

Oponentský posudek

na doktorskou disertační práci

Ing. Ladislava Menšíka

Frakcionace humusových látek lesních půd

Oponent: Prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

Katedra pedologie a ochrany půd
Česká zemědělská univerzita v Praze

Doktorská disertační práce Ing. Ladislava Menšíka byla vypracována pod vedením školitele Prof. Ing. Jiřího Kulhavého, CSc., na Ústavu ekologie lesa Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Práce se zabývá studiem organické hmoty lesních půd, metodami jeho analýzy a vlivem druhového složení porostu na kvalitu humusu. Studium půdní organické hmoty je velice aktuální téma na národní i mezinárodní úrovni jak v pedologii, tak i v lesnictví. Půdní organická hmota je velice významná nejen z hlediska půdy samotné a jejích vlastností, či z hlediska jejího působení jako nedílné součásti lesního ekosystému, ale i z hlediska širšího, globálního, jako jednoho ze způsobů, jak omezit nárůst množství oxidu uhličitého v atmosféře jako důležitého skleníkového plynu. I z tohoto pohledu je ale významný jak obsah organické hmoty v půdě, tak i její kvalita, neboť ta určuje stabilitu půdní organické hmoty a tedy její odolnost vůči rozkladu. Ve světě i u nás přitom existuje celá řada metod pro studium půdní organické hmoty. Práce, která na konkrétních půdách aplikuje široký rozsah těchto metod, takže je možné porovnat jejich výsledky a vypovídací hodnotu, je proto velice významná a cenná.

Předložená disertační práce je poměrně rozsáhlá, po krátkém úvodu jsou hned uvedeny cíle práce, poté následuje na 38 stranách literární přehled problematiky, dalších 31 stran je věnováno popisu použitých lokalit a metod, výsledky zaujímají celých 78 stran, samostatná diskuse dalších 15. Před kapitolou závěr je ještě na třech stranách netradičně odděleně shrnutí výsledků. Po formální stránce je práce zpracována na velmi dobré úrovni, našel jsem jen velmi málo překlepů a jazykových chyb, a nechybí formální náležitosti jako seznamy obrázků, tabulek a zkratk. K používání zkratk mám jen jednu připomínku, že zatímco v seznamu je definována pro huminové kyseliny zkratka HK, v textu úvodu je použita několikrát anglická zkratka HA.

Úvod vhodně uvozuje řešenou problematiku a současně naznačuje autorův vztah k tradicím a historii, neboť obsahuje i krátké shrnutí historie studia organické hmoty; tento vztah k historii se projevuje i v dalších částech, jednak v literárním přehledu, jednak v popisu historie zkoumaných ploch. Ke kapitole úvodu mám jen jednu otázku, zda stanovení uhlíku a dusíku a výpočet poměru C/N je skutečně nejstarší metodou studia kvality humusu.

Cíle disertační práce jsou uvedeny trochu neobvykle již před literárním přehledem, většinou jsou formulovány až na základě literární rešerše, ze které vyplyne určitá mezera v poznání, kterou má právě práce zaplnit. V tomto případě je ale přehled literatury o metodách studia půdní organické hmoty a významu humusu v lesním ekosystému vlastně už částí plnění

cílů, takže toto zařazení je naprosto v pořádku. Cíle jsou formulovány jasně a realisticky. Zahrnují zhodnocení významu humusu z pohledu udržitelného hospodaření, ověření metod stanovení humusových látek, posouzení vlivu skladby dřevin a navržení otázek pro další výzkum. Pouze formulace třetího cíle (c) by asi lépe měla znít „vliv skladby dřevin na stav humusových poměrů...“ než vliv „na změny“ těchto poměrů. Skutečné studium vlivu dřevin na změny humusových poměrů by vyžadovalo jiný metodický přístup spočívající spíše v dlouhodobém monitoringu.

Kapitola literárního přehledu zahrnuje části věnované cyklu uhlíku, humusu a humusovým formám, nadložnímu humusu, půdní organické hmotě, humusovým látkám a frakcionaci humusu, a nakonec vlivu dřevinné skladby na půdu. Názvy těchto částí naznačují, že mezi nimi jsou určité překryvy, a bohužel se autor nedokázal těmto překryvům a opakováním některých tvrzení v textu vyvarovat. Je ale třeba říci, že celkově literární přehled postihuje celou šíři zkoumané problematiky dostatečně. Formálním nedostatkem je to, že v některých částech, zejména v kapitole cyklus uhlíku, jsou uvedeny dlouhé pasáže bez citací, nebo že jsou poměrně často citovány nepřímé zdroje včetně skript (např. Šimek 2003). K literárnímu přehledu mám následující poznámky, dotazy a připomínky:

- Na s. 12 je uvedeno zajímavé tvrzení, že všechny lesní ekosystémy mají přibližně stejné množství organického uhlíku na jednotku, není ale uvedeno, zda se jedná o jednotku plochy či něco jiného.
- Na s. 15, obr. 3, je uveden „opadavý les“. Předpokládám, že se jedná o nepřesný překlad a má správně být „listnatý les“.
- Co znamená tvrzení, že „mikrobiální aktivita odráží mikrobiální procesy v půdě“ (s. 16)?
- V jakém smyslu má platit, že „humifikace je kvantitativně druhý nejvýznamnější biogeochemický proces na Zemi po fotosyntéze“ (s. 17)? Vždyť jen mineralizace postihuje větší množství půdní organické hmoty než humifikace?!
- Lze diskutovat o definici, že „humusové látky jsou ... vysokomolekulární směs ... degradovaných molekul“ (s. 17). Jednak samo spojení „vysokomolekulární směs“ je trochu nepřesné, jednak skutečnost, že jsou humusové látky vysokomolekulární je v poslední době značně zpochybňována, a konečně není jasné, v jakém smyslu se jedná o „degradované“ molekuly. Prosim, aby doktorand toto tvrzení rozvinul a osvětlil v rámci obhajoby.
- V terminologii okolo organické hmoty není mezi odborníky úplná jednota, zčásti z důvodu nepřesných či odlišných překladů zahraniční literatury. Toto se projevuje i v disertační práci. Podle mého názoru je rozdělení na látky huminové a nehuminové (s. 22) totožné s rozdělením na látky humusové (*humic*) a nespecifické (*nonhumic*) uvedeným o kousek dále.
- Co se rozumí pod pojmem „nepravý humus“ (s. 23, obr. 4)? V tomto schématu dále chybí okyselení, na základě něhož se rozdělují huminové kyseliny od fulvokyselin.
- Co je „B humus“ (obr. 5, s. 24)? Správný termín namísto „hymato-melaninová kyselina“ je hymatomelaninová kyselina.
- Kapitola 3.4.1. je uvedena jako převzatá z roku 1980. Jakkoliv je tato kapitola o historii výzkumu půdní organické hmoty velmi zajímavá, jsem z jejího zařazení poněkud rozpačitý. Rozhodně by potřebovala důkladnější aktualizaci a doplnění informací o studiu organické hmoty v posledních 30 letech. Pokud je na s. 26 vedeno, že „vznik huminových kyselin ... se dnes již obecně pokládá za biochemický proces...“, je to skutečně dnes, nebo je to tvrzení z roku 1980?
- Termín „molekulová váha“ (s. 29) je zastaralý.
- Odstavec věnovaný hymatomelaninovým kyselinám (s. 33) by patřil spíše do části věnované huminovým kyselinám, za jejichž součást se tyto kyseliny obvykle považují, než do části o huminu.

- Na s. 34, 7. ř. zdola je neukončená závorka.
- Pojem „aerační status“ (s. 35) by asi bylo vhodnější nahradit pojmem „provzdušnění“.
- Rušivě působí gramatická chyba „syntéza mikroorganizmi“ (obr. 10, s. 38).
- Jako nedostatek jinak podrobně zpracovaného literárního přehledu vidím skutečnost, že v celém textu není ani zmínka o teorii prof. Alessandra Piccola z Neapolské univerzity, že humusové látky nejsou polymery, ale supramolekulární asociace malých molekul. Jakkoliv s touto teorií nemusíme souhlasit, neměla by v práci tohoto zaměření o ní alespoň zmínka chybět, vzhledem k tomu, že ji zastává už značná část pedologů ve světě.

Popis výzkumných ploch je velmi zevrubný a podrobný, včetně historického vývoje, což zejména v případě lesních půd může být velmi důležité. V kapitole metodiky jsou dále podrobně popsány jednotlivé metody analýzy humusových látek i statistického vyhodnocení. Byly zvoleny jak běžně používané metody, tak i metody méně známé starší, i některé moderní instrumentální metody. Celkově považuji výběr metod a jejich šíři za plně vyhovující zaměření a cílům disertační práce. K této části mám následující poznámky a připomínky:

- U map na s. 63 (obr. 22 a 23) asi není úplně správné hovořit o měřítku, protože se nejedná o měřítko ve smyslu jaké vzdálenosti ve skutečnosti odpovídá 1 cm na mapě.
- Na s. 75 je uvedena citace „podle Kumadu“, v seznamu je ale „Kumada“.
- Zajímavý přístup k hodnocení huminových kyselin je rozdíl logaritmu absorpční roviny při vlnových délkách 400 a 600 nm. Jedná se vlastně o logaritmus barevného kvocientu, podle matematického pravidla, že logaritmus poměru je roven rozdílu logaritmů.
- Na s. 75 a 76 má být myslím „na Mendelově univerzitě“ než „Mendlově“. Pravděpodobně je to automatická oprava textového procesoru, sám s ní bojuji.
- „Pyrofosforečnan sodný“ (s. 76 a dál) je triviální název, byť běžně používaný; chemicky správné označení je „difosforečnan tetrasodný“.
- Na s. 76 má být „horizont“ namísto „horizontt“; je to skutečně jen jeden z mála překlepů v celé disertaci.
- Je přesná formulace „obsah fulvokyselin stanovených metodou $Q_{4/6}$ “ (s. 79)?
- V závěru metodiky doktorand popisuje určité semikvantitativní hodnocení kvality humusu shrnující různé parametry. Jedná se o trochu subjektivní postup, závislý vždy i na tom, jaké parametry a analýzy jsou k dispozici, je to ale jistě přístup zajímavý.

Na rozsáhlé kapitole výsledků oceňuji rozsah prací a analýz, které autor odvedl, i zevrubnost a kvalitu zpracování výsledků. Zvláště kladně hodnotím velmi názorné grafické zpracování vlivu druhu porostu, horizontu i odběrového roku. K této kapitole mám většinou jen drobné připomínky a poznámky:

- U grafů není uvedeno, co přesně znamenají chybové úsečky, zda 95% interval pravděpodobnosti či jiné vyjádření nejistoty.
- V popisu grafů je často uvedeno „v nadložním humusu“ jako protiklad k „v půdě“, kde pod „půdou“ či „půdními horizonty“ se rozumí horizonty Ah a Bv. To není přesné, součástí půdy jsou bezpochyby i horizonty nadložního humusu, takže by asi bylo vhodnější pro Ah a Bv používat označení například „minerální horizonty“ (popř. „organominerální“ tam, kde se jedná pouze o Ah).
- V grafu na obr. 28 (s. 81) nepovažuji za vhodné spojení součtové hodnoty LFH úsečkami s jednotlivými hodnotami L, F a H. Zatímco tyto jednotlivé hodnoty představují návaznost jednotlivých horizontů, součtová hodnota by měla být oddělena.
- Na s. 86 je trochu nepřesná formulace „v porostu pod smrkem“, má být zřejmě „v půdě pod smrkem“ nebo „v porostu smrku“.

- V grafech na s. 99 je patrný postupný pokles rozpustného organického uhlíku ve sledovaných letech 2007 – 2009. Je pro to nějaké zdůvodnění?
- Na s. 112 – 113 a 115 – 116 je uvedeno, že poměry HK/FK a HK/HL jsou nižší pod bukem než pod smrkem. V diskusi se jako jedno z možných vysvětlení uvádí doba odběru na podzim, kdy v půdě pod bukem je větší množství listového opadu, dosud nepřeměněného. Domnívá se autor, že by výsledky byly jiné, pokud by byl odběr proveden na jaře? Není vývoj humusových látek dlouhodobější proces než je období jednoho roku? Prosim o podrobnější pojednání o této otázce v rámci obhajoby.
- Na s. 118 z výsledků vyplývá, že pod smrkem je organická hmota ve vyšším stupni humifikace než pod bukem. Je to také možné zdůvodnit dobou odběru? Nemohl být vyšší zjištěný obsah huminových kyselin způsoben zejména u smrků příměsí ligninu, který se do značné míry chová podobně?
- V popisu obr. 85 (s. 145) má být pro fulvokyseliny zkratka FK, nikoliv FU.
- Na s. 146 jsou uvedeny v textu výsledky korelační analýzy vztahů mezi jednotlivými sledovanými parametry půdní organické hmoty. Přehlednější by asi bylo uvést i celou korelační tabulku. Překvapuje mě velké množství korelačních koeficientů rovných 1. Zřejmě se ale jedná o vliv zaokrouhlování, neboť podle indexů korelace R^2 v další části budou korelační koeficienty mírně nižší, i když se stále jedná ve většině případů o velmi těsnou závislost.
- Považoval bych za vhodnější uvést výsledky regresní analýzy hned po korelacích a teprve potom výsledky analýzy hlavních komponent (PCA), pro zvolené pořadí měl ale jistě autor důvod.
- Ve komentáři výsledků PCA je nesprávně uvedeno, že v projekcích hlavních komponent (faktorů) shluky parametrů spolu navzájem nekorelují. To není vždy přesné, mnohdy nekorelují podle zátěží (hodnot) jednoho faktoru, ale podle druhého ano. Obdobná námitka platí k diskusi na s. 176.
- Nebyla dělána analýza hlavních komponent také pro všechny lokality najednou? Bylo by zajímavé sledovat, jak dalece se v projekci jednotlivých faktorů oddělí lokality s různým porostem.
- Lze při hodnocení poměru C/N použít stejná kritéria pro nadložní i minerální horizonty (s. 157). Např. VÚLHM používá diferencovaná kritéria.
- Pro souhrnné hodnocení kvality humusu byly počítány mj. průměry stupňů hodnocení jednotlivých ukazatelů. Byly do těchto průměrů zahrnuti i charakteristiky s hodnocením 0 (DOC, UV-VIS, DRIFT)?

Diskuse shrnuje a komentuje získané výsledky s odkazy na související či podobné práce. Zde mám několik poznámek k této části:

- Na s. 159 se uvádí vliv vrstvy zhutnělého nerozloženého opadu listů, způsobující omezený přístup vzduchu a vody, na množství organické hmoty. Tato vrstva se asi bude vytvářet spíše pod bukovými porosty, kde je ale ve skutečnosti zásoba organické hmoty nižší než pod smrkovým porostem. Bude možné i toto tvrzení podrobněji objasnit v rámci obhajoby?
- Na s. 161 a dál má být Al^{3+} , nikoliv Al_3^+ .
- Na s. 166 u významu rozpustné organické hmoty by bylo vhodné zmínit i její vliv jako komplexotvorného činidla, které může např. snižovat toxicitu iontů hliníku či měnit mobilitu potenciálně rizikových prvků.
- Welte (1956) není v seznamu literatury (s. 170).
- V diskusi není příliš podrobně pojednáno o souhrnném hodnocení kvality a volbě a zařazení jednotlivých parametrů.
- NMR je nukleární magnetická rezonance, nikoliv nukleová (s. 177).

Souhrn výsledků skutečně přehledně shrnuje získané výsledky. Doporučení pro další zaměření výzkumu a praktické aplikace celkem vhodným způsobem vystihují hlavní směry, kterými se výzkum kvality půdní organické hmoty. Samozřejmě by bylo možné jmenovat další směry, například podrobné studium struktury humusových látek, metody sekvestrace uhlíku, nově se objevující práce použití tzv. biouhlu (*biochar*) apod. Směry uvedené v disertační práci ale vystihují to, co se k disertační práci nejlépe váže. Závěr pak stručně shrnuje obsah celé práce.

Seznam literatury je skutečně rozsáhlý, pokrývá 19 stran, bohužel obsahuje ale řadu méně hodnotných zdrojů, jako jsou skripta, a zdrojů obecně hůře dostupných, jako jsou různé zprávy z projektů. Také je zde řada nepřímých citací; použitá forma těchto nepřímých citací je méně obvyklá, častější je uvedení původního autora přímo v textu s „in“ a uvedení skutečně použitého zdroje. Při tak rozsáhlém souboru citací se snadno stane, že některé citace nejsou úplné (např. Liebig 1840, Mařan 1941, Weber 2009), a také nemají všechny stejnou formu: zatímco většinou jsou uvedeny plné názvy časopisů, v několika případech jsou uvedeny zkratky (např. Deherain, Felbeck, Flaig aj.). Drobné překlepy zde se pak také objevují (např. Počvodenije místo Počvodenenje, Brandy místo Brady, Copmbers místo Comptes apod.). Citovány jsou i některé velmi cenné staré práce, jako je Dokučajev (1883): Russkij černozem. Autor musel jistě vynaložit značné úsilí, aby se k nim dostal.

Uvedené poznámky a připomínky mají charakter spíše drobností a podnětů k diskusi a nemění nic na tom, že předložená disertační práce Ing. Ladislava Menšíka je velice cenné, aktuální a přínosné dílo. Vytčené cíle práce byly zcela splněny a práce přináší hodnotné výsledky, které představují jak nové vědecké poznatky, tak i informace prakticky využitelné v pedologii, lesnictví a ochraně životního prostředí. Potvrzeny byly některé známé skutečnosti, jako např. že nejsilnější vliv porostu je patrný v nadložních horizontech. Hlavní přínos práce vidím v aplikaci a porovnání různých metod hodnocení kvality organické hmoty na konkrétních půdách; šíře použitých metod a komplexnost hodnocení je přinejmenším v ČR výjimečná. Rovněž velmi cenné je rozřazení použitých ukazatelů na ty, které jsou běžně použitelné v praxi, ty, které jsou doplňkové, a ty, které jsou určeny spíše pro vědecké účely. Kladně hodnotím celé praktické vyústění práce. Doktorand prokázal velkou píli a pracovitost i hluboké odborné znalosti. Dokáže jasně formulovat problémy, cílevědomě je řešit a podloženě argumentovat.

Závěrem tedy mohu říci, že doktorand Ing. Ladislav Menšík předložil dobrou disertační práci, napsanou na vysoké odborné úrovni, která splňuje stanovené předpoklady, a prokázal tak, že je schopen kvalitní vědecké práce. Doporučuji, aby byla tato práce přijata k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu byl Ing. Ladislavu Menšíkovi udělen akademický titul „doktor“.

V Praze dne 19. listopadu 2010

Prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka