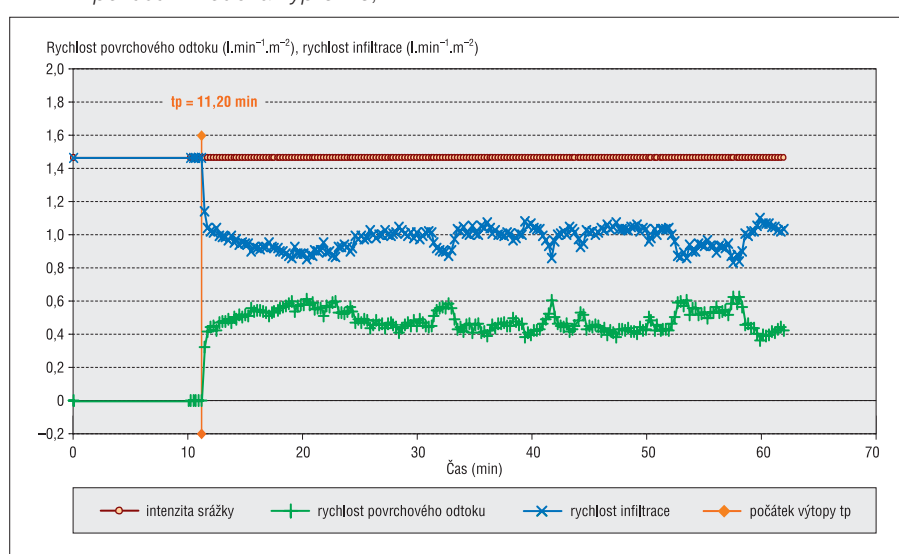
Obr. 3. Penetrometrický odpor půdy 9 měsíců po založení polního pokusu



Obr. 4. Infiltrace vody do půdy a povrchový odtok vody 2,5 měsíce od založení polního pokusu – hloubka kypření 0,32 m



Obr. 5. Infiltrace vody do půdy a povrchový odtok vody 2,5 měsíce od založení polního pokusu – hloubka kypření 0,22 m



byla písčitohlinitá půda (obsah částic menších než 0,01 mm činil 21,5 %), obsah C_{ox} byl 0,9 %.

Na pokusném pozemku byly zjištěny příznaky výrazného zhutnění půdy v hloubce 0,10 až 0,30 m v důsledku předchozích přejezdů po půdě a také víceletého využívání pouze mělkého zpracování půdy charakteru podmítky a opakovaného mělkého kypření do hloubky nepřesahující 0,10 m. Před kypřením dlátovým kypřičem byla průměrná hodnota objemové hmotnosti půdy redukovaná 1,72 g.cm⁻³ v hloubce 0,15–0,20 m a 1,69 g.cm⁻³ v hloubce 0,22–0,30 m, což ukazovalo na vysoký stupeň nežádoucího zhutnění půdy v uvedené hloubce půdního profilu. LHOTSÝ (14) uvádí pro písčitohlinitou půdu jako mezní hodnotu u objemové hmotnosti redukované 1,55 g.cm⁻³, vyšší hodnoty ukazují na nežádoucí zhutnění půdy. U celkové pórovitosti je pro tento půdní druh mezní hodnota 42 % objemu, nižší hodnoty pórovitosti pak jsou charakteristické pro zhutnělou půdu.

Pro kypření byl využit kombinovaný kypřič DMI Ecolo-Tiger s pracovním záběrem 4 m v soupravě s traktorem CASE 7250 (výkon motoru 192 kW). Zahloubení pracovních nástrojů (dlát) kypřiče bylo nastaveno na dvě různé hloubky 0,22 a 0,32 m. S tímto nastavením byly založeny dvě varianty polního pokusu. Kontrolní variantou byla půda kypřená pouze mělce talířovým kypřičem do hloubky méně než 0,10 m. Průměrná pojezdová rychlost pracovní soupravy s kypřičem DMI Ecolo-Tiger byla 6,2 km.h⁻¹.

Po založení polního pokusu se po dobu tří let na pozemku uskutečňovalo pouze mělké kypření do hloubky nepřesahující 0,10 m. Po založení polního pokusu byly na pokusných variantách pěstovány tyto plodiny: ozimé žito (2007/2008), ozimá řepka (2008/2009) a ozimá pšenice (2009/2010).

Při odběrech půdních vzorků, následných laboratorních rozbořech a při měření byly využity standardní metody používané při hodnocení vlivu zásahů zpracování půdy na fyzikální a další vlastnosti půdy – odběry neporušených půdních vzorků do Kopeckého válečku s jejich následným laboratorním rozbořem a měření penetrem PN-70. K měření infiltrace vody do půdy a povrchového odtoku vody byl využit simulátor deště vyvinutý ve VÚZT, v. v. i.

Výsledky a diskuse

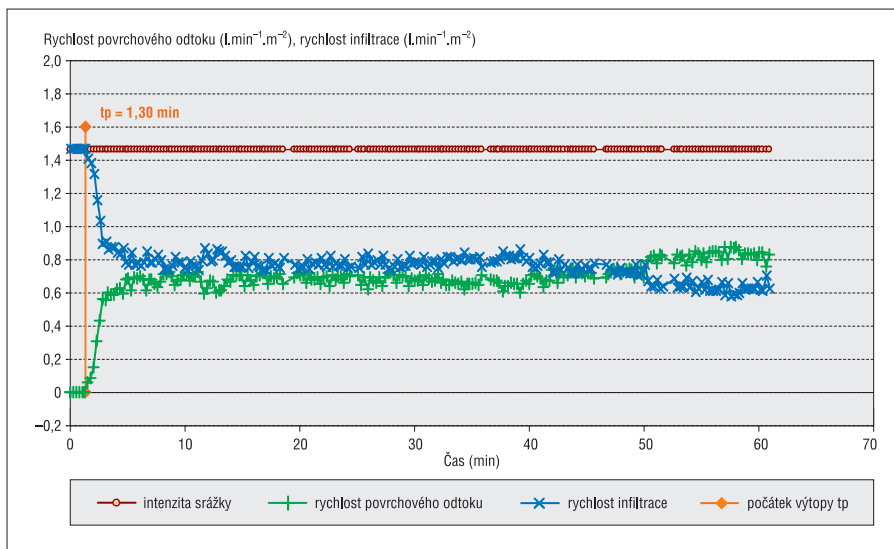
Na obr. 1. jsou znázorněny hodnoty celkové pórovitosti za 2,5 měsíce po založení polního pokusu. V tomto termínu odběru půdních vzorků se projevilo příznivé zvýšení pórovitosti půdy v důsledku prokypření zhutnělé půdy. Na jaře následujícího roku (duben 2008) se opět příznivě projevilo hlubší prokypření půdy do 0,32 m – příznivá pórovitost půdy do hloubky 0,30 m ve srovnání s kontrolní variantou – obr. 2. Z grafu jsou patrné nejvyšší hodnoty pórovitosti půdy v hloubce 0,25–0,30 m u varianty s největší hloubkou kypření.

Na obr. 3. jsou uvedeny hodnoty penetrometrického odporu půdy rovněž v dubnu 2008, v době, kdy vlhkost půdy byla příznivá pro použití metody penetrometrie. Z grafu je patrné, že do hloubky 0,20 m se hodnoty penetrometrického odporu mezi jednotlivými variantami lišily minimálně, v ornici ve větší hloubce byl zaznamenán nejnížší odpor u kypření do hloubky 0,32 m.

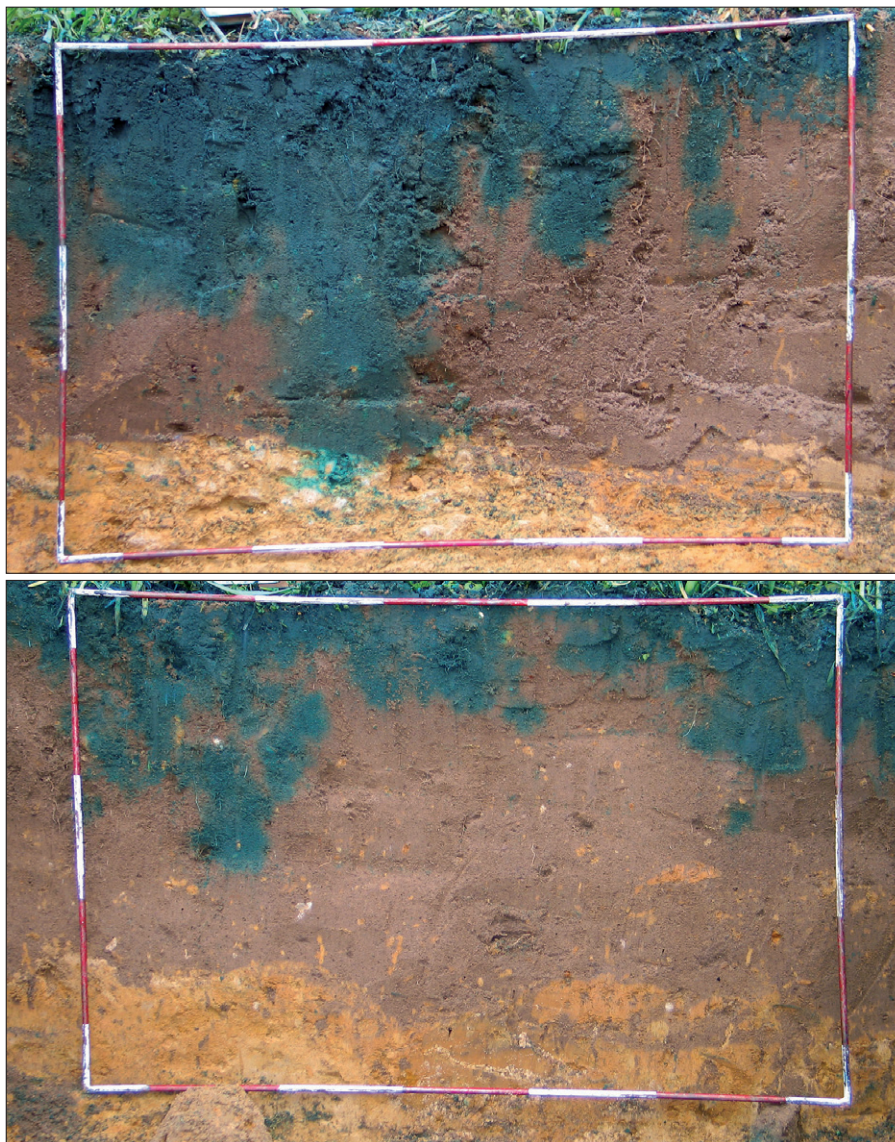
Za 2,5 měsíce po provedeném prokypření půdy do různé hloubky byla změřena schopnost půdy přijímat vodu při intenzivních srážkách. Byla zvolena metoda měření s využitím simulátoru deště. Nejnižší rychlost povrchového odtoku vody při simulovaném dešti byla naměřena po kypření do hloubky 0,32 m, což odpovídá hypotéze (obr. 4.), ovšem nebyl zjištěn výraznější rozdíl v hodnotách tohoto ukazatele oproti variantě s kypřením do hloubky 0,22 m (obr. 5.). Na variantě bez hlubšího prokypření půdy nastal velmi brzo po počátku simulace deště povrchový odtok vody (za 1,3 min), tedy situace, kdy nestačila všechna voda vsakovat do půdy (obr. 6.). Rychlost povrchového odtoku vody velmi brzy přesáhla hodnotu $0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ a na těchto hodnotách se ustálila. Na obr. 4. až 6. je dále znázorněna modrou barvou rychlost infiltrace vody do půdy.

Za 10 měsíců po prokypření byla posouzena propustnost půdy pro vodu metodou, při které se využívá zaplavení povrchu půdy vodou obarvenou potravinářským barvivem. Na obr. 7. jsou snímky stěny půdní sondy s rozdílnou hloubkou proniknutí obarvené vody. Po posouzení stěn půdní sondy na více místech bylo patrné zlepšení průniku vody směrem do hloubky po prokypření části profilu, který vykazoval příznaky nežádoucího zhutnění.

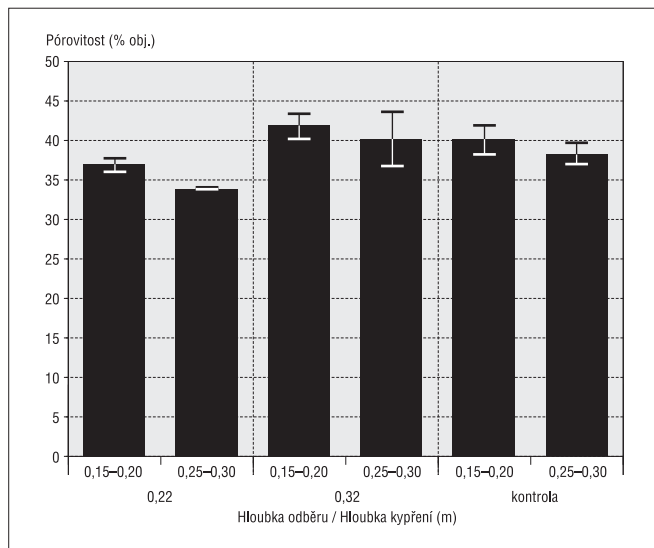
Obr. 6. Infiltrace vody do půdy a povrchový odtok vody 2,5 měsíce od založení polního pokusu – kontrola bez hlubšího kypření půdy



Obr. 7. Znázornění průniku vody do půdy po deseti měsících od kypření do různé hloubky: nahore po kypření do hloubky 0,32 m; dole bez hlubšího kypření



Obr. 8. Pórovitost půdy za 20 měsíců po kypření do různé hloubky



Pórovitost půdy v dubnu dalšího roku (2009), 20 měsíců po založení pokusu, je uvedena na obr. 8. V tomto termínu hodnocení fyzikálních vlastností půdy se již stíraly rozdíly v celkové pórovitosti v hloubce 0,15–0,20 m a 0,25–0,30 m mezi variantami pokusu.

V dubnu 2010 (32 měsíců po kypření), již nebyly zjištěny větší rozdíly pórovitosti půdy v hloubce 0,25–0,30 m mezi variantami pokusu (obr. 9.). Navíc hodnoty celkové pórovitosti půdy ukázaly na návrat půdy do nežádoucího stavu – hodnoty pórovitosti půdy nižší než 42 % objemu u písčitohlinité půdy. Nepodstatné rozdíly mezi variantami různé hloubky kypření a kontroly bez hlubšího kypření byly po uplynutí 32 měsíců od kypření do diferencované hloubky zaznamenány i u hodnot penetrometrického odporu půdy (obr. 10.).

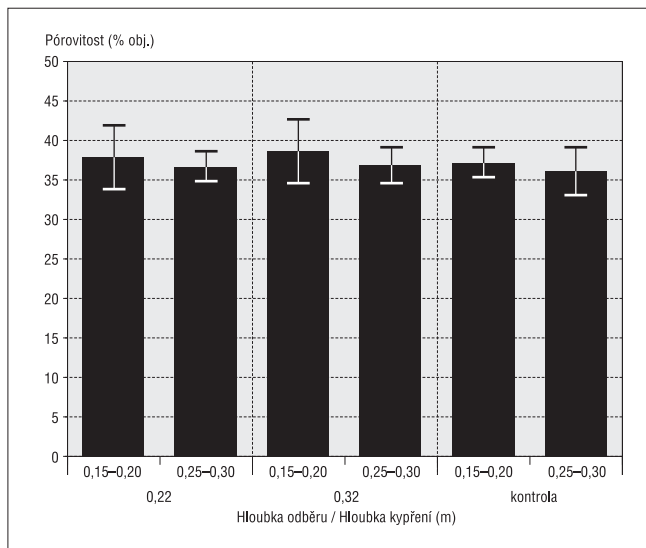
Uvedené výsledky hodnocení fyzikálních vlastností půdy v různě dlouhém časovém intervalu od jednorázového hlubšího prokypření půdy nápravného charakteru ukazují na časové omezení efektu zlepšení stavu půdy na tomto stanovišti. Prokypření ztuhlé vrstvy dlátovým kypřičem v letním období zlepšilo fyzikální vlastnosti půdy, trvanlivost zásahu však nepřesáhla další rok. To je argumentem pro uplatňování dalších známých opatření při hospodaření na půdě, především péči o půdní organickou hmotu a prevenci nežádoucího ztuhování půdy.

Výsledky polního pokusu zaměřeného na posouzení doby trvání efektu jednorázového hlubšího prokypření půdy nelze zobecňovat, platí pro uvedené stanoviště s písčitohlinitou půdou, která má sklon k vytváření ztuhlé části půdního profilu především v důsledku častých přejezdů po pozemcích. Výsledky hodnocení fyzikálních vlastností půdy jsou v souladu s výsledky těch autorů, kteří uvádějí spíše krátkodobé zlepšení stavu půdy po jednorázovém hlubším prokypření ztuhlé vrstvy (12, 11). Rozhodně se nepotvrdily údaje o trvanlivosti zásahu po dobu pěti až šesti let, ale ani po dobu tří až čtyř roků (8, 9).

Závěr

Nápravné kypření ztuhlých částí půdního profilu je součástí péče o půdy se sklonem ke zhoršování fyzikálních

Obr. 9. Pórovitost půdy za 32 měsíců po kypření do různé hloubky



vlastností. Vlastní kypřicí zásah je však možné považovat pouze za startovací opatření, jak uvádí LHOTSÝ (14). Součástí péče o půdy se sklonem k nežádoucímu ztuhování by měla být návazná opatření k posílení regenerace půdní struktury. Jedná se o opatření známá, ale v praxi často nedodržovaná. Platí to zejména o hnojení kvalitními organickými hnojivy a celkově o péči o organickou hmotu v půdě a zařazování hlubokokořenících plodin, které mají příznivý účinek na strukturu půdy (víceleté pícniny). Stále má platnost požadavek na preventivní opatření, zejména uvážlivé přejíždění po půdě v době, kdy má půda sníženou únosnost, tedy při vyšší vlhkosti půdy. Systém řízených přejezdů po pozemcích – CTF (Controlled Traffic Farming) je cestou k ochraně půdy před nežádoucím ztuhováním. Vzhledem k organizační náročnosti je uplatnění tohoto systému v praxi dosud omezené, i když v České republice mají již zemědělci zkušenosti s jeho zavedením v provozních podmínkách.

Výsledky uvedené v článku vznikly v rámci podpory výzkumného projektu MZe QJ1210263 a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚZT, v. v. i., RO0616.

Souhrn

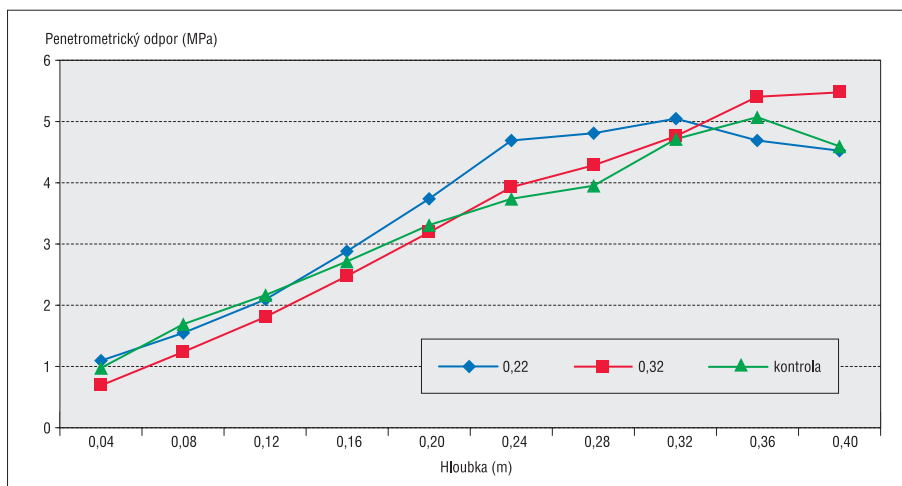
Článek je zaměřen na vyhodnocení doby trvání efektu prokypření ztuhlé vrstvy v půdním profilu na stanovišti s písčitohlinitou půdou. Zvýšení celkové pórovitosti půdy a snížení penetrometrického odporu půdy kypřením v letním období se projevilo v příštím roce. Po dvaceti měsících od kypření byl zjištěn postupný návrat půdy do nepříznivého stavu, kdy půda vykazovala snížené hodnoty celkové pórovitosti charakteristické pro ztuhlou půdu. Ukázalo se, že samotný kypřicí zásah na písčitohlinité půdě nezaručil déletrvající zlepšení fyzikálního stavu půdy. Výsledky polního pokusu jsou argumentem pro kombinaci jednorázového hlubšího kypření na deficitních půdách s dalšími opatřeními, především s prevencí nežádoucího ztuhování půdy a s hnojením organickými hnojivy.

Klíčová slova: ztuhlá půda; nápravné kypření; fyzikální vlastnosti půdy.

Literatura

1. CHAMEN, T. ET AL.: Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part 2. Equipment and field practices. *Soil and Tillage Research*, 73, 2003, s. 161–174.
2. PULKRÁBEK, J. ET AL.: Vliv hloubky uložení hnojiva při hlubokém kypření půdy na produkci cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 132, 2016 (9–10), s. 294–299.
3. OLESEN, J. E.; MUNKHOLM, L. J.: Subsoil loosening in a crop rotation for organic farming eliminated plough pan with mixed effects on crop yield. *Soil and Tillage Research*, 94, 2007, s. 376–385.
4. HAMILTON-MANNS, M. ET AL.: Subsoil loosening does little to enhance the transition to no-tillage on a structurally degraded soil. *Soil and Tillage Research*, 68, 2002, s. 109–119.
5. UNGER, P. W.; KASPAR, T. C.: Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal*, 86, 1994, s. 759–766.
6. WONG, M. T. F.; ASSENG, S.: Yield and environmental benefits of ameliorating subsoil constraints under variable rainfall in a Mediterranean environment. *Plant and Soil: An International Journal on Plant-Soil Relationships*, 297, 2007, s. 29–42.
7. IDE, G. ET AL.: Subsoiling: time dependency of its beneficial effects. *Soil and Tillage Research*, 10, 1987, s. 213–223.
8. TWOMLOW, S. J.; PARKINSON, R. J.; REID, I.: Temporal changes in soil physical conditions after deep loosening of a silty clay loam in SW England. *Soil and Tillage Research*, 31, 1994, s. 31–47.
9. CARTER, M. R.; KUNELIUS, H. T.: Influence of non-inversion loosening on permanent pasture productivity. *Canadian Journal of Soil Science*, 78, 1998, s. 237–239.
10. BUSSCHER, W. J.; SOJKA, R. E.; DOTY, C. W.: Residual effects of tillage on coastal plain soil strength. *Soil Science*, 141, 1986, s. 144–148.
11. EVANS, S. D. ET AL.: Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield. *Soil and Tillage Research*, 38, 1996, s. 35–46.
12. WILLIS, T. M. ET AL.: Soybean yield as affected by crop rotations, deep tillage and irrigation layout on a hard setting Alfisol. *Soil Till. Res.*, 44, 1997, s. 151–164.
13. LAL, R.; STEWART, B. A. (EDS.): *Soil Water Management and Agronomic Productivity*. CRC/Taylor & Francis. Boca Raton, 2012, 568 s.
14. LHOTSKÝ, J.: *Zhutňování půd a opatření proti němu*. Praha: ÚZPI, 2000, 61 s.

Obr. 10. Penetrometrický odpor půdy 32 měsíců od kypření do diferencované hloubky



Hůla J., Kovaříček P., Vlášková M.: Durability of One-time Loosening of Compacted Layer in Soil Profile

This article aims to evaluate the effect duration of compacted layer loosening in the soil profile on site with sandy-loam soil. An increase in total soil porosity and reduction of its penetrometric resistance by loosening in summer period was reflected in the following year. Twenty months after the loosening, a gradual return of soil to the unfavourable state was observed; this soil showed decreased values of total porosity typical of compacted soil. It was found that the actual loosening of the sandy-loam soil does not guarantee a long-lasting improvement in the physical state of the soil. The results of this field trial represent an argument for a combination of one-time deeper loosening of deficient soils with other measures, in particular with prevention of undesirable compaction of soil and with fertilization using organic fertilizers.

Key words: compacted soil, corrective loosening, physical properties of soil.

Kontaktní adresa – Contact address:

prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, 161 01 Praha 6, Česká republika, e-mail: josef.hula@vuzt.cz

