

VLIV NÍZKÝCH TEPLOT NA ROZPAD PŮDNÍCH ČÁSTIC TĚŽKÝCH PŮD

J. Kozlovsky Dufková

Došlo: 6. ledna 2010

Abstract

KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J.: *Influence of low temperatures on aggregate disruption of heavy clay soils*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 2, pp. 161–168

Heavy clay soils that are normally resistant to wind erosion, from study site Ostrožská Nová Ves situated in the foothills of the Bílé Karpaty Mountains, Czech Republic, were a subject of laboratory analyses. The analyses should found out the influence of overwinter processes on disruption of soil aggregates and thus reason of vulnerability to soil loss by wind. Two overwinter processes were observed – freezing and thawing, and freeze-drying of the soil. Both processes have indicated the increasing of erodible fraction in dependence of water content of analysed soils. Exposed frozen clay soils that freeze-dries during the winter in the foothills of Bílé Karpaty, leaves soils highly erodible in late winter and early spring.

wind erosion, heavy clay soils, overwinter processes, freeze/thaw, freeze/dry

Pro podmínky našeho státu uvádí Pasák (1994), že ochrana proti větrné erozi je potřebná v oblastech s četnými větry, kde průměrný roční úhrn srážek je pod 550 mm a současně lesnatost menší než 20 %, na lehkých, písčitých a hlinitopísčitých půdách. Určitá anomálie výskytu větrné eroze se nachází i na těžkých půdách v oblasti pod Bílými Karpaty. Proces větrné eroze působí v této oblasti převážně v zimním a předjarním období – tedy v období s nejnižšími srážkami a teplotami na začátku roku a v časném jaru. Těžké půdy zde za určitých klimatických podmínek získávají vlastnosti půd lehkých, výsušných. Mezi tyto podmínky lze zařadit zmrzávání a následné rozmrazování půdy, ovlhčování a vysychání půdy a především vysušení půdy mrazem (tzv. freeze-drying = sublimační sušení půdy účinkem mrazu, pozn. autorky) (Bullock et al., 2001). Navíc do této oblasti přicházejí extrémně silné výsušné větry, které se v jiných oblastech vůbec nevyskytují. Podle Švehlíka (2006) je tato oblast z hlediska větrné eroze výjimečná i ve světovém měřítku. Na základě výsledků jeho pozorování lze konstatovat, že na jihovýchodní Moravě v blízkosti Bílých Karpat dochází téměř každoročně v důsledku větrné eroze na erodovaných plochách ke snížení povrchu půdy o 4–5 mm. V ohniscích prашné bouře však není zvláštností vyfouknání ornice do hloubky 1–2 cm.

V širším pásmu eroze tak dochází ročně k průměrnému odnosu 0,4 mm ornice.

Cílem práce je zjistit, za jakých podmínek dochází k rozpadu půdních agregátů a k větrné erozi na těžkých půdách.

MATERIÁL A METODY

Ne každá těžká půda vyskytující se v oblasti Bílých Karpat je náchylná k větrné erozi. Z výzkumu vyplývá (Dufková, 2008), že větrná eroze na těžkých půdách se prokazatelně projevuje na půdách s hlavní půdní jednotkou (HPJ) 06, 07 a 20 (Tab. I).

Jako experimentální lokalita byla vybrána oblast u Ostrožské Nové Vsi (GPS = 49°0'21"N, 17°27'30"E, 249 m n. m., okres Uherské Hradiště) s půdami s HPJ = 07. Matečným substrátem je spraš s vyšším obsahem prachových částic a s četnými pseudomyceliemi uhličitanu vápenatého. Na spraších se vyvinuly černozemě pelické (CEp).

Průměrné vzorky půdy (Jandák et al., 2001) – cca 5 kg z povrchové vrstvy 0–2,5 cm (McKenzie et al., 2002), byly odebrány v době, kdy půda není chráněna vegetací ani sněhovou pokrývkou, tedy v době, kdy je nejvíce náchylná k odnosu větrem.

Podle Tatarky et al. (2001) má na rozpad půdních částic vliv nejen půdní vlhkost sama o sobě, ale také

I: Charakteristiky HPJ na erodovatelných těžkých půdách (Dufková, 2008)

I: Characteristics of main soil unit on erodible heavy clay soils (Dufková, 2008)

HPJ	06	07	20
Genetický půdní představitel	černozem	černozem	rendziny, hnědé půdy
Půdní druh	těžké půdy s vylehčeným epipedonem	těžké až velmi těžké	těžké až velmi těžké
Půdní substrát	slíny, jílovité břidlice	slíny, jílovité břidlice	slíny, měkké břidlice
Poznámka	znaky oglejení v epipedonu		slabě oglejené

forma a množství srážek. Z tohoto důvodu je vhodné odběry půdních vzorků provádět v obdobích, kdy se vyskytují různé formy srážek (Bullock et al., 2001):

- v období podzimním – s výskytem podzimních dešťů, příp. sněhu,
- v období zimním – s výskytem zimního sněhu (vzorky odebírány jen v době, kdy půda není kryta sněhem),
- v období jarním – s výskytem jarního sněhu, příp. deště.

Na vzduchu vyschlé vzorky půdy byly podrobeny agregátové analýze (López et al., 2007), při níž se na sítích zjistil obsah neerodovatelných částic v půdě (částic > 0,84 mm).

Neerodovatelné částice půdy byly následně v laboratorních podmínkách vystaveny působení nízkých teplot – jednak byl sledován proces „zmrznutí – rozmraznutí“, při kterém podle Chepila a Woodruffa (1954) dochází k rozpadu půdních částic vlivem expanze ledových krystalků, které se v půdních pórech vytvoří zmrznutím půdní vody a jednak byl sledován proces „vysušení půdy mrazem“, které nastává v případě zmrzlého povrchu půdy, teploty vzduchu nižší než 0 °C a vysoké rychlosti větru (de Jong et Kachanoski, 1988).

Podle Bullocka et al. (1999) je důležitým faktorem ovlivňujícím rozpad půdních částic půdní vlhkost. Z tohoto důvodu byly vzorky půdy, resp. neerodovatelné částice před vystavením nízkým teplotám ovlhčeny na následující vlhkosti vyskytující se reálně v přirozených podmínkách:

- plná vodní kapacita – vlhkost půdy při úplném zaplnění půdních pórů vodou,
- polní vodní kapacita – vlhkost půdy na hranici mezi kapilární a gravitační vodou,
- bod vadnutí – vlhkost půdy, při které jsou rostliny nedostatečně zásobeny vodou.

V procesu „zmrznutí – rozmraznutí“ se jako hraniční teplota považuje teplota -2 °C pro stav „zmrznutí“ a +2 °C pro stav „rozmraznutí“ (Bullock et al., 2001). Vzhledem k tomu, že v přirozených podmínkách dochází k tomuto procesu během zimy několikrát, byl cyklus „zmrznutí – rozmraznutí“ několikrát opakován. Po každém cyklu byla provedena agregátová analýza a zjištěn obsah neerodovatelných, resp. erodovatelných částic ve vzorku půdy. Neerodovatelné částice byly následně opětovně vystaveny procesu „zmrznutí – rozmraznutí“, aby bylo postupně možno zjistit, kolik cyklů je třeba k rozpadu všech půdních částic (tedy do doby, než částice, které zů-

stávají na sítu, budou mít konstantní hmotnost – nebudou se již dále rozpadat).

Podobně jako v předchozím případě byly laboratorní analýzy vedoucí k „vysušení půdy mrazem“ a následně k rozpadu půdních agregátů provedeny pro tři různé vlhkostní stavy půdy. Vzorky půdy se po dobu 24 hod vystavily působení teploty -40 °C (Bullock et al., 1999). Po „vysušení půdy mrazem“ se vzorky podrobily agregátové analýze a stanovil se obsah neerodovatelné, resp. erodovatelné frakce půdy. Částice, které po prosetí zůstaly na sítu, podstoupily výše popsaný proces znovu, až do doby, než na sítu nezůstaly žádné neerodovatelné částice nebo jejich hmotnost byla konstantní.

Výše popsaným analýzám byly prozatím podrobeny vzorky půdy z jarního odběru roku 2009. Analýzy budou nadále probíhat v podzimních, zimních a jarních obdobích let 2010 až 2012 a měly by napomoci ke zhodnocení podmínek, za kterých dochází k rozpadu půdních agregátů.

VÝSLEDKY A DISKUSE

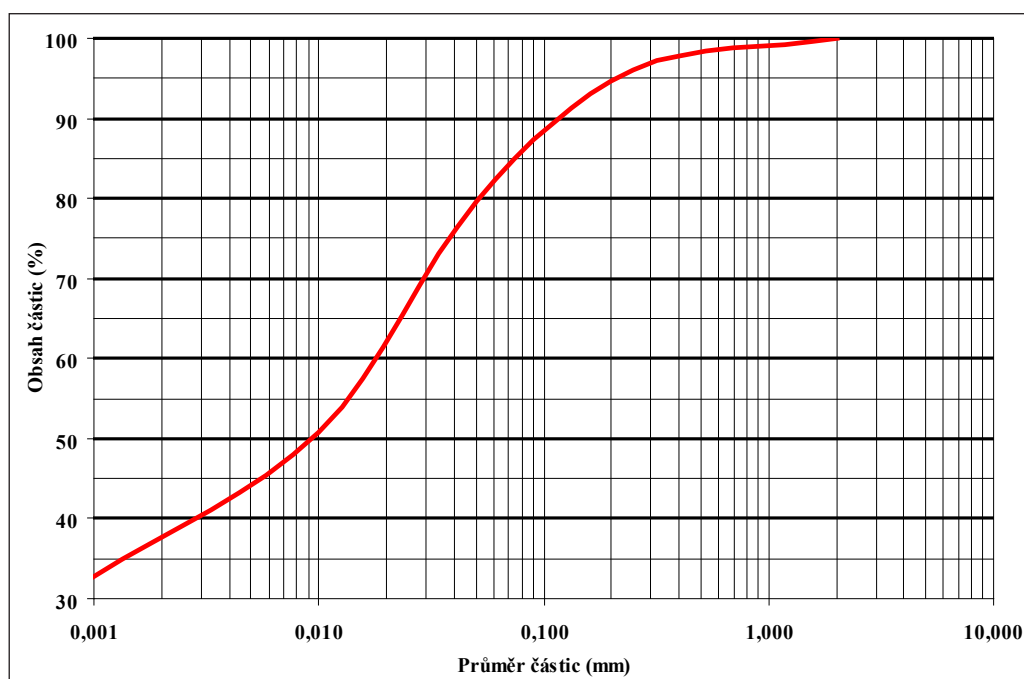
Odebrané vzorky půdy prošly také zrnitostním rozbořem, který zjistil mj. obsah jílnatých částic (částic < 0,01 mm) v půdě. Zrnitostní rozbor byl proveden metodou pipetovací (Jandák et al., 2001) a výsledky zachycuje zrnitostní křivka na Obr. 1.

Ze zrnitostní křivky na Obr. 1 lze pro kontrolu zjistit půdní druh – podle Novákovy klasifikace (Jandák et al., 2001) se jedná o půdu jílovitohlinitou.

Obsah neerodovatelných částic v půdě zjištěný na základě agregátové analýzy se pohybuje od 43,4 do 60,2 %. Další laboratorní analýzy posléze probíhaly pouze s těmito částicemi.

Neerodovatelné částice bylo nutno nasytit vodou na vlhkost odpovídající hydrolimitu plná vodní kapacita, polní vodní kapacita a bod vadnutí. Přesný postup nasycení vzorků půdy na vlhkost odpovídající hydrolimitu plná a polní vodní kapacita uvádí např. Jandák et al. (1989). Vlhkosti půdy odpovídající hydrolimitu bodu vadnutí lze u vzorků půdy dosáhnout nejlépe v přístroji, který se používá pro stanovení pF křivek. Vlhkost půdy rovnající se bodu vadnutí u těžké půdy má hodnotu pF = 4,2, čemuž odpovídá sací tlak 15 barů (= 15.000 hPa) (www.ejkelkamp.com).

Vzorky půdy o třech různých vlhkostních stavech byly podrobeny procesu „zmrznutí – rozmraznutí“ a procesu „vysušení půdy mrazem“. Veškeré výsledky se nacházejí v Tab. II–VII.



1: Zrnitostní křivka povrchové vrstvy půdy z lokality Ostrožská Nová Ves
 1: Soil aggregate analysis of the surface layer from the Ostrožská Nová Ves study area

II: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „zmrznutí – rozmrznutí“ při hydrolimitu bod vadnutí
 II: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/thaw process in case of water content approximately equal to wilting point

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic							
		počet cyklů „zmrznutí – rozmrznutí“							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1	41,6	26,9	24,6	22,4	21,0	20,3	20,0	19,7	19,5
2	42,3	29,0	27,3	25,1	22,8	21,1	19,8	19,5	19,4
3	41,2	25,0	24,1	23,0	21,6	20,7	19,6	19,3	19,3
Průměr	41,7	27,0	25,3	23,5	21,8	20,7	19,8	19,5	19,4

III: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „zmrznutí – rozmrznutí“ při hydrolimitu polní vodní kapacita
 III: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/thaw process in case of water content approximately equal to field capacity

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic				
		počet cyklů „zmrznutí – rozmrznutí“				
		1.	2.	3.	4.	5.
1	56,6	31,4	26,3	21,0	20,3	20,0
2	51,0	29,0	25,1	20,8	19,6	19,6
3	45,4	26,4	23,5	19,6	19,0	18,8
Průměr	51,0	28,9	25,0	20,5	19,6	19,5

IV: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „zmrznutí – rozmrznutí“ při hydrolimitu plná vodní kapacita
 IV: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/thaw process in case of water content approximately equal to saturation

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic			
		počet cyklů „zmrznutí – rozmrznutí“			
		1.	2.	3.	4.
1	43,7	30,5	25,8	20,2	20,0
2	42,7	27,5	23,1	19,0	18,8
3	43,2	29,1	24,5	19,1	19,0
Průměr	43,2	29,0	24,5	19,4	19,3

V: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „vysušení půdy mrazem“ při hydrolimitu bod vadnutí

V: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/dry process in case of water content approximately equal to wilting point

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic						
		počet cyklů „vysušení půdy mrazem“						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	39,8	26,7	25,0	23,5	21,7	20,3	18,6	18,5
2	44,5	29,7	27,3	25,7	24,6	21,0	18,9	18,8
3	42,1	28,2	27,1	25,8	24,1	21,8	18,9	18,9
Průměr	42,1	28,2	26,5	25,0	23,5	21,0	18,8	18,7

VI: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „vysušení půdy mrazem“ při hydrolimitu polní vodní kapacita

VI: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/dry process in case of water content approximately equal to field capacity

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic			
		počet cyklů „vysušení půdy mrazem“			
		1.	2.	3.	4.
1	45,8	29,1	23,0	19,5	19,4
2	43,6	26,4	22,2	17,9	17,9
3	41,5	23,7	18,8	16,8	16,6
Průměr	43,6	26,4	21,3	18,1	18,0

VII: Pokles obsahu neerodovatelných částic po procesu „vysušení půdy mrazem“ při hydrolimitu plná vodní kapacita

VII: Decrease in nonerodible aggregates content after freeze/dry process in case of water content approximately equal to saturation

Vzorek č.	původní vzorek	% obsah neerodovatelných částic	
		počet cyklů „vysušení půdy mrazem“	
		1.	2.
1	51,5	18,5	18,4
2	48,3	18,0	17,7
3	54,6	19,1	19,1
Průměr	51,5	18,5	18,4

Z uvedených výsledků je patrné, že nejvyšší počet cyklů „zmrznutí – rozmraznutí“ (osm cyklů) potřebných k tomu, aby se ustálilo množství neerodovatelných částic na konstantní hodnotě, je potřeba u vzorků půdy ovlhčených na hydrolimit bod vadnutí, nejnižší počet (čtyři cykly) potom u půdy, jejíž vlhkost odpovídá plné vodní kapacitě.

Podobně je tomu u výsledků z analýzy „vysušení půdy mrazem“ – nejvyšší počet cyklů (celkem sedm cyklů) je zaznamenán u vzorků půdy, které měly vlhkost odpovídající bodu vadnutí a nejnižší počet u půdy ovlhčené na hydrolimit plná vodní kapacita (stačily pouze dva procesy přemrznutí).

Z výsledků analýz vyplývá vliv vlhkosti půdy na rozpad půdních agregátů v podmínkách nízkých teplot. Čím vyšší obsah vody půdní částice obsahovaly, tím rychlejší byl jejich rozpad účinkem mrazu.

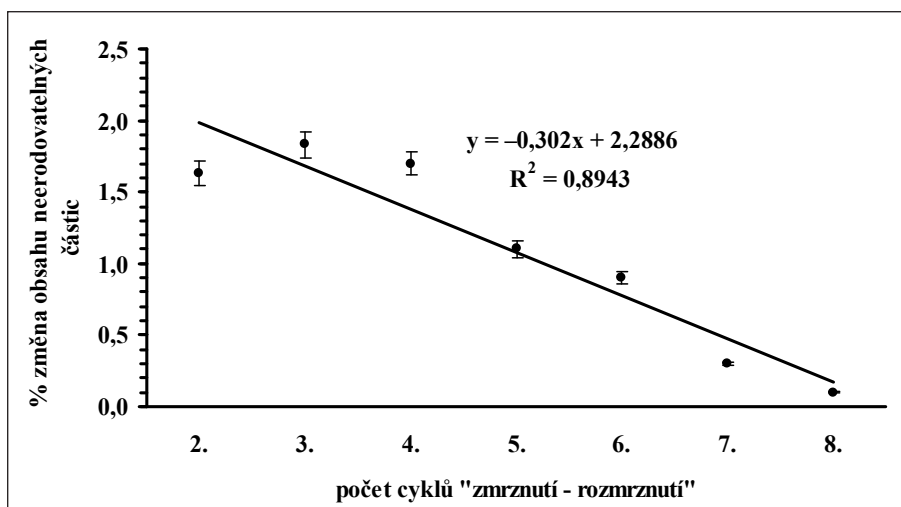
Výsledky práce Bullocka et al. (2001) uvádějí, že pro rozpad půdních agregátů v zimním období jsou nejdůležitější srážky, které přímo ovlivňují obsah vody v půdě těsně před tím, než nastane zmrznutí půdy.

Vztah mezi obsahem vody v půdě v době zmrznutí a rozpadem půdních částic uvádějí také Anderson a Wenhardt (1966). Autoři zjistili, že plně zavlažené půdy jsou mnohem náchylnější k rozpadu půdních částic díky procesu „vysušení půdy mrazem“ než půdy, které nebyly zavlažovány.

Při statistickém zpracování získaných dat byla zjištěna lineární závislost procentuální změny obsahu neerodovatelných částic na počtu cyklů „zmrznutí – rozmraznutí“. Korelační koeficient nabývá hodnot od 0,9457 (u půdy ovlhčené na hydrolimit bod vadnutí) (Obr. 2) do 0,8185 (při hydrolimitu plná vodní kapacita). Jedná se o význačnou až velkou korelační závislost zpracovávaných údajů (Pavlík, 2005).

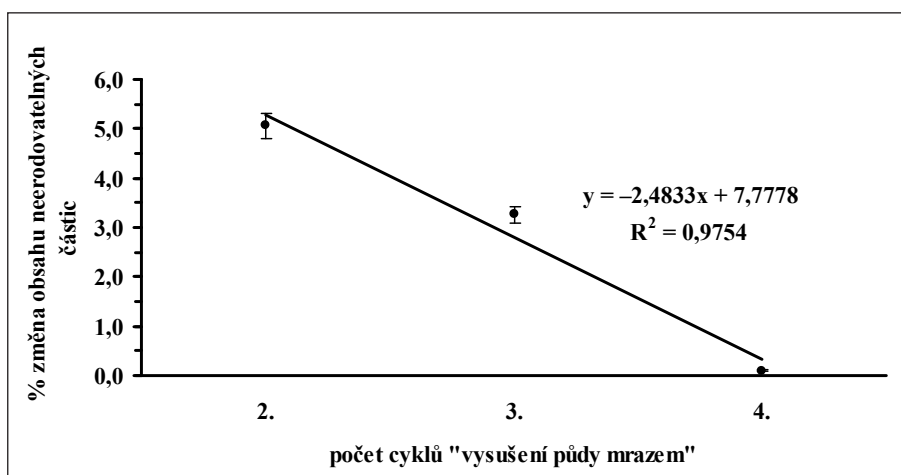
Lineární regresní přímka a tedy lineární závislost byla zjištěna také u procesu „vysušení půdy mrazem“. Korelační koeficient závislosti procentuální změny obsahu neerodovatelných částic na počtu cyklů „vysušení půdy mrazem“ se pohybuje v rozmezí 0,9876 (při hydrolimitu polní vodní kapacita) (Obr. 3) až 0,3277 (při hydrolimitu bod vadnutí).

Chybové úsečky zanesené do grafů na Obr. 2 a 3 graficky vyjadřují potenciální chyby (směrodatné odchylky) vzhledem ke každé datové značce v datové řadě. V grafech je zobrazena potenciální 5% kladná i záporná chyba.



2: Lineární závislost procentuální změny obsahu neerodovatelných částic na počtu cyklů „zmrznutí – rozmrznutí“ (při hydrolimitu bod vadnutí)

2: Linear dependence of percentage change of the nonerodible aggregates content on the number of freeze/thaw cycles (with soil water content approximately equal to wilting point)



3: Lineární trend závislosti procentuální změny obsahu neerodovatelných částic na počtu cyklů „vysušení půdy mrazem“ (při hydrolimitu polní vodní kapacita)

3: Linear dependence of percentage change of the nonerodible aggregates content on the number of freeze/dry cycles (with soil water content approximately equal to field capacity)

SOUHRN

Větrná eroze, jev typický pro lehké výsušné půdy, se na několika místech České republiky vyskytuje i na půdách těžkých. Mezi lokality, kde je tato anomálie zejména v jarním období pozorována, patří podhůří Bílých Karpat a okolí obce Klapý v okrese Litoměřice. Práce se snaží zjistit, za jakých podmínek dochází k tomuto, ve světě ojedinělému jevu. Z výzkumů provedených v České republice vyplývá, že větrná eroze na těžkých půdách se prokazatelně projevuje jen na půdách s hlavní půdní jednotkou 06, 07 a 20. Z experimentů proběhlých v USA je patrné, že rozpad půdních agregátů ovlivňují především klimatické podmínky v zimním období, konkrétně proces zmrznutí a následného rozmrznutí půdy a proces vysušení půdy mrazem. Neerodovatelné částice půdy (částice > 0,84 mm) byly proto v laboratorních podmínkách vystaveny působení nízkých teplot. Jednak byl sledován proces „zmrznutí – rozmrznutí“, při kterém dochází k rozpadu půdních částic vlivem expanze ledových krystalků, které se v půdních pórech vytvoří zmrznutím půdní vody, a jednak byl sledován proces „vysušení půdy mrazem“, které nastává v případě zmrzlého povrchu půdy, teploty vzduchu nižší než 0 °C a vysoké rychlosti větru. Oba procesy byly v laboratorních podmínkách několikrát opakovány, aby bylo možno zjistit, kolik cyklů je třeba k rozpadu všech půdních částic. Rozpad půdních částic v terénních podmínkách ovlivňuje také vlhkost půdy a forma srážek. Z tohoto důvodu byly vzorky půdy odebírány v těch obdobích roku, ve kterých se vyskytují různé formy srážek doprovázených

nízkými teplotami – v období podzimním, zimním a jarním. Vzorke půdy byly navíc před laboratorními analýzami ovlhčeny na vlhkosti vyskytující se reálně v přirozených podmínkách – na vlhkosti odpovídající hydrolimitům plná vodní kapacita, polní vodní kapacita a bod vadnutí. Z výsledků analýz vyplývá vliv vlhkosti půdy na rozpad půdních agregátů v podmínkách nízkých teplot. Čím vyšší obsah vody půdní částice obsahovaly, tím rychlejší byl jejich rozpad účinkem mrazu. Při statistickém zpracování získaných dat byla zjištěna lineární závislost procentuální změny obsahu neerodovatelných částic jak na počtu cyklů „zmrznutí – rozmraznutí“, tak na počtu cyklů „vysušení půdy mrazem“. Korelační koeficient se pohyboval v rozmezí hodnot 0,9457 až 0,8185 (u procesu „zmrznutí – rozmraznutí“) a od 0,9876 do 0,3277 (u procesu „vysušení půdy mrazem“). Výše popsané analýzy budou prováděny i nadále vždy v podzimních, zimních a jarních měsících let 2010 až 2012 a měly by napomoci ke zhodnocení podmínek, za kterých dochází k rozpadu půdních agregátů. Zároveň s laboratorními analýzami bude probíhat i terénní měření teploty a vlhkosti půdy ke stanovení počtu cyklů „zmrznutí – rozmraznutí“ a „vysušení půdy mrazem“ v přirozených podmínkách.

větrná eroze, těžké půdy, přemrzání půdy, proces „zmrznutí – rozmraznutí“, proces „vysušení půdy mrazem“

SUMMARY

Wind erosion is a typical phenomenon for light-textured soils however it can occur also on heavy clay soils in some parts of the Czech Republic. Soils, where the anomaly can appear in spring especially, are situated in the foothills of the Bílé Karpaty Mountains and in the neighbourhood of Klapý village near Litoměřice. The study tries to clarify the conditions which are the source of the problem of wind erosion on heavy clay soils. According to some experiments that were made in the U.S., the soil aggregate disruption is influenced above all by the climatic conditions in winter – effects of freeze/thaw and freeze/dry processes. Nonerodible soil aggregates (aggregates > 0,84 mm in diameter) were exposed to the effect of low temperatures in the laboratory conditions. Effects of freeze/thaw and freeze/dry processes were observed. Freezing process of moist soil during winter causes expansion of ice crystals within aggregates, and subsequent shattering. Freeze-drying occurs when the soil is exposed to a combination of the right climatic conditions – frozen soil surface, air temperatures of ~ 0 °C, and high wind speeds. Both of processes were repeated several times to find out how many cycles are needed for disruption of all the nonerodible aggregates. The soil aggregate disruption in the field conditions is influenced above all by the water content of the soil and form of precipitation. Hence, the soil aggregates were sampled in three overwinter periods with occurrence of different form of precipitation – in autumn, winter, and spring period. Before the laboratory analyses the soil samples were wetted to water contents approximately equal to saturation, field capacity, and wilting point. The laboratory analyses have shown the influence of overwinter processes and soil humidity on disruption of soil aggregates. The most water soil contains the most vulnerable to wind erosion is, because of faster disruption of the soil aggregates. Linear relation of percentage change of nonerodible aggregates content on the number of freeze/thaw cycles as well as freeze/dry cycles results from statistical analyses. Coefficient of correlation goes from 0,9457 to 0,8185 (for freeze/thaw process) and from 0,9876 to 0,3277 (for freeze/dry process). The analyses will continue for the next period of 2010–2012 to find out which of the autumn, winter, or spring periods have significant impact on the aggregate disruption. Field measurement of soil humidity and temperature will run to specify how many freeze/thaw and freeze/dry cycles is needed for the soil aggregate disruption in the field conditions.

Poděkování

Práce je první publikovanou studií v České republice zabývající se výzkumníky opomíjenou problematikou větrné eroze na těžkých půdách. Již sama metodika práce přináší originální postupy, které nebyly v našich podmínkách doposud praktikovány. Práce by nemohla vzniknout bez podpory NAZV, která financuje projekt č. QH82099 „Kritéria rozvoje větrné eroze na těžkých půdách a možnosti jejího omezení biotechnickými opatřeními“ (doba řešení 2008–2012). Příspěvek přináší první výsledky projektu zabývajícího se zhodnocením podmínek, za kterých dochází k anomálii, která nemá ve střední Evropě období – k větrné erozi na těžkých půdách.

LITERATURA

ANDERSON, C. H. et WENHARDT, A., 1966: Soil erodibility, fall and spring. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 46, p. 255–259.

BULLOCK, M. S., LARNEY, F. J., MCGINN, S. M. et IZAURRALDE, R. C., 1999: Freeze-drying processes and wind erodibility of clay loam soil in southern Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 79, p. 127–135.

- BULLOCK, M. S., LARNEY, F. J., IZAURRALDE, R. C. et FENG, Y., 2001: Overwinter changes in wind erodibility of clay loam soils in Southern Alberta. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 65, p. 423–430.
- DE JONG, E. et KACHANOSKI, R. G., 1988: Drying of frozen soils. *Journal of Soil Science*, Vol. 68, p. 807–811.
- DUFKOVÁ, J., 2008: Větrná eroze na těžkých půdách. In: 12. pedologické dny *Antropogenní zatížení půd*, Kostelec nad Černými lesy. Česká pedologická společnost, Katedra pedologie a ochrany půd FAPPZ ČZU v Praze, 16.–17. 09. 2008, s. 24–29. ISBN 978-80-213-1879-3
- CHEPIL, W. S. et WOODRUFF, N. P., 1954: Estimations of wind erodibility of field surfaces. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 9, p. 257–265.
- JANDÁK, J., GROH, J., PRAX, A., PŘÁDKOVÁ, E., 1989: Cvičení z půdoznalství. *Skriptum VŠZ v Brně*. Dotisk Brno: VŠZ v Brně. 213 s.
- JANDÁK, J., PRAX, A. et POKORNÝ, E., 2001: Půdoznalství. *Skriptum MZLU v Brně*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně. 142 s. ISBN 80-7157-559-3.
- LÓPEZ, M. V., HERRERO, J. M., HEVIA, G. G., GRACIA, R. et BUSCHIAZZO, D. E., 2007: Determination of the wind-erodible fraction of soils using different methodologies. *Geoderma*, Vol. 139, p. 407–411.
- MCKENZIE, N., COUGHLAN, K. et CRESWELL, H., 2002: *Soil physical measurement and interpretation for land evaluation*. Csiro Publishing, 392 p.
- PASÁK, V., 1994: Větrná eroze půdy. *Úroda*, roč. 42, č. 9, s. 12–13.
- PAVLÍK, J., 2005: *Aplikovaná statistika*. 1. vyd. VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-569-2.
- ŠVEHLÍK, R., 2006: *Historický výzkum větrné eroze půdy na Jihovýchodní Moravě v období 1957–2006*. 28 s.
- TATARKO, J., WAGNER, L. E. et BOYCE, C. A., 2001: Effects of overwinter processes on stability of dry soil aggregates. In: *Soil erosion research for the 21st century*, Honolulu, Hawaii, USA, 03.–05. 01. 2001, p. 459–462.
- <http://www.eijkelkamp.com>

Adresa

Ing. Jana Kozlovsky Dufková, Ph.D., Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: janadufkova@email.cz

