

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**DAGMAR CIMOVÁ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**

---

**Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin**



**Obsah a kvalita humusu u intenzivně obhospodařovaných  
kambizemí**  
**Bakalářská práce**

*Vedoucí práce*

doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.

*Vypracovala*

Dagmar Cimová

---

Brno 2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Dagmar Cimová**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Agroekologie  
Název tématu: **Obsah a kvalita humusu u intenzivně obhospodařovaných kambizemí**  
Rozsah práce: 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše o humusových látkách v půdě, se zaměřením na obsah a kvalitu humusu u kambizemí.
2. Odběry vzorků a analýza obsahu a kvality humusu u kambizemí pod trvalým travním porostem a kambizemí využívaných jako orné půdy.
3. Vyhodnocení dynamiky obsahu humusu u kambizemí při rozdílném způsobu obhospodařování půdy.
4. Statistické zpracování dat pomocí ANOVA – jeden faktor.
5. Závěry a vyhodnocení zjištěných výsledků u sledovaných kambizemí.

Seznam odborné literatury:

1. POSPÍŠILOVÁ, L. – TESAŘOVÁ, M. – POKORNÝ, E. – JANDÁK, J. Changes in quality of soil organic matter during long-term field experiment. In *Humic Substances in Ecosystem 7*. Torun, Polská republika: 2007, s. 61–63.
2. VLČEK, V. – STRÁLKOVÁ, R. – PODEŠVOVÁ, Š. – POKORNÝ, E. Changes in the Soil organic matter supply in topsoil and subsoil caused by cereals grown in the crop rotations. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2007. sv. LV., č. 2007, 5, s. 205–210. ISSN 1211-8516.
3. POSPÍŠILOVÁ, L. – PETRÁŠOVÁ, V. – FOUKALOVÁ, J. – POKORNÝ, E. Characterization of soil organic carbon and its fraction labile carbon in ecosystems. In *Humic substances in Ecosystems 8*. 1. vyd. Bratislava: VUPOP, Bratislava a SPU NITRA, 2009, s. 140–143. ISBN 978-80-89128-60-0.
4. PRAX, A. – POKORNÝ, E. *Klasifikace a ochrana půd*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 175 s. ISBN 80-7157-746-4.
5. JANDÁK, J. *Nejrozšířenější půdní typy České republiky*. [DVD-ROM]. 2002.
6. JANDÁK, J. – POKORNÝ, E. – PRAX, A. *Půdoznalství*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 142 s. ISBN 978-80-7157-559-7.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016



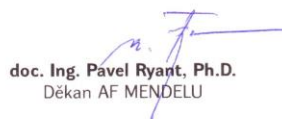
**Dagmar Cimová**  
Autorka práce





**doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.**  
Vedoucí práce

  
**Ing. Petr Škarpa, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu

  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

.....  
vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce doc. RNDr.

Lubici Pospíšilové, CSc. za cenné rady, ochotu a trpělivost při zpracovávání této práce.

Také bych chtěla poděkovat svým rodičům a přátelům za podporu v průběhu celého mého studia.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je porovnat množství a kvalitu humusových látek u intenzivně obhospodařovaných kambizemí. Výsledky ukazují, že aplikace kompostu při konvenčním zpracování půdy vede k růstu obsahu a kvality půdní organické hmoty. Zvýšil se i obsah dusíku a poměr C/N je příznivější pro půdní mikroorganismy. Lze konstatovat, že aplikace kompostu působí příznivě na chemické a biologické vlastnosti kambizemí.

***Klíčová slova:** humusové látky, kompost, kambizemě*

## **ABSTRACT**

The aim of bachelor thesis is to evaluate content and quality of soil organic matter in Cambisols intensively used in agriculture. Cambisols under conventional management are positively affected by compost application. Increasing of humus content and quality was found out. Amount of nitrogen also increased and C/N ratio was more favourable for soil microorganisms. Compost application improved soil quality and chemical and biological soil properties.

***Keywords:** humic substances, compost, Cambisols*

## Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	12
3.1	Půdní organická hmota .....	12
3.2	Půdní humusové látky .....	13
3.3	Tvorba humusu v půdě .....	14
3.4	Třídění humusu.....	15
3.5	Identifikace POH .....	17
3.6	Ukazatele kvality POH .....	18
3.6.1	Celkový obsah organického uhlíku.....	18
3.6.2	Celkový obsah dusíku .....	19
3.6.3	Poměr C/N .....	19
3.6.4	Poměr HK/FK.....	20
3.7	Kambisoly.....	21
3.8	Antropizace.....	23
3.9	Způsob zpracování půdy.....	24
3.9.1	Vliv zpracování půdy na půdní organickou hmotu .....	24
3.9.2	Agronomické vlastnosti půdy.....	25
3.9.3	Minimalizační technologie zpracování půdy.....	26
3.9.4	Ochranné zpracování půdy .....	27
3.10	Kompost .....	28
3.10.1	Kompostování a kvalita kompostu .....	29
3.10.2	Složení kompostu .....	30
3.10.3	Specifické znaky kompostování travní hmoty .....	31
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	33
4.1	Objekt studia.....	33
5	METODY STANOVENÍ.....	38
5.1.1	Stanovení obsahu organického uhlíku.....	38
5.1.2	Stanovení celkové obsahu dusíku a poměr C/N.....	38
5.1.3	Stanovení frakčního složení HL .....	38



5.1.4	Stanovení UV-VIS spekter HL.....	39
5.1.5	ANOVA - analýza rozptylu.....	40
6	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	41
7	DISKUZE.....	49
8	ZÁVĚRY.....	50
	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	Internetové zdroje.....	54
	Seznam tabulek.....	55
	Seznam obrázků.....	56
	Seznam zkratk.....	57

# 1 ÚVOD

Půda je složitá jednotka, která pokrývá povrch naší Země a je částí suchozemského ekosystémů. Mocnost půdy může být od desítek centimetrů po několik metrů a poskytuje život v jeho pestrosti a kráse. U půdy je důležitá úrodnost, která zajišťuje obživu lidí. Půda plní i mimoprodukční funkce jako například filtrování vody, čištění vzduchu, stavba dopravní infrastruktury a celkově stavby (Šimek, 2015).

V půdě se nachází složitý komplex organických látek, které se dostávají do půdy díky posklizňovým zbytkům (kořeny, nadzemní části rostlin), organickými hnojivy (kejda, zelené hnojení, kompost apod.) nebo v půdě vznikají např. humus trvalý, půdní edafon (Richter, 1996). Tyto látky plní nezastupitelnou funkci, protože mají pozitivní efekt na tvorbu půdních agregátů, retenci vody v půdě, objemovou hmotnost a pórovitost a na obsah živin (Altmann a kol., 2013). V poslední době je zájem podpořit živou složku přímým dodáním předem kultivovaných živých organismů. Organická hmota je dodávána nejčastěji formou organo-minerálních hnojiv, které mají přímý vliv na biologickou složku půdy. Díky živé organické složce dochází k povzbuzení přirozených procesů a zvyšování půdní úrodnosti (Altmann a kol., 2013).

Z výše uvedeného je patrné, že člověk výrazně ovlivňuje obsah organické hmoty např. formou hospodaření na půdě, hnojením, osevním postupem a zpracováním půdy. Pro zvýšení obsahu organického uhlíku se aplikují různá organická hnojiva, která ale nemusí mít při vysoké aplikační dávce požadovaný efekt a může přijít například ke kontaminaci povrchových vod (Vlček, 2015).

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je sledování a vyhodnocení ukazatelů obsahu a kvality humusu u intenzivně obhospodařovaných kambizemí (lokalita Malonty). V průběhu dlouhodobých pokusů (2012 - 2016) budou hodnoceny změny obsahu a kvality humusu v ornici na dvou variantách pokusu (aplikace kompostu a kontrola). Půda je zpracovávána klasickou orbou. Literární rešerše bude zaměřena na hodnocení významu půdních humusových látek.

Bakalářská práce je vypracována s podporou projektu NAZVA (MZe, ČR) projekt QJ 1210263 "Agrochemická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty".

Bakalářská práce byla vypracována na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpl CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Půdní organická hmota

Organickou hmotou se označuje směs žijících i mrtvých organismů, rostlinných a živočišných zbytků v různých částech rozkladu a humus. Z celkové hmotnosti půdy tvoří organické látky přibližně 2 – 5%. Dělení organických látek podle (Weber, 2001) probíhá na dvě základní složky – živou část a neživou půdní organickou hmotu. Složky živé a neživé se v půdě vzájemně podmiňují a mají vliv na celkovou biologii půdy, mineralizační a imobilizační procesy (Pospíšilova a Vlček, 2015). Neživá část se dále dělí na přeměněné produkty (humus) a nepřeměněné materiály. Přeměněné produkty jsou buď nehumusové látky anebo humusové látky (Brtnický a kol., 2015). K živé části patří kořeny rostlin a edafon (mikroedafon, mezoedafon a makroedafon). Kořeny rostlin pozitivně ovlivňují biologické a chemické procesy v období vegetace a později jsou hlavním materiálem pro organickou hmotu. Obě složky se ovlivňují navzájem a díky tomuto propojení působí na procesy mineralizační a imobilizační a na přeměnu organických látek [<http://biom.cz/>]. Podle Szombathové (2010) rozdělujeme půdní organickou hmotu na čtyři základní frakce:

- **Rozdrobená organická hmota (53-2000  $\mu\text{m}$ )** – je materiál, který podléhá různě rychlé mineralizaci a malá část se přesune do humusových látek. V prostoru se vytváří stabilní a vodě odolné, strukturní agregáty,
- **Rozpuštěná organická hmota (méně jak 45  $\mu\text{m}$ )** - je směs látek, která dodává energii a uhlík pro půdní mikroorganismy,
- **Humus** - je část půdní organické hmoty kde zařazujeme huminové kyseliny a jejich soli, humáty, huminy, fulvokyseliny, hymatomelanové kyseliny (HMK) a humusové uhlí,
- **Inertní organická hmota** – je část půdní organické hmoty, která dosud nebyla přesně prozkoumaná a její staří je více jak padesát tisíc let. Humusové látky, které nebyly biologicky rozloženy se přeměňují na kerogen nebo uhlí podobné sloučeniny.

### 3.2 Půdní humusové látky

**Huminové kyseliny** – mají tmavou barvu, jsou stálé a akumulují se na místě vzniku. Jsou rozpustné v louhu a roztocích hydrolyticky zásaditých solí. V humifikačním procesu patří k nejhodnotnějším produktům. Mají vliv na kationovou výměnnou kapacitu půdy, mají složitou strukturu a vysokou molekulovou hmotnost. Působí příznivě na půdní reakci, stabilizaci půdní struktury a na pufovací schopnosti půd. V nasyceném stavu jsou vysoce odolné vůči mineralizaci (Sotáková, 1982; Jandák a kol., 2010). Elementární složení huminových kyselin a fulvokyselin je uvedeno v Tab. 1. Jak je patrné HK obsahují více uhlíku a méně kyslíku než fulvokyseliny.

*Tab. 1 Elementární složení huminových kyselin a fulvokyselin (atom. %)  
(Schnitzer, 1982)*

	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>S</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>Huminové kyseliny</b>	56,2	4,7	35,5	3,2	0,8
<b>Fulvinové kyseliny</b>	45,7	5,4	41,8	2,1	1,8

**Humáty** – jsou soli huminových kyselin s vícemocnými kationy, nejsou rozpustné ve vodě, lepší je rozpustnost v louhu nebo organických rozpouštědlech. Humáty se nejčastěji vysráží na povrchu pevných částic a v pórech V půdě odpovídají za stabilitu půdní struktury (Sotáková, 1982; Pospíšilová a Vlček, 2015).

**Fulvokyseliny** – mají žlutou až hnědou barvu, jsou velmi pohyblivé a lehce migrují v půdním profilu. Rozpustnost fulvokyselin je dobrá ve vodě, minerálních kyselinách, loužích i v roztocích hydrolyticky zásaditých solí. Mají jednodušší stavbu a jejich elementární složení uvádíme v Tab. 1. Pro fulvokyseliny je typické, že v důsledku silné kyselé reakce a dobré rozpustnosti ve vodě, jsou velmi agresivní na minerální část půdy. Ochuzují půdu o živiny a koloidní látky (Jandák a kol., 2010).

**Huminy** – vznikají reakcí huminových kyselin s jílovými minerály. Jsou charakterizovány jako nerozpustné formy huminových kyselin a jsou nejméně prozkoumané (Pospíšilová, 2015). Porovnání barevného vzhledu u půdních humusových látek je na Obr. 1.



**Obr. 1** Porovnání barev u fulvokyselin, humusových kyselin a huminů  
(<http://web2.mendelu.cz/>)

**Hymatomelanové kyseliny (HMK)** – se izolují z huminových kyselin alkoholovou extrakcí nebo vznikají při syntéze lehce rozložitelných organických zbytků (Pospíšilová a Vlček, 2015).

**Humusové uhlí** – patří mezi nejstarší složku produktu v půdním humusu. Je tmavé barvy na uhlík a dusík bohatá hmota, která se nezúčastňuje půdotvorného procesu a nemá vliv na funkci pravého humusu (Jandák a kol., 2010).

### 3.3 Tvorba humusu v půdě

Humus se tvoří v půdě těmito základními procesy – *mineralizace*, *humifikace*, *rašelinění a karbonizace*.

**Mineralizace** – proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek. V půdě má různou rychlost a intenzitu. Asi 50 – 80 % organických látek (OL) podléhá mineralizaci a rozkládají se na jednodušší anorganické látky. Anorganické látky slouží jako stavební prvky rostlin a organismů. Mineralizaci můžeme rozdělit na primární a sekundární. Primární mineralizace je závislá na chemickém složení a podle toho dochází k rozkladu organických zbytků (trvá týdny až několik let). U sekundární mineralizace dochází k rozkladu humifikovaných organických zbytků a jejich mineralizace je poměrně pomalá (Gobat et al., 2004; Jandák a kol., 2014).

**Humifikace** – má dvě stádia. V počáteční fázi rozkladu dochází nejčastěji k biologické syntéze, v závěrečné fázi k chemické a biochemické syntéze. Střídají se areobní a anaerobní podmínky. Anaerobní proces vede k tvorbě „pravého“ nebo „vlastního“ humusu. Při humifikaci dochází díky enzymatickým, biochemickým a mikrobiálním

pochoďum k rozkladu organické hmoty a vznikají nové látky (označují se jako humusové = huminové). Humusové látky mají složitější stavbu a vyšší molekulovou hmotnost (Gobat et. al., 2004; Pospíšilová a Vlček, 2015).

**Rašelinění a uhelnatění** – proces, který probíhá za omezeného přístupu vzduchu tj. v anaerobních podmínkách. Dále je důležitou podmínkou vysoká vlhkost, kyselá reakce půd, nízká teplota a nedostatek asimilovatelných živin. Při tomto procesu dochází k enzymatickým a biochemickým reakcím a účastní se anaerobní bakterie. Látky, které vznikají, jsou tmavé barvy a obsahují vysoké procento uhlíku, jsou kyselé a mají málo živin. V extrémních případech může dojít až ke karbonizaci a vznikne tzv. humusové uhlí (Jandák a kol., 2010). Na Obr. 2 je zobrazena rašelina, která vzniká tímto procesem.



*Obr. 2 Rašelina (<http://web2.mendelu.cz/>)*

### **3.4 Třídění humusu**

Jak uvádí Šarapatka (2014) třídění půdní organické hmoty závisí na původu, rozpustnosti a chemickém složení. Jedná se o složitou problematiku, proto je kritérií více. Obecně, ale platí, že humus představuje pouze část půdní organické hmoty, která prošla procesem humifikace. Sotáková (1982) vyčleňuje u půdní organické hmoty (POH) tři základní skupiny látek:

- **Materiál humusotvorný** - je složen z nerozložených organických zbytků. Zdroje jsou např. meziplodiny na hnojení, rostlinné zbytky apod.

- **Meziprodukty humifikačních procesů** - jsou tvořeny jednoduššími chemickými sloučeninami.
- **Vlastní humus** - je výsledkem humifikačních procesů, dělí se na humus živný (HK a FK) a látky nehumínové povahy a na humus stálý (huminy a humusové uhlí).

Dále humus můžeme dělit podle fyzikálního stavu, podle reakce a sorpčního nasycení, jak uvádí Zaujec a kol. (2009). Obsah humusu v půdách se liší. Půdy rozdělujeme na humózní (obsah organických látek je do 20 %) a humusové (obsah organických látek je nad 20 %). Rozdělení humózních půd dle Šarapatky (2014) je v Tab. 2.

**Tab. 2** Rozdělení humózních půd (Šarapatka, 2014)

Obsah humusu	%
Slabě humózní	< 1,0
Mírně humózní	1,0 - 2,0
Středně humózní	2,0 - 3,0
Silně humózní	3,0 - 5,0
Velmi silně humózní	> 5,0

Podle Kononové a Bělčikové (1963) provádíme třídění dle rozpustnosti následovně:

**Nespecifické (nehumifikované) látky** – tvoří 10 – 15 % z POH a patří sem OL, látky jako proteiny, cukry, lipidy, aminokyseliny, vosky, pryskyřice, celulóza, hemicelulóza, lignin, organické kyseliny a další. Pocházejí z nerozložených nebo z části rozložených zbytků rostlin, živočichů, mikroorganismů a makroedafonu (např. žížaly, chvostoskoci aj.). Podle jejich množství se hodnotí biologická aktivita půdy, jak uvádí Orlov (1985) a Pospíšilová a kol. (2016).

**Specifické (humifikované) látky** – látky, které vznikají polymerizací, polykondenzací, enzymatickou činností, prošly procesem humifikace a jsou relativně odolné vůči mikrobiálnímu rozkladu. Např. látky vznikající z polyfenolů, které se tvoří při rozkladu rostlinných zbytků. Tyto mohou i s jílovými minerály a vytvářejí huminy. Předpokládá se, že huminy jsou důležité při tvorbě půdní struktury (Orlov, 1985; Pospíšilová a Tesařová, 2009). Lze je definovat jako vysokomolekulární, organické nebo organo-minerální dusíkaté sloučeniny. Mají významné vlastnosti pro výživu a půdní úrodnost (Sotáková, 1982; Orlov, 1985).



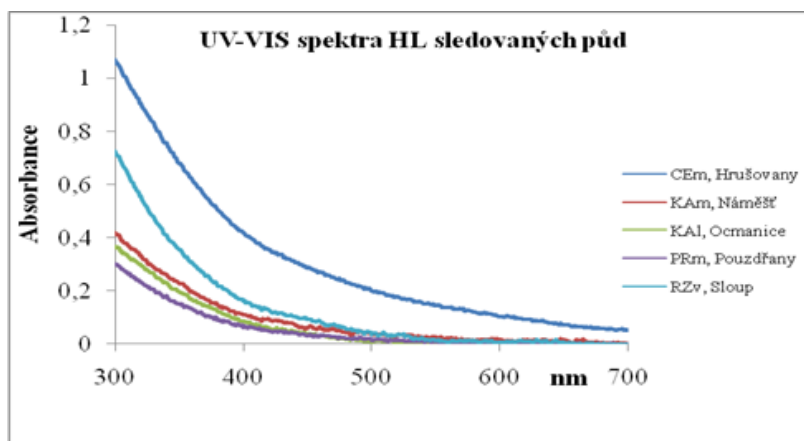
### 3.5 Identifikace POH

Organické látky v půdě je možné charakterizovat z kvantitativního a kvalitativního hlediska.

**Kvantitativní stanovení** se provádí stanovením celkového obsahu organického uhlíku. Můžeme využít spektrofotometrické metody, oxidimetrickou titraci, nebo elementární analyzátor (Pospíšilová, 2012). Zjištěný obsah organického uhlíku v procentech vynásobením koeficientem 1,724 nám určuje průměrný obsah humusu v půdě (Sotáková, 1982).

**Kvalitativní stanovení** – nám charakterizuje chemické složení a spektrální vlastnosti HL. Dále se provádí frakcionace HL a posuzuje se poměr HK/FK, který určuje kvalitu HL (Šarapatka, 2014).

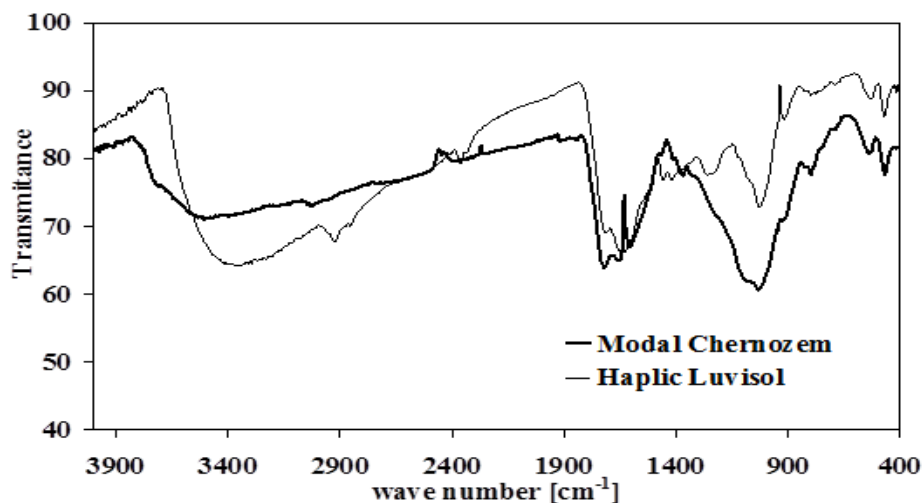
**UV-VIS spektra** – se řadí k nejvíce využívané metodě k určení kvality HL. Díky vysoké absorpci HL v UV-VIS oblasti spektra lze charakterizovat např. typy vazeb, zralost molekuly, stupeň kondenzace aj. Spektrální čáry a jejich tvar jsou ovlivněny chemickým složením HK (Kumada, 1987; Sotáková, 1982; Pospíšilová a Tesařová, 2009). Na Obr. 3 jsou dány typické spektra HL různých půdních typů v UV-VIS oblasti spektra.



Obr. 3 UV-VIS spektra HL u vybraných typů půd (Pospíšilová, 2012)

**Infračervená spektra** – i v této oblasti spektra jsou HK velmi aktivní a neexistují dvě různé látky se stejným spektrem. Výsledkem měření absorbance HL v IČ oblasti jsou pásová spektra různých typů vibračních přechodů, která jsou přiřazena funkčním

skupinám obsaženým v molekule HK (Pospíšilová a Vlček, 2015). Na Obr. 4 jsou dány typické spektra HK izolované z různých půdních typů v infračervené oblasti spektra.



*Obr. 4 FTIR spektra půdních HK měřena metodou KBr*

*Pospíšilová & Fasurová (2008)*

Z dalších metod studujících kvalitu HL lze uvést fluorescenční metody, termogravimetrické metody a metodu nukleární magnetické resonance. Podrobně tyto metody popisuje Pospíšilová (2012) a Pospíšilová a Vlček (2015).

### **3.6 Ukazatele kvality POH**

Kvalitu půdní organické hmoty hodnotíme podle těchto parametrů - *celkový obsah organického uhlíku, dusíku a poměr C/N, obsah HL, HK, FK, poměr HK/FK, barevný index a barevné křivky v UV-VIS oblasti spektra.*

#### **3.6.1 Celkový obsah organického uhlíku**

Jak bylo uvedeno dříve, v půdě stanovíme kvantitativně celkový obsah organického uhlíku (titračně, spektrofotometricky nebo na elementárním analyzátoru). Množství organického uhlíku se poté na množství humusu přepočítá pomocí vzorce:

$$\text{Humus (\%)} = C_{\text{Org}}(\%) * 1,724, \text{ kde:}$$

Kde:

$C_{\text{Org}}$  = celkový obsah organického uhlíku (%)

1,724 = koeficient Welte (1963)

Stanovíme tak všechny formy uhlíku v půdě (např. uhlík humusových látek, uhlík mikrobiální, ve vodě rozpuštěný uhlík). Toto je důležitý ukazatel množství organické hmoty. Nelze ho, ale využít pro posouzení kvality HL. Zde se využívá frakcionace HL a stanovení poměru HK/FK nebo spektrální metody (Pospíšilová a Vlček, 2015). Hodnocení obsahu celkového organického uhlíku v půdě je uvedeno v Tab. 3.

**Tab. 3** Hodnocení celkového obsahu organického uhlíku (TOC)

(Zaujec a kol., 2009)

Hodnocení	TOC (%)
Velmi nízký	< 1,0
Nízký	1,1 - 2,0
Střední	2,0 - 6,0
Vysoký	> 6,0

### 3.6.2 Celkový obsah dusíku

Dusík se v půdě nachází ve dvou formách: minerální a organický. Množství dusíku v půdě je různý, nejčastěji v rozmezí 0,05 - 0,5 %. V orníční vrstvě půdy je 98 - 99 % organického dusíku a zbytek je ve formě minerální. Dusík je vázán na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů. Díky hydrolýze jsou dusíkaté látky mineralizované na amoniak. Při tomto procesu dochází jak k rozkladu, tak i syntéze dusíkatých látek a jejich vazbě na HL. Celkový obsah dusíku v půdě se stanovuje podle Kjeldahla nebo na elementárním analyzátoru (Pospíšilová a Tesařová, 2009).

### 3.6.3 Poměr C/N

Obsah organického uhlíku a dusíku a jejich poměr patří mezi důležité indikátory kvality půdy. Čím je užší poměr (10:1 nebo nižší), tím je vyšší kvalita humusu (Pospíšilová a

Vlček, 2015). Hodnocení kvality humusu podle poměru C/N podle Zaujec a kol., 2009 uvádí Tab. 4.

**Tab. 4** Hodnocení kvality humusu podle poměru C/N (Zaujec a kol., 2009)

Hodnocení	C/N
Velmi vysoký	< 5,0
Vysoký	5,0 - 8,0
Střední	8,0 - 11,0
Nízký	11,0 - 14,0
Velmi nízký	> 14

### 3.6.4 Poměr HK/FK

Nejčastěji využívaným ukazatelem kvality půdní organické hmoty je poměr HK/FK. Přičemž stanovení obsahu HK a FK je provedeno tzv. frakcionací HL (Jandák a kol., 2009). Důležitý je i stupeň humifikace (SH), který se podle Sotákové (1988) stanoví jako:

$$SH(\%) = \sum HK / C_{org} * 100$$

Hodnocení podle HK/FK a stupeň humifikace se hodnotí podle Sotákové (1988) viz Tab. 5 a 6.

**Tab. 5** Hodnocení podle poměru HK/FK (Sotáková, 1988)

Druh humusu	%
Humus humátový	> 2
Humus fulvátovo-humátový	2 - 1
Humus humátovo-fulvátový	1 - 0,5
Humus fulvátový	< 0,5

**Tab. 6** Hodnocení podle stupně humifikace (Sotáková, 1988)

SH	%
Velmi vysoký	> 40
Vysoký	40 - 30
Střední	20 - 30
Slabý	20 - 10
Velmi slabý	< 10

Čím je vyšší hodnota poměru HK/FK a čím vyšší je stupeň humifikace, tím je vyšší i kvalita HL U našich půd je většinou poměr menší než 1 (Pospíšilová a Vlček, 2015).

### 3.7 Kambisoly

Referenční třída Kambisoly zahrnuje dva půdní typy – *kambizem a pelozem*. Pelozemě vznikají na zrnitostně těžkých substrátech. Bakalářská práce je věnována kambizemím, proto se zaměříme na jejich podrobnou charakteristiku. Kambizemě jsou typické svým zbarveným *kambickým* horizontem. Vzniká díky procesům braunifikace a bisialitizace. Při braunifikaci dochází k procesu hydrolýzy uvolněnými amorfními oxidy a hydroxidy železa, cheláty nebo goethitem difúzně rozptýlenými po povrchu částic. Proces bisialitizace mění zpevněné sedimentární horniny na primární jíly díky chemickému zvětrávání mírné intenzity. Půdy vznikají převážně na hlavním souvrství svahovin, magmatických, metamorfovaných a sedimentárních hornin (Jandák a kol., 2010). Stratigrafie kambizemí je:

#### ***O-Ah-IIC nebo Ap-Bv-IIC***

První možnost stratigrafie je **O** horizont nadložního humusu lesních půd, **Ah**- horizont humózní lesní, **IIC** souvrství substrátu vzniklého z téže horniny. Druhá možnost **Ap** orníční horizont vytvořen orbou a běžnou kultivací, **Bv** horizont hnědý, kde dominují jílové minerály a zvýšený obsah prachu a mateční hornina označena jako **C** horizont (Jandák a kol., 2010). Horizont **A** je někdy umbrifikovaný, popřípadě molikový a pod ním se nachází horizont **Bv**, který je kambický. V půdách dochází ke změnám v barvě, textuře a struktuře. Název je z latinského slova *cambiare*- měnit (Prax a Pokorný, 2004). Na Obr. 5 je půdní profil kambizemě.

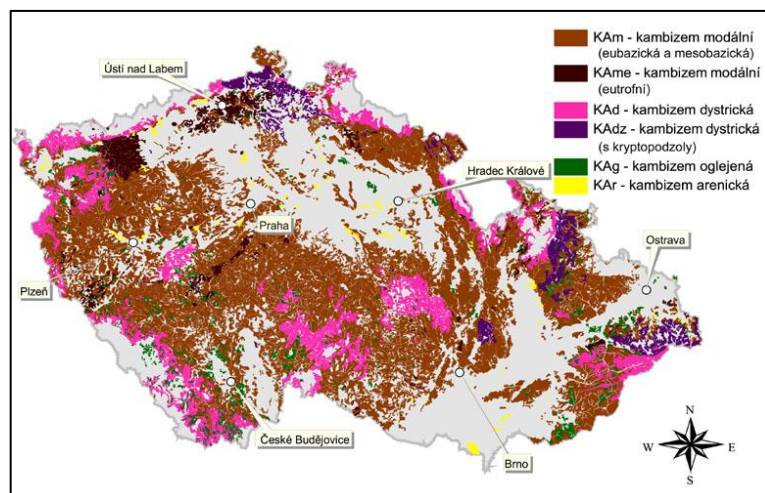


*Obr. 5 Půdní profil kambizemě*

*(www.pedologie.cz)*

Subtypy jsou výrazné modifikace půdního typu. U kambizemí je 16 subtypů: **modální-m** (středně těžké a lehčí střední půdy), **luvická-l** (slabě vyvinuté povlaky jílu na povrchu horizontu Bv), **melanická-n** (mocnost melanického horizontu je větší než 0,25 m níže morové formy nadložního humusu), **umbrická-u** (mocnost umbrického horizontu je větší než 0,25 m níže morové formy nadložního humusu), **andická-an** (mocnost andického horizontu je větší než 0,25 m níže mělové nebo moderové formy nadložního humusu), **chromická-j**, **oglejená-g** (středně výrazné rysy mramorování v Bv), **glejová-q** (reduktomorfní znaky se vyskytují níže 0,60 m), **fluvická-f** (nepravidelné rozložení organických látek v profilu), **vyluhovaná-v** (karbonáty v substrátu, v Bv nejsou karbonáty), **dystrická-d**, **litická-t** (zrnitost v profilu 1 v hloubce do 0,60 m), **arenická-r** (zrnitost v profilu 1 v hloubce do 0,60 m), **pelická-p** (zrnitost v profilu 4 v hloubce do 0,60 m), **psefytická-y** (půda z nezpevněných substrátů), **rankerová-s** (výskyt více jak 50 % skeletu v profilu), **antropická-a** (ovlivněn lidskou činností), jak uvádí Němeček a kol. (2011).

Kambizemě jsou typické velkou rozmanitostí a podle specifických, substrátových, klimatických a vegetačních podmínek můžeme nalézt veškeré formy nadložního humusu (Brtnický a kol., 2015). V ČR patří mezi nejrozšířenější půdní typ. Najdeme je v různých nadmořských výškách od nižších poloh (300-600 m n. m.) až po horské oblasti (nad 600 m n. m.). Využívají se i jako zemědělské půdy (Šarapatka, 2014, Němeček a kol., 2011). Mapa výskytu kambizemí v České republice je na Obr. 6.



*Obr. 6 Mapa výskytu kambizemí v České republice  
(<http://klasifikace.pedologie.cz>)*

### 3.8 Antropizace

Antropizace půdy souvisí s činností člověka a má pozitivní i negativní vliv. Při pozitivní antropizaci půdy dochází ke zlepšení její kvality, především k zvýšení produkční schopnosti půdy. U negativní antropizace je negativní vliv nejen na produkci, ale také na funkce filtrační, akumuláční, transformační a transportní (Šarapatka a kol., 2002).

**Pozitivní antropizace** - je snaha o zúrodnování půdy, ochrana rostlin a sklizně, a jiná agrotechnická opatření k dosažení vyšších výnosů plodin (Šarapatka a kol., 2002).

**Revitalizace půdy** - znamená obnovu a posílení základních funkcí půdy. Nejčastěji se využívají biologické metody např. hnojení organickými hnojivy, použití biologických preparátů, nasazení vhodných druhů rostlin. Příkladem může být zavlažování desertifikovaných (antropogenních suchých míst) územích.

**Renaturalizace půdy** - při této metodě je snaha o návrat a obnovu půdy do stavu prvotního před působením člověka. Rozoraná louka se zatravňuje, odlesněná plocha zalesňuje.

**Rekonstrukce půdy** - je metoda, při níž člověk obnoví zničenou půdu (sesuvem, erozí, zemětřesením aj.).

**Asanace půdy** - je metoda, kdy jsou navržena opatření ke zlepšení antropogenně znehodnocené půdy. Při asanaci se uplatňují fyzikální, chemické a biologické metody

sloužící k obnově půdy do původního stavu. Řadíme sem i paliativní metody a remediaci.

**Paliativní metoda** - spočívá v zmírnění škodlivých účinků na půdu. Tato metoda se zaměřuje na snižování rozpustnosti nebezpečných látek v půdním roztoku, na znehybnění těžce rozpustných a nerozpustných sloučenin a na vstřebávání rizikových prvků na povrchu aktivních organických a anorganických materiálů.

**Remediační metody** - jsou všechny způsoby vedoucí ke snížení množství nebezpečných prvků a látek v půdě do povolených koncentrací. Na rozdíl od paliativní metody po remediaci je půda zbavená nadměrného množství škodlivin. Příkladem je například odčerpání rizikových prvků rostlinami s odvozem a spálením biomasy na jiném místě, ředění kontaminované půdy aj. (Šarapatka a kol., 2002).

**Negativní antropizace** - je záporný vliv, který souvisí se znehodnocováním a degradací půdy (Vlček, 2015).

**Degradace půdy** - snižuje kvalitu a zdraví půdy a může být vratná nebo nevratná. Působí nejen na půdu, ale i na okolí. Je způsobena buď přírodními mechanismy (např. půdotvorné procesy, přesun látek, změna ve složení obsahu organických látek aj.) nebo činností člověka. Degradace vlivem lidské činnosti je představena např. odlesňováním, využíváním půdy ve velké míře pro pastvu, používání nevhodných zemědělských technologií, průmyslových technologií apod. (Vlček, 2015).

### 3.9 Způsob zpracování půdy

#### 3.9.1 Vliv zpracování půdy na půdní organickou hmotu

Při změně trvalých travních porostů na půdy orné dochází k ubývání ve velkém množství půdní organické hmoty a bez hnojení ještě víc klesá. Hloubkovou orbou dochází k rychlejšímu rozkladu organické hmoty (procesu mineralizace). Dochází ke většímu uvolňování živin (převážně dusíku), což je pro rostlinu pozitivní, z negativního hlediska je vyšší degradace půdní organické hmoty a díky erozi jsou živiny vyplaveny nebo odneseny. Důležité je sledovat řadu podmínek např. hloubka orby, utužená vrstva půdy, kvalita organické hmoty a poměru C:N, půdní druh, teplota, půdní reakce aj.



Půdy zpracované pomocí orby mají nižší obsah i kvalitu organické hmoty než půdy bez použití orby. Díky orbě probíhá proces mineralizace intenzivněji. Bez orby dochází ke vzniku i vlastního humusu a obsah  $C_{org}$  je vyšší (Smutný a kol., 2015).

Zemědělci by mohli provést řadu změn ve svých operacích a zastavit úbytek organické hmoty. Jedním z cílů je vrátit půdu k více produktivnímu stavu díky snížení zátěže těžkou technikou, střídáním plodin, mnohotvárnosti pěstovaných plodin a aplikováním organických hnojiv (Whalen a Sampedro, 2010).

### 3.9.2 Agronomické vlastnosti půdy

U každé krajiny je důležité zúrodňovat a chránit půdu tak, aby další generace získala půdu s lepšími vlastnostmi. Kvalita půdy je nejčastěji spjatá s úrodností, ale i s fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi. Využívání půdy člověkem zásadně ovlivňuje kvalitu půdy. Agronomické vlastnosti souvisí jak s úrodností, tak se způsobem zpracování půdy a vlastnostmi daného půdního typu (Žák a kol., 2011).

**Konvenční způsob zpracování půdy** se řadí mezi běžné postupy, charakteristické každoročním opakováním, kypřením a obrácením ornice radličným pluhem. Mezi nejdůležitější agrotechnické opatření patří orba (Hůla a kol., 1997). V konvekčním způsobu je snaha o udržení půdní úrodnosti a to díky dodání vyššího množství organické hmoty. Způsoby zpracování půdy jsou v současnosti přehodnocovány. Nejvyšší úrody jsou při dostatečném provzdušnění a při dobrých fyzikálních vlastnostech půdy (Pospíšil a kol., 2014).

**Podmítka** je první zásah do zpracování půdy při sklizni plodin (obilnin, zrnin a píce) v letním období. Při provedení po sklizni podmítka zanechává strniště a má příznivý vliv na půdu. Díky podmítce dochází k promíchání rostlinných zbytků s povrchovou vrstvou ornice. Podmítka má vliv na klíčení semen (především jednoletých plevelů), na hospodaření s půdní vodou, na potlačování chorob a škůdců plodin, provzdušnění půdy, lepší zpracování půdy (Hůla a kol., 1997).

**Orba** představuje základní úpravu půdy a díky orbě dochází ke kypření půdy, drobení půdy, obrácení zpracované vrstvy půdy a promíchávání půdy s rostlinnými zbytky a hnojivy. Míra využití orby závisí na zrnitosti půdy, vlhkosti půdy, struktury půdy a na orební soupravě. Správná orba má vliv na potlačování plevelů, chorob a škůdců plodin.

U jednoletých plevelů jsou však opačné účinky. Mezi nepříznivé účinky orby je především snižování půdních organismů (žížaly a chvostokoci). Při orbě také dochází k narušování přirozené tvorby strukturních agregátů (Hůla a kol., 1997). Hloubka orby závisí především na stavu půdy a osevním postupu.

**Mělká orba** (do 18 cm) se používá na mělkých půdách nebo při vysévání meziplodin v letních obdobích.

**Střední orba** (18 až 24 cm) se používá nejčastěji u obilovin, řepky a luskovin. Negativní vliv při větší hloubce se projevuje především za sucha zvýšenou tvorbou hrud.

**Hluboká orba** (více než 30 cm) má největší vliv na vlastnosti půdy a využívá se u plodin jako například cukrovka, krmná řepa aj. Hluboká orba má pozitivní vliv na ničení víceletých plevelů, ale zase je energeticky náročným zákrokem.

Z hlediska doby provedení orby se rozlišuje:

**Letní orba** je mělká orba, která se provádí k meziplodinám nebo k druhé plodině (po následující sklizni brambor či ozimých směsek).

**Seťová orba** provádí se k ozimým plodinám (obilninám a řepce).

**Podzimní orba** provádí se k jarním plodinám (obilniny, kukuřice, cukrovka, brambory, luskoviny a další plodiny).

**Jarní orba** provádí se při nouzovém opatření. Není vhodná díky špatnému hospodaření se zimní vláhou, způsobuje oddálení termínu setí či sazení plodin na jaře.

Mechanizační stroje pro zpracování půdy jsou například pluh, talířový podmítač, dlátový kypřič, radličkový kypřič (Hůla a kol., 1997).

### **Technologie zpracování půdy**

Zpracování půdy je základ pro pěstování plodin. Je dobré vždy uvážit, který způsob zpracování volíme, vzhledem k ochraně půdy proti erozi, bilanci vody, udržení úrodnosti půdy, využití posklizňových zbytků a ochrany před zhutněním půdy. Na základě fyzikálních vlastností má být daná agrotechnika k půdě šetrná a v konečném důsledku nemá mít negativní vliv celkově na půdu (Pospíšil a kol., 2014).

#### **3.9.3 Minimalizační technologie zpracování půdy**

U minimalizace půdy je důležité dodržovat redukci hloubky a intenzitu zpracování půdy (nejlépe je ponechání zbytků rostlin na povrchu nebo ve vrchní části půdy). Dochází tak k mělkému zpracování půdy, nahrazení orby kypřením, výsevy plodin do povrchově zpracované a do nezpracované půdy, výsevy meziplodin do vymrzající nebo

přezimující půdy a jiné formy. V ČR je využívání minimalizačních technologií na vzestupu díky vhodné technice. Výhody jsou především v oblasti ekologické, ekonomické a technické.

Příznivý vliv minimalizačních technologií se projevuje na struktuře půdy, omezení vodní a větrné eroze, zlepšení stavu kvality a obsahu půdního humusu, zlepšení využití půdní vody, omezení vyplavování půdního dusíku. Z ekonomického hlediska jsou to výhody úspory práce a energie (Procházková a kol., 2011).

#### **3.9.4 Ochranné zpracování půdy**

**Ochranné zpracování půdy** je typické tím, že v době růstu rostlin musí být nejméně 30 % půdy pokryto rostlinnými zbytky. U ochranného zpracování půdy se ponechávají zbytky rostlin nebo meziplodin na povrchu půdy jako mulč. Mulč má dobrý vliv na ochranu půdy, půdního prostředí a na výnosy plodin (Hůla a kol., 2008).

Půdoochranný pozitivní účinek má především na snížení eroze. Díky rostlinným zbytkům je povrch půdy chráněn proti přívalovým dešťům a odnášením půdy. Projevuje se to i na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech půdy. Ochranné zpracování má pozitivní účinek na uchování půdní vody (například menší odtok z povrchu půdy, redukce ztráty vody, vyšší retenční a akumulační schopnosti půdy aj.), ochranu proti slunečnímu záření a zvýšení biologické aktivity vrchní vrstvy půdy (Hůla a kol., 2008).

Vliv na výnosy plodin závisí především na vlastnostech pěstované plodiny a na prostředí. Mulč, který nám udržuje půdní vodu, má vliv pozitivní (v suchých oblastech) i negativní (v oblastech s vysokými srážkami). U výnosu závisí na kvantitě a kvalitě mulče rostlin a na specifických podmínkách prostředí. Produkční výnosy jsou ovlivněny časově díky tomu, jak mulč působí na vlastnosti půdy (Hůla a kol., 2008).

Na Obr. 7 je vyobrazen pokryv povrchu půdy mulčem.



*Obr. 7 Mulčování (<http://www.ekozahrady.com/mulcovani.htm>)*

### **3.10 Kompost**

Kompost je přírodní hnojivo, které vzniká pomalým biologickým rozkladem a je zdrojem organických látek a živin. Má široký poměr C:N (čím vyšší poměr C:N, tím dochází k pomalejšímu rozkladu a naopak). Kompost má zásadité pH, obsahuje makroprvky jako je P, K, Ca, Mg, stabilní humus a půdní mikroorganismy. Na Obr. 8 je nahromaděný rostlinný materiál- kompost (Hejátková a kol., 2007).



*Obr. 8 Kompost (<http://www.keliwood.cz/aktuality/kompost>)*

### 3.10.1 Kompostování a kvalita kompostu

Hlavními faktory, které ovlivňují množství a kvalitu kompostu je vlhkost a teplota.

**Vlhkost** podporuje správnou činnost a aktivitu mikrobiálních rozkladačů. Při vysoké vlhkosti dochází snižování optimální teploty uvnitř kompostované skládky a tím zpomaluje fyziologickou činnost mikroorganismů. Vysoká vlhkost může mít vliv na strukturální meziprostory, kde se uchovávají vzduchové rezervy pro mikroorganismy. Při nedostatečné vlhkosti je snižena až utlumená činnost mikrobiontů a jejich žádoucích aktivit, dále se omezují vícečetné biochemické děje, které se podílejí na rozkladu biologického materiálu na humózní hmotu. Optimální vlhkost uvnitř kompostu je v rozmezí od 40 do 65 %.

**Teplota** je důležitá pro život mikroorganismů v kompostu. Optimální teplota v kompostu je od 30 do 40 °C. Při nízkých teplotách jsou omezené vitální a reprodukční děje mikroorganismů. Při následném zvýšení teploty se opět děje u mikroorganismů spustí. Při vysoké teplotě dochází ke smrti mikroorganismů a už se mikroorganismy neoživí (Hejátková a kol., 2007). V Tab. 7 lze vidět požadavky na kvalitní kompost.

**Tab. 7** Požadavky na jakost kompostu podle ČSN 465735 (Filip a kol., 2002)

Znak jakosti	Hodnota
Vlhkost v %	od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku, avšak min. 40,0 a max. 65,0
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku v %	min. 25,0
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek v %	min. 0,60
Poměr C:N	max. 30:1
Hodnota pH	od 6,0 do 8,5
Nerozložitelné příměsi v %	max. 2,0
Homogenita celku v % relativních	± 30

Proces kompostování probíhá prostředí za přístupu vzduchu, při němž je základ co nejrychleji a nejehospodárněji rozložit původní organické látky a převést je na stabilní humusové látky. Při kompostování je přeměna organických látek jako u půdy a rozdíl je

v tom, že kompostování lze technologicky ovládat a lze rychleji a efektivněji získat HL než v polních podmínkách (Hejátková a kol., 2007). Kompostování je možné shrnout na jednotlivé fáze:

**Primární rozklad** je intenzivní rozklad lehce rozložitelných látek (cukr, škrob, bílkoviny) na látky jednoduché (aminokyseliny, monosacharidy). Doba rozkladu je 1 až 10 týdnů při teplotě v rozmezí 20 až 50 °C. Důležité je hlídat vlhkost v kompostu, teplotu, počet a termín překopávek.

**Sekundární rozklad** je fáze dozrávání a stabilizace. V této fázi zásluhou termofilních bakterií se zvyšuje teplota (70 °C) a dochází k odbourávání těžce rozložitelných organických látek (lignin, celulóza). Zásluhou původní mikroflóry dojde ke stabilizaci a produkci zralého kompostu, kompost je homogenní a bez zápachu. Potřeba je dostatečná výměna plynů a zabránění promáčení srážkovou vodou.

**Finalizace kompostu** je fáze po sekundárním rozkladu, kdy dochází ke zpracování kompostu. Kompost může být i zpracován během fáze rozkladu, ale je nutné sledovat vlastnosti kompostu (vlhkost, struktura apod.). Základní funkce pro zpracování kompostu jsou např. prosetí nadměrných částic, odstranění znečišťujících látek (plast, kovy), druhotné drcení, oddělení materiálu, který se nerozložil.

**Skládkování kompostu** je závislé na zamyšleném použití, stupni vyzrálosti, stabilizaci, poptávce na trhu a může trvat od 0 dní po několik měsíců. Kompost je tuhým organickým hnojivem a nachází se v něm vysoký obsah stabilizovaného dusíku v huminové frakci. Zralý kompost je důležité překopávat (jednou za 3 – 4 týdny) a musí být zajištěn dostatečný přísun kyslíku. U skládkování kompostu je významná ochrana před promáčením, ochrana před znečištěním, pravidelný pohyb a provzdušnění kompostu (Hejátková a kol., 2007).

### 3.10.2 Složení kompostu

Kompost by měl obsahovat snadno se rozkládající zbytky organického původu. Vhodné suroviny pro kvalitní kompost jsou proto např. rostlinné zbytky, kávové a čajové zbytky, novinový papír, mléčné produkty, posekaná tráva aj.) Nevhodné materiály nám naopak znehodnocují kompost (např. chemické ošetřené materiály, popel z uhlí, časopisy, plasty, kovy aj.)

Kompost je buď materiál čerstvý, zelený a obsahuje více dusíku nebo materiál starší, dřevnatý, který obsahuje více uhlíku. Oba druhy materiálu se promíchávají v poměru 3:1 (starší:mladší). Materiál je nutné promíchávat, aby kompost měl dostatečný přístup ke kyslíku. U kompostu je nutné větší kusy rozdrtit na menší. Optimální poměr C:N (30:1) se může regulovat vhodným poměrem organických látek (Oujezdská, 2013). V Tab. 8 je možné vidět organické látky a k nim poměr C:N.

**Tab. 8** Poměr C:N v některých surovinách ke kompostování

(<http://www.kompostery.cz>)

Surovina	Poměr C:N
Posekaná tráva	20:1
Odpad z kuchyně	20:1
Hnůj skotu	20:1
Koňský hnůj	25:1
Listí	50:1
Jehličí	70:1
Sláma	100:1
Kůra	120:1
Dřevo	200:1
Piliny	500:1

### 3.10.3 Specifické znaky kompostování travní hmoty

Travní směs má různorodé složení (viz. Tab. 9) a je příznivá na zejména z hlediska chemického složení pro kompostování. Chemické složení travní směsi je možné ovlivnit např. technologií sklizně, ale ovlivňuje ji i staří porostů a botanického složení rostlin (Kollárová a Plíva, 2008).

**Tab. 9** Chemické složení travní biomasy (Kollárová, Plíva 2008)

Prvek	Hodnota v %
N v sušině	1,6 – 2,9
Draslík (K <sub>2</sub> O)	1,5 – 2,5
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,6 – 0,9
Vápník (CaO)	0,8 – 1
Hořčík (MgO)	0,3 – 0,4
Poměr C:N	22 – 45 :1

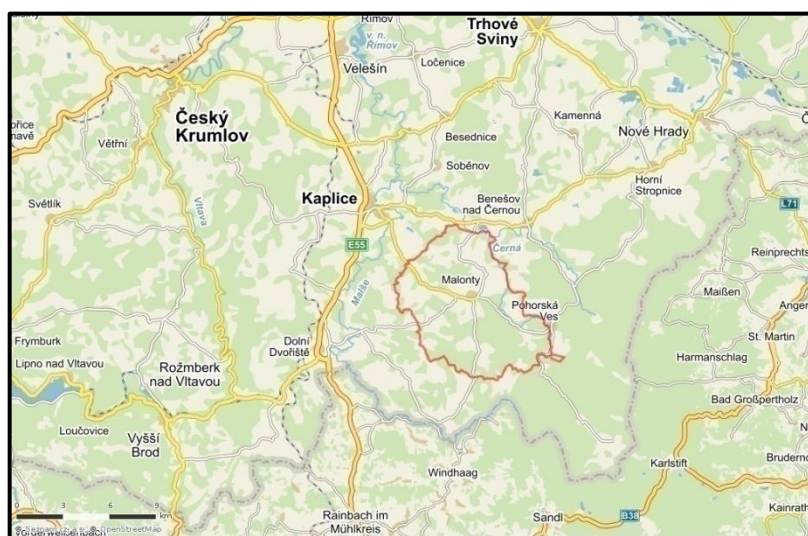
Pro zabezpečení mikroflóry se do kompostu s travní biomasou přidává zemina. Dostačující přídavek je 5 až 10 % hmotnosti kompostu. Ligno-celulózový substrát je rovněž vhodným přídavkem, který má pozitivní vliv na fyzikální vlastnosti a zabezpečuje pórovitost a přirozenou ventilaci zrajícího kompostu. Vhodné přídavky do kompostu jsou látky se širokým poměrem C/N např. drcená stromová kůra, řezaná sláma obilnin nebo dřevní štěpka z průřezu při údržbě dřevin (Kollárová a Plíva, 2008).



## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Objekt studia

Lokalita Malonty se nachází v okrese Český Krumlov v Jihočeském kraji. Dle Culka (1996) náleží území do českokrumlovského bioregionu, který zabírá novohradské podhůří a východní část šumavského podhůří. V severní části území je větší zastoupení malých vodních toků s vodními nádržemi v okolí sídel pro hospodářské účely. Průměrná nadmořská výška je 680 m n.m. Vegetace je charakterizována mozaikou vegetačních stupňů od dubovo-bukového až jedlovo-bukového, místy s horskými i teplomilnými druhy. Díky hospodaření v lesích převažují smrkové kultury. Na území se nachází četná rašeliniště. Horninové podloží je tvořeno masivy granulitických rul až granulitů, prokládané pásy kordieritických rul s amfibolity, hadci a kvarcity. Reliéf je charakterizován s různou výškovou členitostí, od pahorkatin až po plochou hornatinu. Na vrcholech se vyskytují skalní sruby, balvanité sutě a proudy. Podnebí je mírně teplé (6 °C) a s nižšími srážkami (650 mm), díky srážkovému stínu ze sousední Šumavy. Pro území Malonty na plošinách novohradského podhůří se vyskytují typické kambizemě. V podhůří se nachází pseudoglejové kambizemě, které přechází ve sníženinách až do primárních pseudoglejů. V nejvyšších nadmořských výškách (nad 650 m) jsou dystrické kambizemě a podzoly. Podél říčních toků se nachází kamenité fluvizemě. Na Obr. 9 je mapa území Malonty.



*Obr. 9* Mapa území Malonty ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 3.2 Charakteristika půdy

Půdní typ, který zde byl klasifikován, je kambizem modální (KAm). Půdní sonda je lokalizována v nadmořské výšce 669,34 m n.m. GPS souřadnice jsou 48,68871 N, 014,57433 E. Sonda byla vykopána uprostřed mírného svahu (sklon je 5,4°). Půdotvorný substrát tvoří rul. Klimatický region je mírně teplý, vlhký. Na orné půdě byl porost pšenice.

#### Popis půdního profilu:

**Ap** je humusový orniční horizont a dosahuje hloubky 30 cm. Barva horizontu je 7,5YR3/4. Půda je vlahá, má práškovou strukturu, písčitohlinitá, hojná příměs skeletu o průměru 5 - 15 mm, neobsahuje karbonáty, viditelný přechod podle utužení a prokořenění.

**Bv** je kambický horizont, hloubka od 30 cm do 60 cm. Barva horizontu je 7,5YR4/3. Půda je vlahá, bezstrukturní a má vysoký podíl písčitých částic, slídy a skeletu. Skelet má velikost o průměru 30 – 50 mm. Půda neobsahuje karbonáty, viditelný přechod podle barvy a vlhkosti.

**B<sub>cg</sub>** je horizont, který přechází do substrátu v hloubce od 60 cm do 90 cm. Barva horizontu je 7,5 YR 5/6 za vlhka. Půda je bezstrukturní, lepivá, bez karbonátů. Půda má vysoký podíl skeletu o průměru 30 – 50 mm a obsahuje i větší kameny. Ve spodní části jsou náznaky oglejení a přechod je viditelný podle vlhkosti a barvy.

**C** (více než 90 cm) – rula.

Na Obr. 10 je fotografie půdního profilu kambizemě modální (Malonty).



**Obr. 10** Půdní profil kambizemě modální- Malonty

(foto: Pospíšilová, 2012)

### 3.3 Charakteristika dlouhodobého pokusu

Na vybraném pozemku byly vymezeny 3 parcely o velikosti 50x100 m, délka ve směru spádnice (viz Obr. 11). První parcela byla hnojena dávkou hnoje shodnou celým pozemkem. Na druhé parcele byla dávka zvýšená. Třetí parcela nebyla hnojena. Hnůj byl rozmetán pomocí rozmetadla hnoje RMA 10 na podvozku Tatra 815Z. Na pokusných parcelách (i nehnojených) se uskutečnily jízdy po spádnici s roztečí po 7 m. Plocha pozemku mimo pokusné parcely a na srovnávací parcele byla hnojena při stejném nastavení dávky na rozmetadle s roztečí pracovních jízd 10 m. Na západní srovnávací parcele a na ploše pozemku mimo pokusné parcely byla aplikována dávka  $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  hnoje. Na prostřední parcele byla dávka zvýšená a skutečná dávka hnoje byla  $38,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na Obr. 12 je přímo pokusná plocha.



**Obr. 11** Schéma založených experimentálních parcel na pozemku Malonty  
(foto: Pospíšilová, 2012)



*Obr. 12 Pokusná plocha - lokalita Malonty (foto: Pospíšilová, 2012)*

### **3.5 Parametry použitého kompostu**

Na pokusných pozemcích byl po 4 roky dodáván kompost. Na hnojených variantách se kompost dávkoval v množství průměrně 20 t/ha (v sušině). Na nehnojených variantách nebyl dodáván žádný kompost. Sláma plodin byla sklizena a na hodnocených plochách k zajištění bezchybné práce byly sebrány kameny. V Tab. 10 jsou dány ukazatele aplikovaného kompostu.

**Tab. 10** Chemické ukazatele aplikovaného kompostu

Chemický rozbor			č. vzorku 9853	
Ukazatel	výsledek	jednotka	metoda	
Arsen	7,55	mg/kg v sušině	SOP 02 C (ČSN EN ISO 15586)	A
Kadmium	0,53	mg/kg v sušině	SOP 02 C (ČSN EN ISO 5961)	A
Chrom	34,2	mg/kg v sušině	SOP 23 C (ČSN EN 1233)	A
Měď	59,9	mg/kg v sušině	SOP 23 C (ČSN ISO 8288)	A
Rtuť	0,233	mg/kg v sušině	SOP 03 (ČSN 465735, ČSN 721227)	A
Molybden	2,1	mg/kg v sušině	SOP 02 C (ČSN EN ISO 15586)	A
Nikl	21,3	mg/kg v sušině	SOP 23 C (ČSN ISO 8288)	A
Olovo	27,2	mg/kg v sušině	SOP 23 C (ČSN ISO 8288)	A
Zinek	257	mg/kg v sušině	SOP 23 C (ČSN ISO 8288)	A
Vlhkost	32,3	%	SOP 32 (ČSN EN 12879)	A
pH	7,39		SOP 44 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	A
Vápník jako CaO	28,1	g/kg v sušině	SOP 60 A (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	A
Draslík jako K <sub>2</sub> O	21,2	g/kg v sušině	SOP 28 B (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	A
Fosfor jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6	g/kg v sušině	SOP 62 A (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	A
Spalitelné látky	29,8	% v sušině	SOP 32 (ČSN EN 12879)	A
Dusík celkový	0,97	% v sušině	SOP 61 A (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	A
Nerzložitelné příměsi		%	SOP 48 (ČSN 465735)	A
Poměr C:N	15		SOP 85 (JPP - ÚKZÚZ, Brno)	N

*Pozn.: SOP – standardní operační postup*

## 5 METODY STANOVENÍ

### 5.1.1 Stanovení obsahu organického uhlíku

Množství organického uhlíku ( $C_{org}$ ) bylo stanoveno pomocí oxidimetrické titrace (Walkley-Blacka v modifikaci Novák-Pelišek, In: Jandák a kol. 2010). Organický uhlík se zoxiduje chromsírovou směsí při zvýšené teplotě a oxidačně-redukční titrací Mohrovou solí se určí nezreagovaný zbytek chromsírové směsi (Pospíšilová a Vlček, 2015). Podrobný postup a výpočet uvádí Jandák a kol. (2010). Výpočet obsahu humusu je uveden na str. 12, vyhodnocení dle Tab. 2.

### 5.1.2 Stanovení celkové obsahu dusíku a poměr C/N

Celkový obsah dusíku byl stanoven standardní metodou na elementárním analyzátoru LECO (LECO TruSpec CN, 2006). LECO TruSpec je mikro-elementární analyzátor, který stanoví obsah prvků C, H, N, S a O v mikro-navážkách vzorků (1 až 10 mg). Na Obr. 13 je analyzátor, který nám stanovuje obsah C/N.



**Obr. 13** Elementárním analyzátor LECO TruSpec CN (<https://www.leco.com/>)

### 5.1.3 Stanovení frakčního složení HL

Metoda stanovení frakčního složení humusu se používá k určení množství HK a FK a pro výpočet poměru HK/FK. Frakcionace HL se provádí podle Kononové a Bělčikové (1963) a spočívá v rozrušování stabilních sloučenin humátu vápenatých, hořečnatých,

pufrovaným roztokem pyrofosforečnanu sodného. Díky tomu vznikají nerozpustné sloučeniny pyrofosfátu Ca, Mg, Al, Fe a uvolňují se rozpustné humáty. Pomocí této metody stanovíme volné a vázané HL. Podrobný postup uvádějí Pospíšilová a Tesařová, (2009).

#### 5.1.4 Stanovení UV-VIS spekter HL

Jak bylo uvedeno dříve, spektrometricky dle barevného koeficientu (Q 4/6) lze hodnotit kvalitu HL. Princip stanovení UV-VIS spekter vychází z Lambert – Beerova zákon o empirickém vztahu mezi intenzitou absorpce monochromatického záření po průchodu nádobky z optického skla o stanovené tloušťce, ve které se měřený roztok nachází v dané nebo zjišťované koncentrace (Jandák a kol., 2009).

$$A = \log I_0 / I = \log I / T = E * C * L$$

Kde:

A- absorpance (optická hustota)

I<sub>0</sub>- intenzita záření před vstupem do nádobky z optického skla

I- intenzita záření po průchodu nádobky z optického skla

T- transparence

E- molární extinkční koeficient

C- molární koncentrace

L- hloubka nádobky

UV-VIS spektra se měří přímo v alkalickém výluhu (HK) nebo v pyrofosforečnanovém výluhu (HL). Podrobný postup měření uvádějí Sotáková (1982) a Pospíšilová (2012). Měření byla provedena na spektrometru Varian Cary 50 Probes optickým vláknem, jehož parametry jsou uvedeny v Tab. 11.

**Tab. 11** Parametry přístroje UV-VIS spektrometr Varian Cary 50 Probe  
(Pospíšilová a Tesařová, 2009)

<b>Parametr</b>	<b>Charakteristika</b>
<b>Start (nm)</b>	<b>700</b>
<b>Stop (nm)</b>	300
<b>X Mode</b>	Nanometry
<b>Y Mode</b>	Absorbance
<b>UV-VIS skenovací rychlost (nm/min)</b>	1200
<b>UV-VIS interval měření dat (nm)</b>	1
<b>UV-VIS průměrný čas (sec.)</b>	0,05
<b>Optický režim</b>	Dvojitý paprsek
<b>Základní korekční linie</b>	ANO
<b>Cyklický režim</b>	NE

### 5.1.5 ANOVA - analýza rozptylu

K vyhodnocení analýz byla použita jednofaktorová analýza ANOVA. Analýza rozptylu patří mezi nejjednodušší statistické metody. Zjišťuje se, jestli skupiny vytvořené klasifikačním faktorem jsou si podobné nebo zda jednotlivé průměry tvoří homogenní podskupiny s podobnými hodnotami [<http://cit.vfu.cz/>].



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

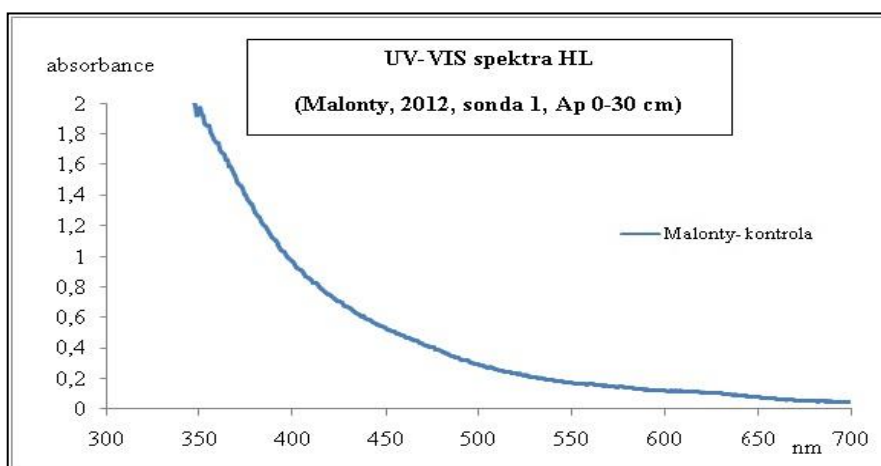
Změny v obsahu a kvalitě HL u kambizemě modální (Malonty) v průběhu let (2012 – 2016) při konvenčním zpracování půdy jsou uvedeny v Tab. 12 – 14.

### Rok 2012

V tomhle roce začala být půda sledována a byl aplikován kompost. Půda je nezasolená a nejsou v ní žádné karbonáty. Celkový obsah organického uhlíku je 2,13 % a obsah humusu je střední. Celkový obsah dusíku je střední (0,18 %). Poměr C/N je 11,4 a zásoba dusíku je střední až nižší. Množství HL činilo 6 g/kg, HK = 3 g/kg a FK = 3 g/kg. Poměr HK/FK kolem 1 indikuje fulvátně - humátový typ humusu – viz Tab. 12. Stupeň humifikace byl nízký (14,1 %). Absorbance HL v UV-VIS oblasti spektra je střední nižší – viz Obr. 14. Hodnoty barevného indexu ( $Q_{4/6}$ ) jsou vysoké a mají hodnotu 5. Vysoké hodnoty barevného indexu poukazují na mladé humusové látky.

**Tab. 12** Obsah a kvalita HL kambizemě modální (2012)

	Hloubka (cm)	C <sub>org</sub>	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	Q <sub>4/6</sub>	Nt	C/N
Jaro 2012		%	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)		%		%	
orba - kontrola	0-30	2,13	6	3	3	1	14,1	5	0,18	11,4



**Obr. 14** UV-VIS spektra HL kambizemě modální (2012)

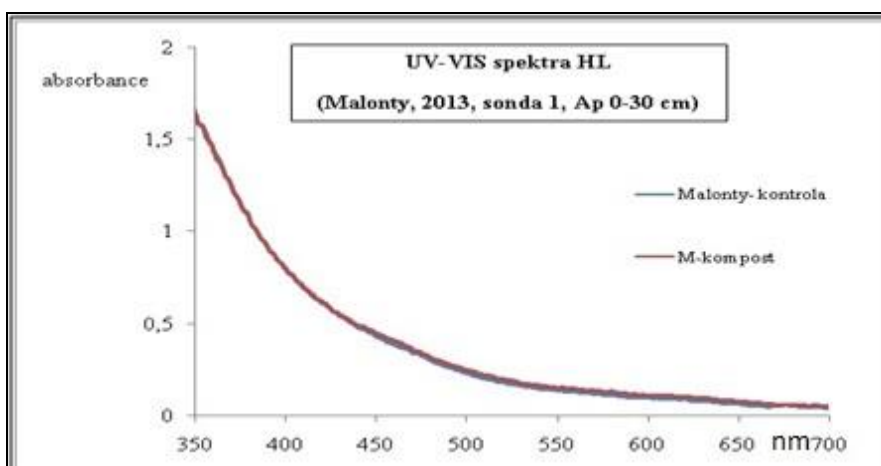
### Rok 2013

Po aplikaci kompostu je  $C_{org}$  vyšší než u kontroly a je ve středních hodnotách (z 1,88 na 2,33 %). Celkový obsah dusíku se rovněž mírně zvýšil z 0,2 na 0,22 %. Poměr C/N klesl od 9,4 – 10,5 a značí, že zásoba dusíku je střední. Na jaře HL, HK a FK měly po aplikaci kompostu hodnoty 5,7 g/kg, 2,7 g/kg a 3,0 g/kg. Na podzim se hodnoty HL, HK a FK snížily. Poměr HK/FK byl menší než 1 a kvalita humusu je nižší střední. Hodnota stupně humifikace klesla 24,5 % a značí střední hodnotu (Tab. 13). Zásluhou aplikace kompostu je kvalita HL vyšší, jak ukazuje i absorpance HL v UV-VIS oblasti spektra (viz Obr. 15).

**Tab. 13** Obsah a kvalita HL kambizemě modální (2013)

	Hloubka (cm)	$C_{org}$	Humus	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	$Q_{4/6}$	Nt	C/N
<b>Jaro 2013</b>		%	%	g/kg	g/kg	g/kg		%		%	
orba - kontrola	0-20	1,88	3,24	5,4	2	3	0,74	28,72	7,5	0,2	9,4
orba - kompost	0-20	2,33	4,02	5,7	3	3	0,84	24,46	7	0,22	10,6
<b>Podzim 2013</b>											
orba - kontrola	0-20	1,73	2,98	0,58	0,2	4	0,53	33,53	6,5	nd	nd
orba - kompost	0-20	1,88	3,24	0,53	0,2	3	0,71	28,19	6	nd	nd

Pozn.: nd = not determined



**Obr. 15** UV-VIS spektra HL kambizemě modální (2013)

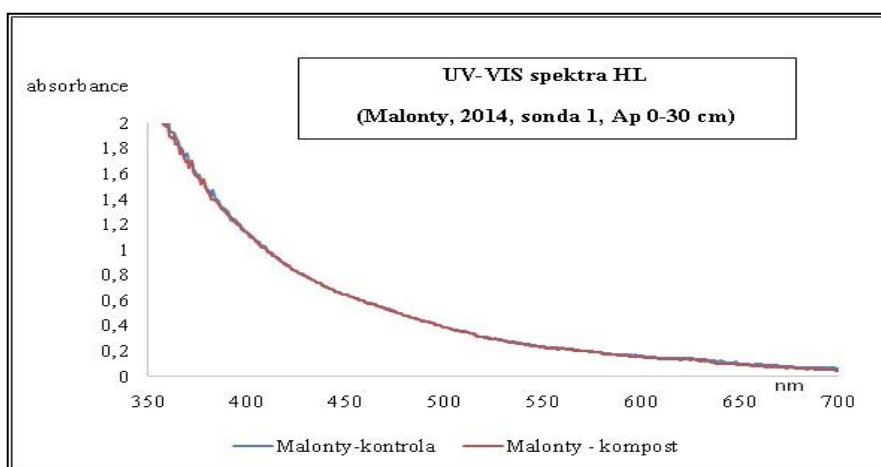
## 2014

Na kontrole i po aplikaci kompostu je celkový obsah uhlíku ve středních hodnotách 1,7 – 2,17 %. Na podzim po aplikaci kompostu je až vysoký obsah humusu. Obsah dusíku je střední (0,19 %). Poměr C/N je užší po aplikaci kompostu (8,8). Hodnotíme ho jako příznivější pro MO než na kontrole. Obsah HL byl 8 g/kg, HK = 4 g/kg a FK = 4 g/kg. Poměr HK/FK byl kolem 1. Stupeň humifikace má hodnotu na jaře průměrně 38 % (vysoká hodnota), na podzim 30 % (střední hodnota). Kvalita humusu je střední a jedná se o fulvátně - humátní typ humusu (Tab. 14). Všechny sledované parametry jsou příznivější po aplikaci kompostu. Absorbance HL v UV-VIS oblasti spektra je střední. Hodnoty frakčního složení HL indikují mladé HL (viz Obr. 16).

**Tab. 14** Obsah a kvalita HL u kamizemě modální (2014)

	Hloubka (cm)	C <sub>org</sub>	Humus	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	Q <sub>4/6</sub>	Nt	C/N
Jaro 2014		%	%	g/kg	g/kg	g/kg		%		%	
orba - kontrola	0-20	2	3,45	7,5	2,5	5	0,5	37,5	6	0,19	10,5
orba - kompost	0-20	1,95	3,36	8	3	5	0,6	41,03	5,5	0,22	8,8
Podzim 2014											
orba - kontrola	0-20	1,7	2,93	0,58	0,28	0,3	0,9	34,12	5,9	nd	nd
orba - kompost	0-20	2,17	3,74	0,62	0,25	0,3	0,83	28,57	6	nd	nd

Pozn.: nd = not determined



**Obr. 16** UV-VIS spektra HL kambizemě modální (2014)

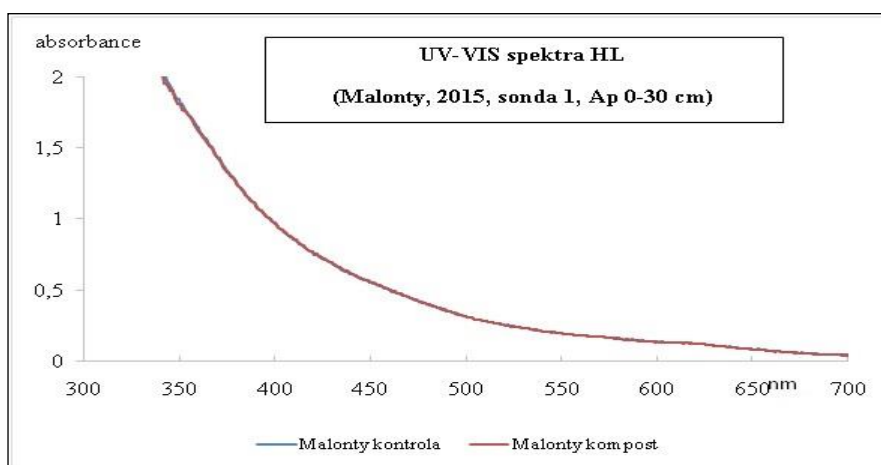
## 2015

Celkový obsah  $C_{org}$  je na jaře v hodnotách 1,3 % a na podzim 1,8 %. U kompostu je mírně vyšší hodnota  $C_{org}$ . Obsah humusu je střední. Celkový obsah dusíku je v hodnotách 0,2 - 0,23 % a hodnotíme ho jako střední. Poměr C/N značí vysokou zásobu dusíku v půdě (C/N= 6:1). Množství HL 7g/kg, HK = 2,5 g/kg a FK = 4,5 g/kg (z jara) značí vysoký obsah HL. Poměr HK/FK po aplikaci kompostu je 1. Stupeň humifikace dosahoval středních hodnot, na jaře hodnoty kolem 50 % (velmi vysoký), na podzim kolem 30 % (střední) - viz Tab. 15. Všechny uvedené parametry jsou příznivější po aplikaci kompostu. Na kontrole i po aplikaci kompostu jsou absorbance HL v UV-VIS oblasti vyrovnané. Barevný index je nepatrně nižší a po aplikaci kompostu a indikuje vyšší kvalitu HL (viz Obr. 17).

**Tab. 15** Obsah a kvalita HK u kambizemě modální (2015)

	Hloubka (cm)	$C_{org}$	Humus	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	$Q_{4/6}$	Nt	C/N
Jaro 2015		%	%	g/kg	g/kg	g/kg		%		%	
orba - kontrola	0-20	1,2	2,07	7	2,5	4,5	0,56	56,75	6	0,2	6
orba - kompost	0-20	1,4	2,41	7	3,5	3,5	1	52,71	5,8	0,23	6,1
Podzim 2015											
orba - kontrola	0-20	1,8	3,1	5	2	3	0,67	27,78	5,8	nd	nd
orba - kompost	0-20	1,85	3,19	5,2	2,2	3	0,73	28,11	5,5	nd	nd

Pozn.: nd = not determined



**Obr. 17** UV-VIS spektra HL kambizemě modální (2015)

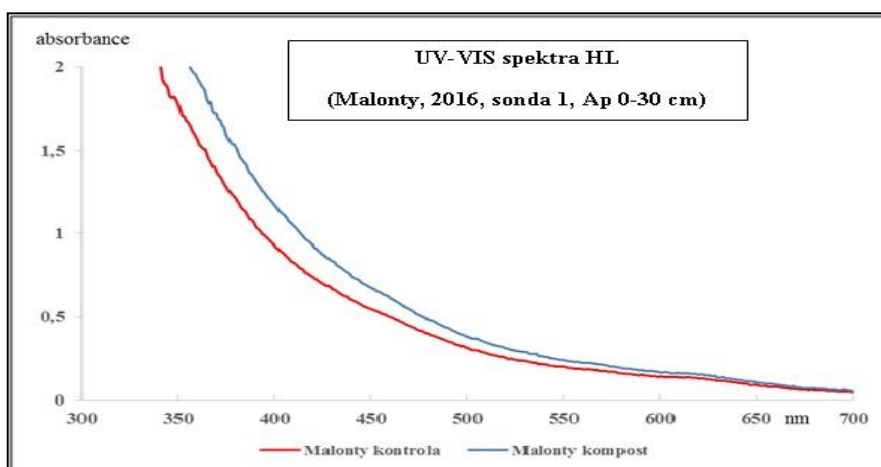
## 2016

Celkový obsah  $C_{org}$  je poměrně vyrovnaný a dochází k nárůstu vždy po aplikaci kompostu. Humus je kolem 3 % (střední). Vyšší hodnoty obsahu humusu jsou po aplikaci kompostu. Celkový obsah dusíku je nižší střední (0,22 % kontrola a 0,25 % po aplikaci kompostu). Poměr C/N je menší než 8 a indikuje vysokou zásobu dusíku v půdě. Byl zjištěn vyšší obsah HL (5,0 – 6,0 g/kg) a převaha FK ve frakčním složení humusu. Nepatrně vyšší obsah HL je po aplikaci kompostu. Poměr HK/FK je  $< 1$  a ukazuje na nízkou kvalitu HL. Stupeň humifikace je kolem středních hodnot (20 – 30 %) – viz Tab. 16. Absorbance HL v UV-VIS oblasti spektra ukazuje vyšší hodnoty absorbance HL po aplikaci kompostu. Barevný index  $Q_{4/6}$  je nižší po aplikaci kompostu a značí vyšší kvalitu humusu v porovnání s kontrolou (Obr. 18).

**Tab. 16** Obsah a kvalita HL u kambizemě modální (2016)

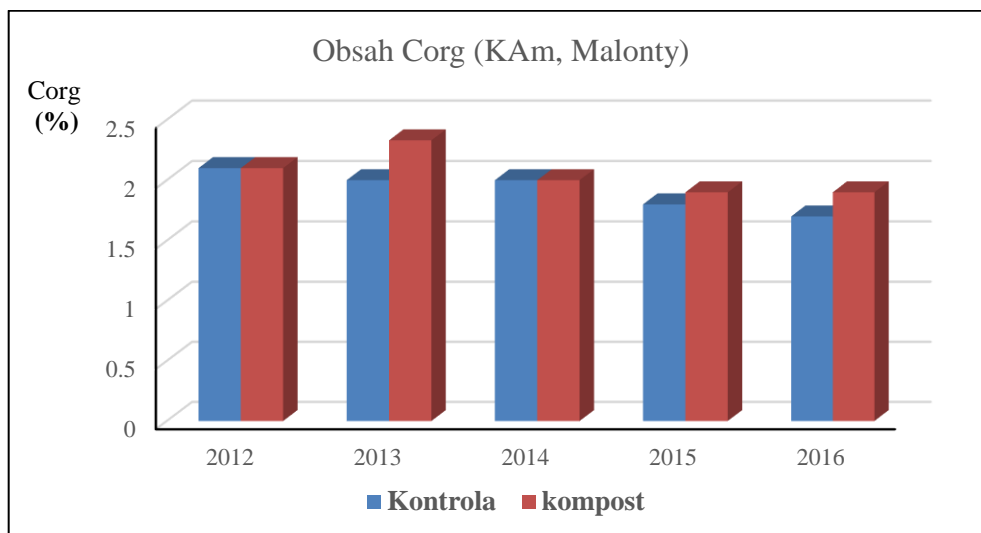
	Hloubka (cm)	$C_{org}$	Humus	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	$Q_{4/6}$	Nt	C/N
Jaro 2016		%	%	g/kg	g/kg	g/kg		%		%	
orba - kontrola	0-20	1,6	2,76	5	2	3	0,67	31,25	6,5	0,22	7,27
orba - kompost	0-20	1,9	3,28	6	2,2	3,8	0,58	31,58	6,3	0,25	7,6
Podzim 2016											
orba - kontrola	0-20	1,5	2,59	0,51	0,18	0,33	0,52	34	6,2	nd	nd
orba - kompost	0-20	2	3,45	0,55	0,26	0,29	0,87	27,45	5,9	nd	nd

Pozn.: nd = not determined

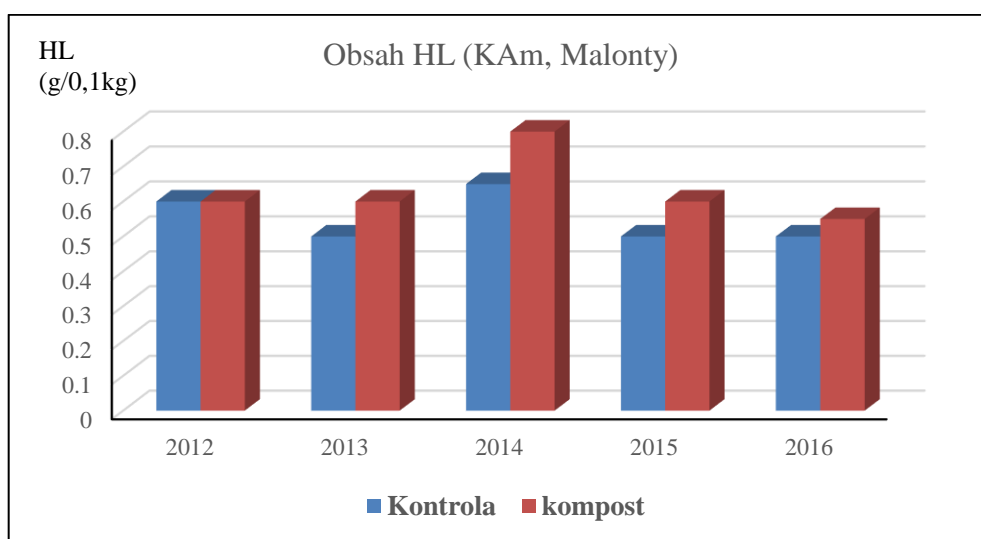


**Obr. 18** UV-VIS spektra HL kambizemě modální (2016)

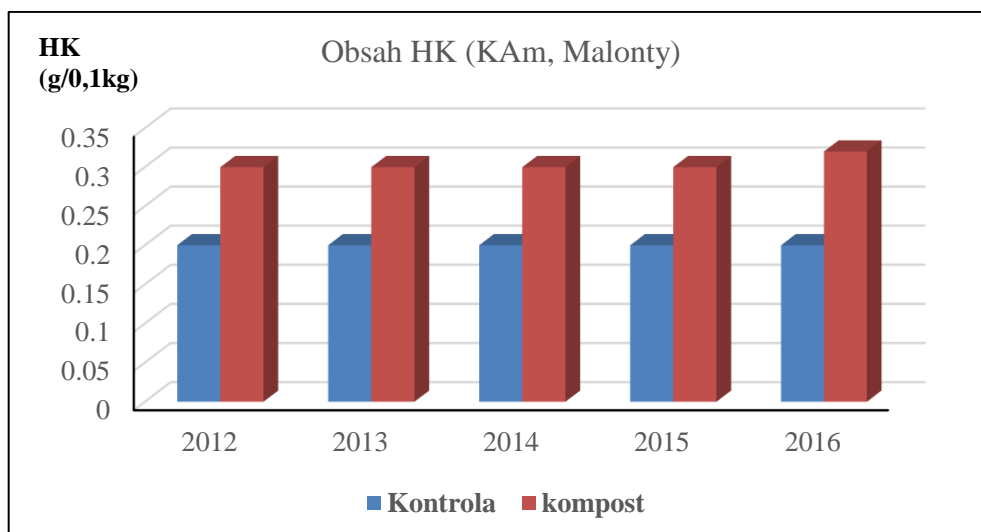
Na Obr. 19, 20, 21, 22 je možné porovnat dynamiku obsahu organického uhlíku, HL, HK a FK v průběhu pokusu (2012 – 2016). Patrný je vliv aplikace kompostu na množství a kvalitu HL.



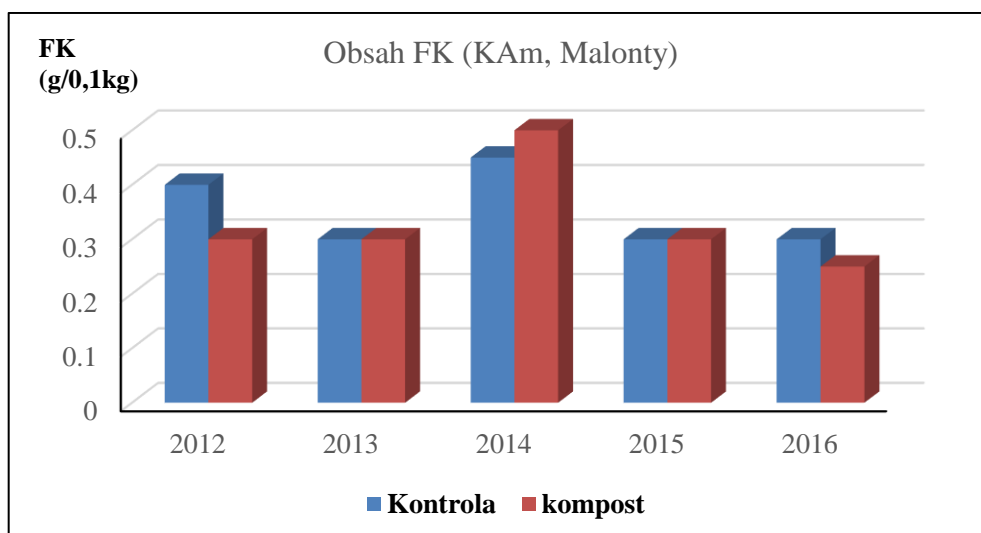
**Obr. 19** Graf - obsah C<sub>org</sub> při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016



**Obr. 20** Graf - obsah HL při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016



*Obr. 21 Graf - obsah HK při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016*



*Obr. 22 Graf - obsah FK při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016*

Pomocí statistického zpracování dat (Anova) byly hodnoceny rozdíly obsahů u  $C_{org}$ , HL, HK a FK. Při dodání kompostu je vyšší absorbance HL a tím je vyšší kvalita humusu v půdě. Výsledky statistického zpracování dat Anova - jeden faktor - uvádíme v Tab. 17. Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny u obsahu HK.

**Tab. 17 ANOVA – Statistické zpracování sledovaných parametrů**

( $\alpha = 0,05$ ;  $n = 5$ ;  $r_{krit.} = 2,776$ )

Obsah Corg (%)						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
Kontrola	5	9,6	1,92	0,027		
kompost	5	10,23	2,046	0,03208		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0,03969	1	0,03969	1,343602	0,279826	5,317655
Všechny výběry	0,23632	8	0,02954			
Celkem	0,27601	9				
Obsah HL (g/0,1kg)						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
Kontrola	5	2,75	0,55	0,005		
kompost	5	3,15	0,63	0,0095		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0,016	1	0,016	2,206897	0,175699	5,317655
Všechny výběry	0,058	8	0,00725			
Celkem	0,074	9				
Obsah HK (mg/0,1kg)						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
Kontrola	5	1	0,2	0		
kompost	5	1,52	0,304	8E-05		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0,02704	1	0,02704	<b>676</b>	5,14E-09	<b>5,317655</b>
Všechny výběry	0,00032	8	4E-05			
Celkem	0,02736	9				
Obsah FK (mg/0,1kg)						
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
Kontrola	5	1,75	0,35	0,005		
kompost	5	1,65	0,33	0,0095		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0,001	1	0,001	0,137931	0,71999	5,317655
Všechny výběry	0,058	8	0,00725			
Celkem	0,059	9				



## 7 DISKUZE

Přísun organického materiálu do půdy má velký význam, protože půda delší dobu nehojená organickými hnojivy ztrácí svou úrodnost, účinek použitých minerálních hnojiv se snižuje a výnosy klesají. Vnesená organická hmota příznivě ovlivňuje veškeré vlastnosti půdy, zejména sorpční schopnost, tvorbu strukturních agregátů, vzdušný a tepelný režim, využitelnost živin, mikrobiální aktivitu apod. Umožňuje vázat živiny a zajišťuje tak jejich setrvání v půdě pro potřeby rostlin. Je rovněž důležitá z hlediska potenciální schopnosti pro udržení půdní vláhly i její ochranu před výparem a vodní i větrnou erozí. Další pozitivní účinek má organická hmota na snížení utuženosti a zvýšení provzdušenosti půdy. K úbytkům půdní organické hmoty dochází, jestliže ztráty mineralizací převyšují vklady. Děje se tak zejména působením eroze, vyšší aerací a mineralizací po odvodnění, nevhodnou kultivací a používáním nevhodných průmyslových i statkových hnojiv (Badalíková a Bartlová, 2014; Badalíková a kol., 2016). Jednou z možností řešení deficitu v bilanci organických látek v půdě a vytváření předpokladů pro udržení, případně zvýšení úrodnosti, je používání statkových a průmyslových kompostů. Kompostování, jako racionální materiálové využití hmoty rostlinného původu, je v našich podmínkách na prvním místě v hierarchii optimálního postupu v odpadovém hospodářství při nakládání s již vzniklým biologickým odpadem (Plíva a kol., 2005).

Efekt aplikace kompostu je u kambizemí velmi pozitivní, což dokazuje nejen náš výzkum, ale i výsledky publikované Váňa (1994), Oujezdská, (2013), Altman a kol. (2013), Badalíková a kol. (2016). Kompost ovlivňuje příznivě chemické i fyzikální půdní vlastnosti, zvyšuje obsah humusu, stabilitu půdní struktury, vododržnost a snižuje erozní odnos zeminy z povrchových horizontů půdy. Komposty lze uplatnit efektivně nejen ke zvýšení půdní úrodnosti a obsahu humusu, ale i pro rekultivaci antropogenně poškozených ploch v zemědělské krajině a při půdoochranných technologiích.

## 8 ZÁVĚRY

Výsledky výzkumu aplikace kompostu u intenzivně obhospodařované kambizemě modální na lokalitě Malonty (okr. Č.Krumlov) v průběhu let 2012 – 2016 nám umožňují vyslovit tyto závěry:

- Kambizem modální při konvenčním způsobu hospodaření velmi pozitivně reaguje na aplikaci kompostu.
- Zvýšil se obsah půdních organické hmoty a kvalita humusových látek, což potvrzuje jejich frakční složení.
- Zvýšil se celkový obsah dusíku v půdě a zlepšil se poměr C/N.
- Byl zjištěn statisticky průkazně významný nárůst obsahu humínových kyselin v půdě.

## PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ALTMANN V. a kol., 2013: *Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině*. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 101 s. ISBN 9788087226261.

BADALÍKOVÁ B., BARTLOVÁ J., 2014: *Effect of various compost doses on the soil in filtration capacity. (Vliv různých dávek kompostu na půdní infiltraci)*. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2014, Volume 62, Issue 5, pp. 849-858. ISSN 12118516.

BADALÍKOVÁ B., NOVOTNÁ J., POSPÍŠILOVÁ L., 2016: *Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze*. Uplatněná certifikovaná metodika 33/2016, 42 s. ISBN 9788088000105.

BRTNICKÝ M. a kol., 2015: *Půdoznalství v kostce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 80 s. ISBN 9788075092830.

BRTNICKÝ M. a kol., 2015: *Půdní typy v ČR*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 88 s. ISBN 9788075092823.

CULEK M., 1996: *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 347 s. ISBN 8085368803.

FILIP J., 2002: *Odpadové hospodářství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 116 s. ISBN 8071576085.

GOBAT J. M., ARGNO M., MATTHEY W., 2004: *The living soil*. Fundamental of Soil Sci and Soil Biology, science Publisher In, (NH), USA: 603 s. ISBN 10: 1578082102.

HEJÁTKOVÁ, K. a kol., 2007: *Kompostování přebytečné travní biomasy – metodická pomůcka*. Náměšť nad Oslavou: ZERA Náměšť/Oslavou, 74 s.

HŮLA J., ABRHAM Z., BAUER F., 1997: *Zpracování půdy*. Praha: Brázda s.r.o., 140 s. ISBN 8020902651.

HŮLA J. a kol., 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press.r.o, 248 s. ISBN 9788086726281.

JANDÁK J. a kol., 2009: *Cvičení z půdoznalství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 92 s. ISBN 9788071577331.

JANDÁK J., POKORNÝ E., PRAX A., 2010: *Půdoznalství*. 3.vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 143 s. ISBN 9788073754457.

- JANDÁK J., POSPÍŠILOVÁ L., HYBLER V., VLČEK V., 2014: *Vliv půdních pomocných látek na fyzikální a chemické vlastnosti půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 90 s. ISBN 9788073759865.
- KOLLÁROVÁ M., PLÍVA P., 2008: *Kompostování travní hmoty z údržby trvalých travních porostů, metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 97886884363.
- KONONOVÁ M. M., BĚLČIKOVÁ N. P., 1963: *Uskorenyj metod opredelenija sostava gumusa mineralnych počv*. In: *Organičeskoje veščestvo počvy*. Moskva, 228-234 (rusky).
- KUMADA K., 1987: *Chemistry of soil organic matter*. Tokyo: Japan Scientific, 270 s.
- LECO TruSpec CN. TruSpec CN Carbon/Nitrogen Determinator. Instruction manual. LECO Corporation Michigan, 2006.
- NĚMEČEK J. a kol., 2011: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 9788021321557.
- ORLOV D. S., 1985: *Chmija počv (Soil chemismy)*. Moskva, MGU, 376 s.
- OUJEZDSKÁ T., 2013: *Charakteristika huminových kyselin izolovaných z půdy a kompostu*. Diplomová práce.
- PLÍVA P., ALTMANN V., JELÍNEK A., KOLLÁROVÁ M., STOLAŘOVÁ M., 2005: *Technika pro kompostování v pásových hromadách*. Praha: VÚZT, č. 1, 72 s. ISBN 8086884023.
- POSPÍŠIL R. a kol., 2014: *Energetické hodnotenie systémov pestovania poľných plodín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 115 s. ISBN 9788055212555.
- POSPÍŠILOVÁ L., TESAŘOVÁ M., 2009: *Organický uhlík obhospodařovaných půd*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 42 s. ISBN 9788073752828.
- POSPÍŠILOVÁ L., 2012: *Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 153 s. ISBN 9788073756628.
- POSPÍŠILOVÁ L., VLČEK V., 2015: *Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 86 s. ISBN 9788075092441.
- POSPÍŠILOVÁ L., VLČEK V., HYBLER V., HÁBOVÁ M., JANDÁK J., 2016: *Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 122 s. ISBN 9788075094384.

- PRAX A., POKORNÝ E., 2004: *Klasifikace a ochrana půd*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 175 s. ISBN 8071577464.
- PROCHÁZKOVÁ B. a kol., 2011: *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 39 s. ISBN 9788073755249.
- RICHTER R., 1996: *Půdní úrodnost*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, 34 s. ISBN 8071051101.
- SCHNITZER M., 1982: *Organic matter characterisation*. In: *Methods of soil analysis, Part II. Chemical and microbiological properties*. Wisconsin. 534-628.
- SMUTNÝ V. a kol., 2015: *Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 54 s. ISBN 9788075093691.
- SOTÁKOVÁ S., 1982: *Organická hmota úrodnost půdy*. Bratislava: Příroda, 234 s.
- SOTÁKOVÁ, S., 1988: *Podoznalectvo*. Bratislava: Příroda, 399 s.
- SZOBATHOVA N., 2010: *Chemické a fyzikálně – chemické vlastnosti látek jako ukazatel antropogenního vlivu v ekosystémech*. Nitra: Vědecká monografie. SPU Nitra. 96 s. ISBN 9788055203294.
- ŠARAPATKA B., DLAPA P., BEDRNA Z., 2002: *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 246 s. ISBN 8024405849.
- ŠARAPATKA B., 2014: *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 232 s. ISBN 9788024437361.
- ŠIMEK M., ELHOTTOVÁ D., PIŽL V., 2015: *Živá půda*. Praha: Středisko společných činností AV ČR, 78 s. ISBN 9788020025678.
- VÁŇA J., 1994: *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR v Praze, Příručka, 40 s. ISBN 807105075X .
- VÁŇA, J., 2001: *Závěrečná zpráva z projektu NAZV č.: EP 7231 „Zpracování biomasy travních a rákosovitých porostů na bioplyn a organické hnojivo“*. Praha: VÚRV.
- VLČEK V., 2015: *Kvalita a zdraví půd*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 135 s. ISBN 9788075092151.
- WELTE, E., 1963: *Der Ab-, Auf- und Umbau der Humus stoffe im Boden und seine Bedeutung fur die Bodenfruchtbarkeit*. *Bodenkultur* 14, č. 2: 97 – 111 (německy).
- WHALEN J., SAMPEDRO L., 2010: *Soil ecology and management*. Wallingford, Oxfordshire: CABI, 296 s. ISBN 9781845935634.

ZAUJEC A., CHLPIK J., NÁDAŠSKÝ J., SZOMBATHOVÁ N. & TOBIAŠOVÁ E., 2009: *Pedologia a základy geologie*. Nitra: SPU, 399 s. ISBN 9788055202075.

ZBÍRAL J., HONSA I. & MALÝ S., 1997: *Jednotné pracovní postupy*, Brno: ÚKZUZ, 1.vyd., 150 s.

ŽÁK Š., BELUNSKÝ J., BUŠO R., GAVZURNÍKOVÁ S., HAŠANA R., MACÁK M., KOVÁČ K., STANKO P., 2011: *Pestovanie poľných plodín s orbou či bez orby?* Piešťany: Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany, 110 s. ISBN 9788071391494.

### **Internetové zdroje**

VANĚK V., KOLÁŘ L., PAVLÍKOVÁ D.: *Úloha organické hmoty v půdě* [online]. [cit. 20. 3. 2017]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uloha-organicke-hmoty-v-pude>>.

VFU: *Analýza rozptylu (ANOVA)* [online]. [cit. 2. 4. 2017]. Dostupné z WWW: <<http://cit.vfu.cz/statpotr/potr/teorie/predn3/anova.htm>>.

## Seznam tabulek

- Tab. 1** Elementární složení huminových kyselin a fulvokyselin (atom. %) (Schnitzer, 1982)
- Tab. 2** Rozdělení humózních půd (Šarapatka, 2014)
- Tab. 3** Hodnocení celkového obsahu organického uhlíku (TOC) podle EU (In: Zaujec a kol., 2009)
- Tab. 4** Hodnocení kvality humusu podle poměru C/N (Zaujec a kol., 2009)
- Tab. 5** Hodnocení podle poměru HK/FK (Sotáková, 1988)
- Tab. 6** Hodnocení podle stupně humifikace (Sotáková, 1988)
- Tab. 7** Požadavky na jakost kompostu podle ČSN 465735 (Filip a kol., 2002)
- Tab. 8** Poměr C:N v některých surovinách ke kompostování  
(<http://www.kompostery.cz/kategorie/kompostovani.aspx>)
- Tab. 9** Chemické složení travní biomasy (Kollárová, Plíva 2008)
- Tab. 10** Chemické ukazatele aplikovaného kompostu
- Tab. 11** Parametry přístroje UV-VIS spektrometr Varian Cary 50 Probe (Pospíšilová a Tesařová, 2009)
- Tab. 12** Výsledky za rok 2012
- Tab. 13** Výsledky za rok 2013
- Tab. 14** Výsledky za rok 2014
- Tab. 15** Výsledky za rok 2015
- Tab. 16** Výsledky za rok 2016
- Tab. 17** Statistické rozdíly v obsahu  $C_{org}$ , HL, HK, FK

## Seznam obrázků

**Obr. 1** Porovnání barev u fulvokyselin, humusových kyselin a huminů

([http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/162/12758.jpg](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/162/12758.jpg))

**Obr. 2** Rašelina

([http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4267&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4267&typ=html))

**Obr. 3** UV-VIS spektra HL u vybraných typů půd (Pospíšilová, 2012)

**Obr. 4** FTIR spektra měřena metodou KBr: HK (CEm, Bratčice) a HK (HNm, V. Knínice), In: Pospíšilová & Fasurová (2008)

**Obr. 5** Půdní profil kambizemě

([http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showPudniProfily&id\\_categoryNode=300](http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showPudniProfily&id_categoryNode=300))

**Obr. 6** Mapa výskytu kambizemí v České republice (<http://klasifikace.pedologie.cz>)

**Obr. 7** Mulčování (<http://www.ekozahrady.com/mulcovani.htm>)

**Obr. 8** Kompost (<http://www.keliwood.cz/aktuality/kompost>)

**Obr. 9** Mapa území Malonty ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

**Obr. 10** Půdní profil kambizemě modální - Malonty (Pospíšilová, 2012)

**Obr. 11** Schéma založených experimentálních parcel na pozemku Malonty (foto: Pospíšilová, 2012)

**Obr. 12** Pokusná plocha - lokalita Malonty (foto: Pospíšilová, 2012)

**Obr. 13** Elementárním analyzátor LECO TruSpec CN

(<https://www.leco.com/products/analytical-sciences/carbon-hydrogen-nitrogen-protein-sulfur-oxygen-analyzers/truspec-micro>)

**Obr. 14** UV-VIS spektra HL kambizemě za rok 2012

**Obr. 15** UV-VIS spektra HL kambizemě za rok 2013

**Obr. 16** UV-VIS spektra HL kambizemě za rok 2014

**Obr. 17** UV-VIS spektra HL kambizemě za rok 2015

**Obr. 18** UV-VIS spektra HL kambizemě za rok 2016

**Obr. 19** Graf - obsah  $C_{org}$  při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016

**Obr. 20** Graf - obsah HL při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016

**Obr. 21** Graf - obsah HL při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016

**Obr. 22** Graf - obsah FK při kontrole a kompostu od roku 2012 po rok 2016



## **Seznam zkratek**

Corg nebo Cox = oxidovatelný organický uhlík

FK = fulvokyseliny

HK = huminové kyseliny

HMK = hymatomelanové kyseliny

HL = humusové látky

KAm = kambizem modální

nd = not determined

Nt = nitrátový dusík

OL = organické látky

POH = půdní organická hmota

SH = stupeň humifikace

ŮKZÚZ = Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský