

Povodně a sucho – krajina jako základ řešení 2. Organická hmota a vodní retenční kapacita půd

Jednou z velmi významných ekologických funkcí půdy je retence a akumulace vody v suchozemských ekosystémech a v krajině. Zdravá půda vodu účinně zadržuje a současně reguluje její dostupnost pro rostliny. Schopnost půdy zadržovat vodu (vodní retenční kapacitu půd) určuje celá řada faktorů prostředí, z nichž nejdůležitější jsou půdní zrnitost, struktura, hloubka půdního profilu a vlastnosti podpovrchových půdních horizontů. V následujícím textu krátce vysvětlíme vliv těchto faktorů prostředí a pak se soustředíme na strukturotvornou funkci půdní organické hmoty a roli půdních organismů. Ukážeme, jak se vlivem zemědělského obhospodařování snižuje obsah organické hmoty v půdách České republiky a nakonec uvedeme stručné doporučení, jak co nejlépe ochránit kvalitu našich půd.

Pokud je půda v dobrém stavu, zadrží hodně vody, a tím účinně reguluje její odtok z krajiny. Vodní retenční kapacita půd je dána infiltrací vody do půdy a schopností vodu udržet v půdním profilu, a závisí na mnoha faktorech. K nejdůležitějším patří textura půdy (odvozena z velikosti půdních částic a jejich chemismu), struktura půdy, která určuje prostorové uspořádání částic a volných prostorů a tím i velikost a rozložení půdních pórů a objemovou hmotnost půdy, dále hloubka půdního profilu a vlastnosti podpovrchových horizontů.

Zatímco texturu, podpovrchové horizonty a hloubku půdního profilu člověk svou činností jen tak neovlivní, na půdní strukturu může příliš intenzivním hospodařením snadno působit. Degradace půdy spojená se zhoršením jejích strukturálních vlastností se stala častým problémem v intenzivně obhospodařovaných oblastech (obr. 3).

Zhoršení půdní struktury vychází především z úbytku organické hmoty a s tím souvisejícího úbytku půdních organismů (edafonu; viz také seriál J. Ruska Živá půda

v Živě 2000, 1–6), které jsou pro tvorbu a funkci kvalitních půd naprosto nepostradatelné. Zhoršená půdní struktura a snížená pórovitost také zvyšují riziko tvorby povrchových krust, které znemožňují vsakování vody a urychlují její odtok.

Struktura půdy závisí na textuře, obsahu a kvalitě organické hmoty a na procesech v půdním prostředí, z nichž k nejpodstatnějším patří rozklad organické hmoty, aktivita kořenů a půdních organismů. Základ půdní struktury tvoří hrudky nazývané agregáty. Vznikají slepováním bakterií a jílových částíček s houbovými vlákny, hrubšími minerálními částicemi, kořeny a nerozloženými zbytky rostlin (obr. 4). Mikroorganismy uvnitř agregátů zůstávají aktivní, rozkládají organické zbytky i odumřelé mikroorganismy, a tím v agregátu vznikají póry. Stabilita a architektura agregátů zlepšují půdní pórovitost tím, že se zvyšuje zastoupení kapilárních pórů, v nichž zůstává voda dostupná pro rostliny. Dále zlepšují provzdušněnost, vododržnost i schopnost vázat živiny. Agregáty jsou

podmínkou rozvoje života v půdě a tedy tvorby kvalitních půd. Póry mezi i uvnitř agregátů zajišťují výměnu plynů, tok vody a živin, prorůstání kořenů a houbových hyf, pohyb půdních organismů neschopných vytvářet si vlastní cesty a poskytují životní prostor pro veškerý edafon.

Pokud jsou agregáty stabilní a snadno se nerozplaví ve vodě, mají půdy dobrou strukturu. Jsou pórovité, představují vhodné prostředí pro rozvoj rostlin a půdních organismů, současně mohou zadržovat hodně vody. Naopak nestabilní agregáty se ve vodě rychle rozdělí na jednotlivé částičky a půda má špatnou strukturu – snadno se slévá, utužuje a vytvářejí se škraloupky nepropustné pro vodu a vzduch.

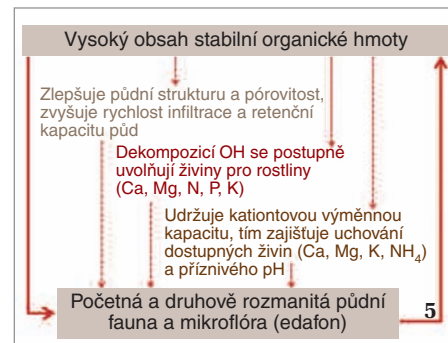
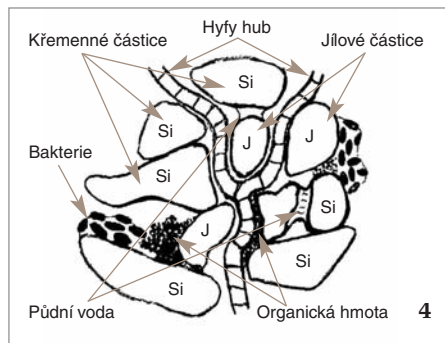
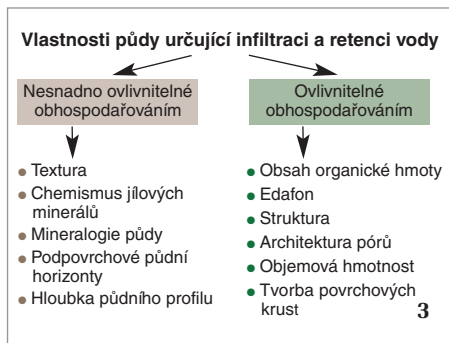
Akumulace organické hmoty a role půdních organismů

Půdní organická hmota vzniká postupnou přeměnou rostlinných a živočišných zbytků vstupujících do půdy. Tam se stávají potravou pro půdní organismy, které ji částečně zabudují do vlastní biomasy a organických produktů metabolismu, nebo ji přemění v procesech respirace na oxid uhličitý. Při zabudování rostlinných zbytků do biomasy a metabolitů mluvíme o transformaci organické hmoty, v případě přeměny na oxid uhličitý jde o mineralizaci organické hmoty, čímž z půdy mizí. Mrtvá, ale i živá těla půdních organismů jsou zdrojem potravy pro další organismy, v půdě se tvoří složité potravní sítě a pokračuje zmíněná transformace a mineralizace. V současnosti snad už nikdo nepochybuje, že veškerý organický materiál, který se dostane do půdy, musí být přeměněn aktivitou půdních organismů, než se z něj stane kvalitní půdní organická hmota. Produkované organické látky, ale i těla půdních mikroorganismů vstupují do fyzikálně-chemických interakcí, vzniká organo-minerální komplex a agregáty. Organická hmota se postupně stabilizuje (obr. 5).

Během vývoje půd se organická hmota hromadí v závislosti na produkci rostlinného materiálu (primární produkce), rychlosti transformace a mineralizace vstupujícího

- 1 Terasy na jižní Moravě zabraňující erozi zemědělské půdy. Foto D. Vaněk
- 2 Pěstování cukrové řepy je spojeno s intenzivní kultivací a aerací půdy. Tím probíhá rychlejší mineralizace organické hmoty a ochuzování půdy. Pole u obce Podůlší v okrese Jičín. Foto M. Batysta





materiálu a schopnosti půdy organickou hmotu vázat a stabilizovat. K hromadění dochází pouze tehdy, když primární produkce (tedy vstup organické hmoty do půdy) převyšuje její mineralizaci. V přirozených ekosystémech se organická hmota akumuluje až do okamžiku, kdy se jí půda „nasytí“ a dosáhne rovnovážného stavu. Pak se vstupy organické hmoty vyrovnají s mineralizací a půdy mají dlouhodobě ustálený obsah uhlíku, daný velikostí primární produkce, jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi a klimatem. Tento stav trvá, než dojde k nějaké dlouhodobé změně, např. snížení primární produkce, změně teplotních a vlhkostních poměrů nebo narušení půdy (disturbanci). Disturbance, ať už přirozená nebo antropogenní, vede obvykle ke zvýšení mineralizace organické hmoty, která převáží nad jejím vstupem a půda se ochuzuje o organickou hmotu. Následkem toho se mění diverzita a početnost edafonu, protože klesá množství potravy, narušuje se půdní profil a následně i životní prostor pro organismy. Zatímco k tomu, aby se vytvořila zásoba stabilní organické hmoty, jsou potřeba staletí až tisíciletí, její mineralizace a úbytek probíhá výrazně rychleji. Po zavedení ochranných postupů obsah organické hmoty v půdě stoupá relativně rychle (v řádu desítek let) a už v prvních stadiích zvyšování obsahu rostlinného materiálu (i zatím nestabilní organické hmoty) významně zlepšuje strukturu půdy. Nově akumulovaná nestabilní organická hmota se snadno mineralizuje a půdy jsou tak náchylné k rychlé degradaci, vrátí-li se do systému intenzivního hospodaření s hlavním cílem vysokých výnosů plodin.

Kořeny rostlin a edafon představují živou složku půdní organické hmoty. Jejich podíl je v průměru okolo 15 %, ale mění se v závislosti na typu ekosystému. Edafon je reprezentován obrovskou velikostní škálou organismů od rozměru menšího než 1 μm až po několik desítek centimetrů, od mikroorganismů (archea, bakterie, aktinobakterie a houby) přes bezobratlé živočichy až po obratlovce. Na tvorbě organické hmoty se podílejí hlavně mikroorganismy ve spolupráci s bezobratlými živočichy. Obratlovci převrací a promíchávají půdní profil a vytvářejí složitý systém chodeb.

Při hodnocení funkce půdních organismů používáme velikostní členění vycházející z předpokladu, že organismy podobné velikosti mají srovnatelnou délku života, podobné nároky na životní prostor a potravu a rovněž plní obdobnou ekologickou funkci. Podle velikosti se edafon dělí na mikroflóru a mikro-, mezo- a makrofaunu (obr. 6–14). Zástupci makrofauny mohou

migrovat po celém půdním profilu a do vzdálenosti několika metrů, přemísťování mezofauny je mnohem omezenější, mikroflóra a mikrofauna zůstávají odkázány pouze na pohyb vody v půdě.

Kořeny zajišťují příjem vody a živin, ukotvení rostlin a jsou hlavním zdrojem organické hmoty v půdě. Po svém odumření a rozkladu zanechávají síť biopórů důležitou pro zadržování vody, ale i provzdušnění. Obsah organické hmoty zlepšuje pronikání kořenů, uvolňování dostupných živin během sezony a významně zvyšuje množství vody, které může půda zadržet. To znamená, že po každém dešti půda bohatá na organickou hmotu zadrží více vody a její větší část je dostupná pro rostliny.

Už bylo řečeno, že půdní mikroorganismy a živočichové odpovídají za přeměnu a mineralizaci organické hmoty. Z toho také vyplývá, že většina půdních organismů obývá svrchní horizonty půdního profilu, s největším množstvím organické hmoty. Ve svrchních 20 cm půdy se vyskytuje více než 80 % všech půdních organismů. Biomasa mikroorganismů je o 2–3 řády vyšší než biomasa živočichů a půdní mikroorganismy zajišťují zhruba 90 % veškeré transformace vstupující organické hmoty. To ale neznamená, že funkce půdních živočichů je zanedbatelná. Jejich úloha spočívá v přemísťování organických zbytků, tvorbě biopórů, rozměňování organických zbytků a tím zpřístupňování dalších látek, natrávení složitějších látek, a nakonec ve vytváření vhodného mikroprostředí pro růst a rozvoj některých skupin mikroorganismů, které by za normálních okolností v půdě neuspěly (konzumace mikroorganismů půdní faunou). To reguluje rozvoj mikrobních společenstev a stimuluje jejich aktivitu.

Rozmanitost a zastoupení jednotlivých skupin půdních organismů závisí na různorodosti potravní nabídky i na podmínkách v půdním prostředí. Edafon lesních půd se liší od edafonu lučních nebo orných půd. V orných půdách obecně vykazuje menší diverzitu – v souvislosti s nižší diverzitou vegetačního pokryvu a tím méně pestrou potravní nabídkou, s rozrušováním půdního profilu, používáním hnojiv a pesticidů. V orných půdách mizí rozvrstvení povrchových horizontů a organická hmota i edafon jsou víceméně rovnoměrně rozmístěny v profilu. Převládají zde organismy s krátkou generační dobou, zástupci mikro- a mezofauny. V mikrobních společenstvech klesá zastoupení hub citlivých na mechanické porušení houbových vláken; žížal významně ubývá kvůli pravidelnému mechanickému rozrušování půdního profilu. Zvyšuje se mineralizace organické hmoty, čímž se snižuje její obsah. Silně ochuze-

3 Vlastnosti půd, které působí na infiltraci a zadržování (retenci) vody v půdě. Faktory jsou rozděleny na snadno a obtížně ovlivnitelné obhospodařováním.

4 Struktura půdního agregátu.

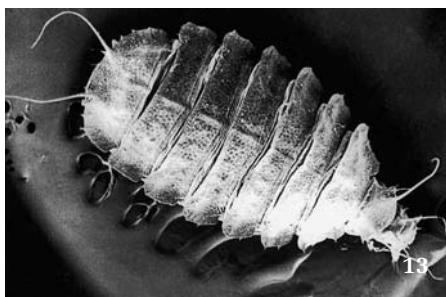
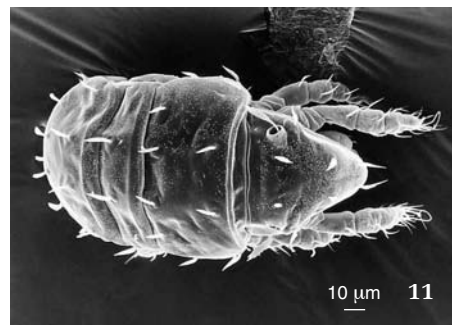
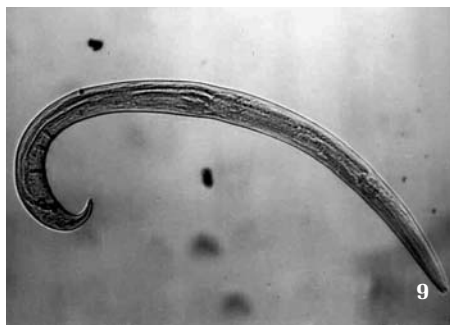
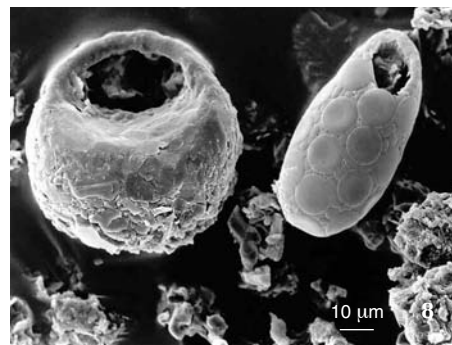
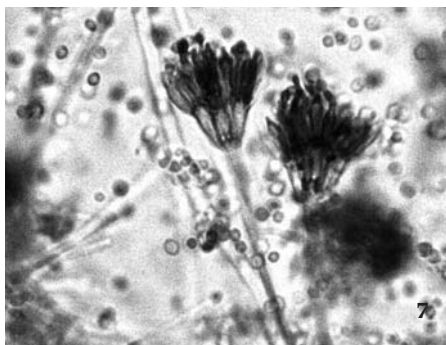
Orig. H. Šantrůčková

5 Vztah mezi kvalitou organické hmoty (OH), půdními organismy a jejich vlivem na kvalitu a vodní retenční kapacitu půdy

6 až 14 Vybraní typičtí zástupci mikro- (bakterie, houby, prvoci, hlístice), mezo- (chvostokoci, roztoči a roupice) a makroedafonu (larvy much, mnoho - nožky). Nárosty půdních bakterií (obr. 6, foto R. Tichý), sporangia mikroskopických hub (7, foto J. Jirout), krytenka (8, foto V. Balík), hlístice (9, foto L. Háněl), chvostokok (10, foto J. Rusek), roztoč (11, foto J. Starý), roupice (12, foto J. Schlaghamerský), larva mouchy (13, foto J. Frouz), mnohonožka (14, foto K. Tajovský)

né půdy mají špatnou půdní strukturu, jsou citlivé k rozplavování, omezení infiltrace vody, mají nižší retenční kapacitu a jsou náchylnější k erozi. U trvalých travních porostů vzniká na povrchu půdy organická vrstva, která zlepšuje infiltraci vody. Klesá rychlost mineralizace, zlepšuje se struktura půdy a zvyšuje diverzita edafonu. Stoupá podíl hub a makrofauny včetně žížal, které vytvářejí biopóry. Lesní půdy charakterizuje výrazná stratifikace půdního profilu, akumulace organické hmoty v povrchových vrstvách a obecně vyšší diverzita edafonu. Také kvůli ní a kvalitě organické hmoty je infiltrace vody do půdy a vododržnost mnohem příznivější pro půdy smíšených a listnatých lesů v porovnání s kyselými půdami monokultur jehličnanů.

Naopak intenzivní obhospodařování spojené s opakovaným pěstováním monokultur, nadměrným používáním minerálních hnojiv a pesticidů, poklesem obsahu organické hmoty a utužeností půd snižuje diverzitu půdních bezobratlých i mikroorganismů. Dochází k významné redukci nebo dokonce vyloučení činnosti klíčových druhů, které zásadním způsobem ovlivňují tvorbu půdy (např. žížaly, hlístice, mykorrhizní houby, fixátoři dusíku). Mění se tím biologická regulace rozkladu organické hmoty i dostupnost živin a půdy se stávají náchylnějšími k degradaci. Kromě toho je podpořen výskyt škůdců a parazitů, doprovázený snižujícími se výnosy a vstupy organické hmoty do půdy na jedné straně a vzrůstající potřebou aplikovat pesticidy na straně druhé.



Rozvoj mikroorganismů závisí na dostupnosti a obsahu organické hmoty, a naopak tvorba půdní organické hmoty je úzce spojena s mikrobiální aktivitou. Mikrobiální biomasa obecně koreluje s množstvím půdní organické hmoty. Díky krátké generační době mikroorganismů má ale rychlý obrát a velmi pružně reaguje na změny v půdním prostředí. Snižuje se rychleji než celkový obsah organické hmoty, a proto se využívá jako jeden z indikátorů kvality půd. Jestliže pokles mikrobiální biomasy včas zachytíme, můžeme provést nápravná opatření a zabránit úbytku stabilní organické hmoty.

Mikrobiální biomasa se měří také v rámci monitorování půd České republiky. Pro tento článek jsme vybrali výsledky z půd (61 orných a 21 z trvalých travních porostů – TTP), které byly odebrány a analyzovány v rámci bazálního monitoringu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a bazálního monitoringu chráněných krajinných oblastí (pět TTP, na nichž byla vyloučena zemědělská činnost). Vyhodnotili jsme mikrobiální biomasu a testovali závislost mezi obsahem organické hmoty, mikrobiální biomasou a vodní retenční kapacitou půd. Orná půda měla 2–3× nižší mikrobiální biomasu než půda trvalých travních porostů (obr. 16). Měnila se v úzkém vztahu k obsahu organické hmoty, a tím i v závislosti na vodní retenční kapacitě půd, která lineárně stoupá se vzrůstajícím obsahem organické hmoty (obr. 15). Z výsledků jasně vyplývá, že podpora rozvoje mikroorganismů a současně zvyšování jejich diverzity by mělo být součástí půdo-ochranných opatření.

Hloubka půdního profilu

Přestože jsme v předchozím textu uvedli, že hloubku půdního profilu člověk svou činností snadno neovlivní, řešíme v celosvětovém měřítku přemísťování půdních částic působením větrné a vodní eroze, které ovlivňuje změny v lokálním rozložení zrnitosti a retenci vody v půdě. Souvisí to se změnami vegetačního pokryvu v intenzivně obhospodařovaných místech, s poklesem obsahu a kvality půdní organické hmoty, vedoucím ke zhoršování půdní struktury. Degradované půdy chudé na organickou hmotu a se špatnou strukturou zadržují mnohem méně vody a jsou k odnosu půdních částic náchylnější.

Smyv půdních částic včetně organické hmoty probíhá tak rychle, že nemůže být nahrazen přírodními pedogenetickými procesy ani vstupem organické hmoty z čisté primární produkce. Eroze půdy ovlivňuje významným způsobem retenci vody v krajině. Erodivované půdy ztrácejí laterálním odnosem jemné částice a organickou hmotu, které se ukládají v nižších oblastech a terénních depresích. Část materiálu odnášejí vodní toky nebo se usazuje na dně vodních nádrží, rybníků a jezer. Odnos a depozice způsobuje změny v distribuci retenční kapacity půd. Svahové půdy, nacházející se převážně ve vyšších nadmořských výškách v horských a podhorských oblastech, ztrácejí organickou hmotu a jemné částice, které se deponují na úpatí svahu, nebo jsou odnášeny do nižších oblastí či do oceánů. Tyto změny v distribuci organické hmoty omezují zadržování vody hlavně v půdách horských a podhorských

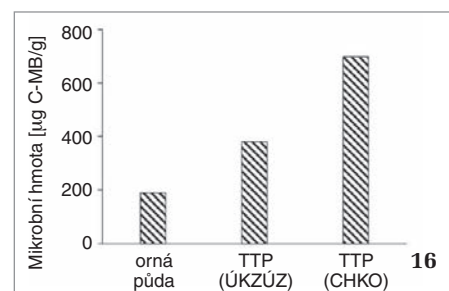
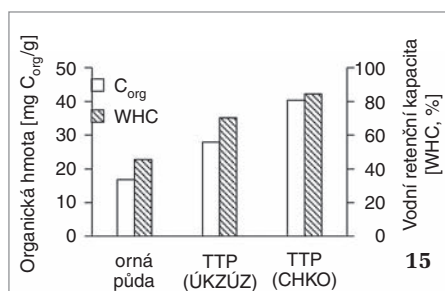
oblastí, s obvykle vyššími srážkovými úhrny. Akumulace deponovaných jemných částic a organické hmoty v nivních (aluvialních) oblastech (tudíž zvýšení retenční kapacity půd těchto území) nemůže vyrovnat snížení retenční kapacity půd ve zdrojových oblastech proto, že část materiálu odnesou řeky nebo se usazuje na dně stojatých vod. Místa zpětné depozice pak zpravidla zaujímají menší plochu, vyznačují se pomalejší infiltrací vody do půdního profilu způsobenou hromaděním jemných částic, větším podílem jemných pórů a náchylností k utužení.

Odhad úbytku organické hmoty v půdách České republiky

Zemědělské obhospodařování s sebou nese úbytek organické hmoty v povrchových vrstvách a je normální, že zemědělské půdy mají o 30–60 % nižší obsah organického uhlíku (C_{org}) než odpovídající neporušené půdy. V podmínkách našeho státu orné půdy v průměru obsahují ve svrchních vrstvách profilu zhruba o 50 % méně uhlíku než lesní půdy. Tento odhad jsme získali na základě vlastních výsledků z lesních půd odebíraných v rámci ČR z hloubky 0–30 cm po odstranění čerstvého opadu s daty Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i., pro zemědělské půdy z hloubky 0–20 cm (Kubát a kol. 2008). Oba zdroje představují poměrně rozsáhlý soubor dat z více než 600 lokalit. Naše srovnání vychází z předpokladu, že přírodními ekosystémy na našem území jsou lesní ekosystémy a obsah organické hmoty ve svrchních částech jejich půdního profilu

můžeme považovat za reprezentativní pro neporušené půdy ČR. Pro tento příspěvek jsme vybrali jen půdní typy a druhy zastoupené v obou souborech dat a srovnávali jsme mediány, které nejsou na rozdíl od průměru ovlivněny odlehlými hodnotami a poskytují dobrou představu o úrovni hodnot sledované proměnné. Obsah organické hmoty jsme vyjádřili v procentech C_{org} (množství organické hmoty se spočítá vynásobením C_{org} koeficientem 1,724).

Obsah organické hmoty v suché půdě se v orných půdách pohyboval v rozmezí 0,7–1,7 % C_{org} v závislosti na půdním typu a v lesních půdách 1,8–2,8 %. Největší úbytek organické hmoty v rozsahu 50–60 % vykazovaly kambizemě, které se v ČR vyskytují nejčastěji (hlavně ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin; dříve se nazývaly hnědé lesní půdy; jsou náchylné k erozi) a slabě vyvinuté horské půdy. Pokud jsme půdy rozdělili do druhu na základě zrnitostních charakteristik, nenašli jsme významný rozdíl mezi zastoupenými půdními druhy a úbytek C_{org} dosahoval 52–59 %. Přestože jsme nezjistili rozdíl ve snížení podílu organické hmoty mezi jednotlivými půdními druhy, předpokládáme, že stejný pokles organické hmoty bude ovlivňovat retenční vlastnosti půd různě, v závislosti na obsahu zrnitostních frakcí. Je dokumentováno, že vliv množství organické hmoty na retenci vody v půdě závisí na podílu jílu a písku. Organická hmota hraje významnější roli v lehkých písčitéch než v těžkých jílovitých půdách (Rawls a kol. 2003). V písčitéch půdách chudých na organickou hmotu nárůst jejího obsahu zvyšuje retenci vody, zatímco v jílovitých půdách chudých na organickou hmotu tato změna působí



opačně. V půdách bohatých na organickou hmotu další zvýšení jejího obsahu zlepšilo retenční kapacitu u všech druhů půd, nezávisle na zrnitostním složení. Z výsledků lze usuzovat, že obohacování zemědělských půd chudých na organickou hmotu přinese rychleji zlepšení jejich vodní retenční kapacity v půdách lehkých než těžkých.

Nadmořská výška a změna klimatických podmínek s tím spojená je důležitým faktorem ovlivňujícím obsah organické hmoty v půdě. Nejmenší úbytek (38 % oproti lesním půdám) jsme zjistili ve výškách mezi 300 až 400 m n. m. a nejvyšší (77 %) v horských a podhorských oblastech nad 600 m n. m. (tab. 1), což dokumentuje náchylnost tamních půd k poklesu podílu organické hmoty a degradaci spojenou se snižováním retenční kapacity. Použitá čísla lze považovat za konzervativní odhad úbytku organické hmoty. Je známo, že její obsah rychle klesá od povrchu směrem k hlubším vrstvám profilu. Můžeme tak předpokládat, že v lesních půdách by byl v hloubce 0–20 cm vyšší než ve zde uvedené vrstvě 0–30 cm. Naopak v orných půdách v 0–30 cm by byl poněkud nižší, přestože u těchto půd dochází k promíchávání povrchových vrstev a obsah C_{org} je v orné vrstvě homogenní.

15 a 16 Vodní retenční kapacita (obr. 15; WHC – Water Holding Capacity) a obsah organické hmoty vyjádřený v miligramech organického uhlíku (C_{org}) a mikrobiální biomasa (obr. 16; C-MB, vyjádřeno na 1 g suché půdy) v orných půdách a v půdách trvalých travních porostů (TTP; ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, CHKO – chráněná krajinná oblast). Sloupce odpovídají mediánům, které nejsou na rozdíl od průměru ovlivněny odlehlými hodnotami a poskytují dobrou představu o úrovni hodnot naší sledované proměnné. Orig. H. Šantrůčková

17 Půdy s různým obsahem organické hmoty: a – kambizem má její nižší podíl (zhruba 50 % území ČR); b – černozem, s vyšším obsahem, představuje nejúrodnější půdu; c – organozem s velmi vysokým obsahem organické hmoty (vytváří se hlavně na lesních a zamokřených stanovištích). Foto M. Batysta

Co si zapamatovat a udělat

Kvalita půdy představuje důležitý faktor ovlivňující odtok vody z krajiny. Schopnost půdy zadržovat vodu je významnou měrou ovlivněna obsahem organické hmoty v půdě a schopností půdních organismů transformovat vstupující rostlinnou biomasu na půdní organickou hmotu. Jak obsah organické hmoty, tak biologická aktivita patří mezi faktory, které člověk může svou činností ovlivnit v poměrně krátkém časovém úseku (obr. 3) a může být účinným prostředkem pro obnovení funkce krajiny. Zlepšování kvality půd prostřednictvím zvyšování obsahu a kvality organické hmoty v půdě a zvyšování diversity i početnosti edafonu by měly mít prioritu při ochraně a tvorbě krajiny. Těchto cílů lze dosáhnout pomocí vhodných agrotechnických zásahů, jako jsou omezení orby, vhodné osevní postupy založené na střídání plodin, zařazení plodin schopných vázat vzdušný dusík, hlubokokořenících rostlin, omezení velikosti lánů apod. Je třeba zvýšit počet chovaných kusů dobytka (především skotu, důležité hlavně v horských a podhorských oblastech), zapravovat organickou hmotu do půdy a kompostovat biomasu na úkor využívání organické hmoty k energetickým účelům. V současnosti znamená ochuzení půd o organickou hmotu jednu z příčin rychlého odtoku vody z krajiny a zvyšující se podíl pěstovaných plodin, jako je kukuřice a řepka, včetně nedodržování osevních postupů tuto situaci na celém našem území dále zhoršuje.

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

Část dat byla získána v rámci projektu Grantové agentury ČR 14-12262S.

Tab. 1 Obsah organické hmoty vyjádřený v procentech organického uhlíku (% C_{org}) v lesních (LP) a orných (OP) půdách rozdělených podle nadmořské výšky. V lesních půdách byl C_{org} hodnocen ve vrstvě 0–30 cm po odstranění čerstvého opadu a v orných půdách vrstvě 0–20 cm. V tabulce uvádíme počet lokalit (n), medián a procenta úbytku C_{org} v orných půdách [$100 \cdot (LP - OP) / LP$], která byla vypočítána z mediánu a je vyjádřena v procentech.

Nadmořská výška [m]	Lesní půdy (LP)		Orné půdy (OP)		Úbytek organické hmoty v OP [%]
	n	C_{org} [%]	n	C_{org} [%]	
<300	49	2,3	139	1,2	48
300–400	69	2,1	180	1,3	38
400–500	115	2,5	170	1,3	48
500–600	99	2,7	73	1,4	48
>600	148	4,3	36	1,0	77

