

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekosystémů

Studijní program: B4131 / Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Kvalifikace primární půdní organické hmoty podle
rychlostní konstanty oxidace v půdách s odlišným systémem
zpracování**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Kopecký, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Jana Sládková

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana SLÁDKOVÁ**
Osobní číslo: **Z16162**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Kvalifikace primární půdní organické hmoty podle rychlostní konstanty oxidace v půdách s odlišným systémem zpracování**
Zadávající katedra: **Katedra agroekosystémů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. **Úvod:** Úvod do problematiky.
2. **Literární rešerše:** Shrnutí dosavadních poznatků o významu půdní organické hmoty a jejím rozdělení.
3. **Cíl práce:** Stanovení rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty ve vzorcích půd, které byly obdělávány odlišnými systémy základního zpracování.
4. **Materiál a metodika:** Odběr vzorků půdy a jejich úprava před analýzou. Stanovení rychlostní konstanty oxidace organické hmoty v půdních vzorcích na základě metodiky popsané kolektivem Kopecký, Kolář, Borová-Batt (2016) v publikaci The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus.
5. **Výsledky a diskuse:** Zpracování a vyhodnocení získaných dat. Porovnání výsledků s údaji v odborné literatuře.
6. **Závěr:** Shrnutí výstupů závěrečné práce.
7. **Seznam použité literatury**

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)
Rozsah pracovní zprávy: 30-50 stran včetně příloh
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- Kolář L., Kužel S., Horáček J., Čechová V., Batt J., Peterka J. (2009): Labile fractions of soil organic matter, its quantity and quality. *Plant, Soil and Environment*, 55, 181-186.
- Kolář L., Moudrý J., Kopecký M. (2015): *Kniha o humusu. Náměšř nad Oslavou: ZERA, 25 s.*
- Kolář L., Vaněk V., Peterka J., Batt J., Pezlarová J. (2011): Relationship between quality and quantity of soil labile fraction of the soil carbon in Cambisols after limit during a 5-years period. *Plant, Soil and Environment*, 57, 193-200.
- Kopecký M., Kolář L., Borová-Batt J. (2016): The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus. In: *Proceedings from International Conference Soil - non-renewable environmental resource*. Brno: MENDELU, 135-142.
- Váchalová, R., Kolář, L., Muchová, Z. (2016): Primary soil organic matter and humus, two components of soil organic matter. *Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia.*

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Kopecký
Katedra agroekosystémů

Datum zadání bakalářské práce: 29. ledna 2018
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2019


prof. Ing. Miroslav Soch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentů 1500, 370 01 České Budějovice


doc. Ing. Petr Kouvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. března 2018

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2019

.....

Jméno

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce Ing. Marku Kopeckému Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost při konzultacích a pomoc při zkompletování této bakalářské práce. Děkuji také panu Ing. Ondřeji Liškovi za poskytnutí vzorků ke zpracování a analýze.

Abstrakt

V kruzích vědecké sféry a odborné veřejnosti je často diskutovaným tématem půdní organická hmota. Obsah a kvalita této pevné půdní fáze zásadně ovlivňuje nejen fyzikální a chemické vlastnosti půd, ale také ekosystémové služby, které půdy poskytují. V průběhu vědeckého bádání vznikla řada metod, jak lze kvalitu a množství půdní organické hmoty hodnotit. Zdá se, že většina metod, které jsou v zemědělské praxi využívány, jsou však zatíženy určitými nedostatky. V této práci jsou popsány principy nové metody hodnocení půdní organické hmoty, která vychází z rozdělení této hmoty na frakce labilní a stabilní. Byla hodnocena kvalita organické hmoty ve vzorcích půd, které byly zpracovávány odlišnou technologií (podrývání, diskování, orba). Výsledky ukázaly, že různý způsob kultivace ovlivňuje množství kvantitativních i kvalitativních parametrů půdní organické hmoty. Byl zjištěn například vliv kultivace na množství organického uhlíku v půdě nebo ovlivnění kvality primární půdní organické hmoty.

Klíčová slova: Humus, zpracování, kvalita, půdní organická hmota

Abstract

Soil organic matter is considered to be one of the most frequently discussed topics among professional associations and scientists. Both the content and the quality of soil organic matter radically influences not only the physical and chemical properties of soils but also the ecosystem services that soils provide. Many methods have been originated regarding the evaluation of quality and quantity of soil organic matter during scientific research. It seems that most of the methods employed in agricultural practices are encumbered by certain shortcomings. Principles of newly discovered methods of evaluating soil organic matter are described in this thesis. These principles proceed from dividing the portion of organic material into stable and unstable organic matter. We evaluated the quality of organic material from different sampling techniques (e.g. ploughing, disc harrow, deep tillage). The results have shown that different ways of cultivation influence the amount of quantitative and qualitative parameters of soil organic matter. For example we discovered the impact of cultivation on the quantity of soil organic carbon or on the quality of primary soil organic matter.

Keywords: Hummus, processing, quality, soil organic matter

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Literární rešerše.....	11
2.1 Půda.....	11
2.1.1 Půda a její vznik.....	11
2.1.1.1 Půdotvorné faktory.....	12
Mateřská hornina.....	12
Klima.....	12
Organismy.....	12
2.1.1.2 Půdotvorné podmínky.....	13
Reliéf terénu.....	13
Čas.....	13
2.1.2 Agrotechnické zpracování půdy.....	14
2.1.2.1 Bezorebná technologie zpracování půdy.....	15
2.1.2.2 Orba.....	15
2.1.2.3 Podmítka.....	16
2.1.2.4 Podrývání.....	16
2.2 Půdní organický uhlík.....	18
2.2.1 Půdní organická hmota (POH).....	18
2.2.2 Primární půdní organická hmota (PPOH).....	19
2.2.3 Humus.....	20
2.2.3.1 Huminové kyseliny (HK).....	21
2.2.3.2 Fulvokyseliny(FK).....	21
2.2.3.3 Huminy (H).....	21
2.2.3.4 Kvalita humusu.....	22
3. Cíle a hypotézy.....	23
4. Materiál a metodika.....	24
4.1 Charakteristika lokality.....	24
4.2 Odběr a úprava vzorků.....	26

4.3 Analýza půdních vzorků.....	27
4.3.1 Stanovení kvality primární půdní organické hmoty.....	27
4.3.1.1 Pracovní postup laboratorních prací.....	27
4.3.1.2 Stanovení obsahu humusu a stupně humifikace.....	28
4.4 Statistické vyhodnocení.....	29
5. Výsledky a diskuze.....	30
5.1 Obsah organického uhlíku.....	30
5.2 Obsah humusu a stupeň humifikace.....	33
5.3 Rychlostní konstanta k oxidace primární půdní organické hmoty.....	38
6. Závěr.....	40
7. Použitá literatura.....	41
8. Přílohy.....	46

1. Úvod

Půdu vnímáme jako neobnovitelný environmentální zdroj, jenž je významnou součástí lidských životů a tvoří zde své nepostradatelné funkce, aneb „bez půdy, ztrácíme půdu pod nohama“. V průběhu několika desítek let došlo v pedologii k mnoha novým poznatkům, které se týkají složení, rozdělení a mimo jiné i analyzování kvality půdní organické hmoty a stále vzniká množství nových studií, které mohou tuto vědu posunout dále.

V současné době je poměrně diskutovaným tématem humus a primární půdní organická hmota (PPOH). Mnoho lidí se domnívá, že tyto pojmy jsou, co se složení týče, totožné, nebo alespoň velmi podobné. Tyto informace nejsou tak pravdivé, jak by se mohlo zdát a každá ze složek, které jsem výše zmiňovala má své specifické vlastnosti a funkce, jež mají nenahraditelné zastoupení. Nemalý vliv má také agrotechnické zpracování půdy, a to především na půdní úrodnost. V současné době je využíváno několik různých metod základního zpracování půdy, přičemž každá zvlášť ovlivňuje již zmíněné faktory jiným způsobem.

Tato práce je zaměřena na půdy zpracovávané podryváním, diskováním a orbou a zabývá se především kvalitou primární půdní organické hmoty (složka, která neprošla humifikačními procesy). Způsob analyzování probíhal dle poměrně nové metodiky, kterou ve své publikaci uvádí Kopecký a kol. (2016). U jednotlivých vzorků jsem hodnotila stupeň humifikace, rychlostní konstantu k oxidace primární půdní organické hmoty, obsah organického uhlíku v půdě, jenž náleží PPOH (C_1) a také množství uhlíku, které náleží humusu.

2. Literární rešerše

2.1 Půda

2.1.1 Půda a její vznik

Vznik půdy je dlouhodobý proces, který závisí na vlastnostech mateční horniny a na podmínkách prostředí (Pokorný a Šarapatka, 2003), a je propojen se sukcesí rostlin, to znamená, že se postupně vyvíjela vegetace od jednobuněčných sinic a řas až po luční porosty, a to vše za působení klimatu (Šantrůčková a kol., 2018). Mezi půdotvorné činitele patří mateřská hornina, organismy, klima a podzemní voda. Půdotvornými podmínkami jsou reliéf terénu a čas. Vznik a tvorbu půd notně ovlivňuje i člověk (Šarapatka, 2014). Působením fyzikálních, chemických a biologických sil vzniká půda, jakožto originální přírodní útvar (Šantrůčková a kol., 2018).

Transformace horniny v půdu je plynulý proces a můžeme v něm rozeznat tři hlavní stadia vývoje:

- a) První stádium – pomocí zvětrávání (rozpadu) se hornina změní v půdotvorný substrát a chemické změny probíhají nepatrně.
- b) Druhé stádium – zvětralina se pomocí chemických procesů změní v půdotvorný substrát a nadchází zvýšené uvolňování živin. Mezi nejdůležitější reakce patří rozpouštění a hydratace.
- c) Třetí stádium – díky půdotvorným procesům vzniká půda neboli půdní typ. Půda je přírodní těleso složené z vrstev, které nazýváme půdní horizonty (Pokorný a Šarapatka, 2003).

Zvětrávání se podle Šantrůčkové a kol., (2018) rozděluje na fyzikální, chemické a biologické. Fyzikální zvětrávání se vyznačuje především mechanickým drobením horniny na různě veliké částice, za působení biotických vlivů. Dalším důležitým ukazatelem je složení půdy, které se dělí do tří fází a to pevná, kapalná a plynná. Pevná fáze je tvořena minerálním a organickým podílem. Kapalná fáze je víceméně voda a půdní roztok, jehož charakter se ustavičně mění a plynná fáze

je složena z různorodých plynů nejvíce dusík, kyslík a oxid uhličitý (Pokorný a Šarapatka, 2013).

2.1.1.1 Půdotvorné faktory

Mateřská hornina

Mateční hornina půdě předává určité vlastnosti, jako například zrnitostní složení, které přímo ovlivňuje, zdali se bude jednat o půdu písčitou, hlinitou apod., (Pokorný a Šarapatka, 2003). Šarapatka (2014) ve své další publikaci ještě dodává, že zrnitostní složení ovlivňuje také propustnost půdy pro vzduch a vodu a nepřímo i rychlost půdotvorných procesů, dále svou stavbou podstatně ovlivňuje chemismus půd.

Klima

Klimatický faktor může při vzniku půdy působit buď přímo, nebo nepřímo. Často působí jako převládající půdotvorný faktor a obvykle má dlouhodobý vliv. Mezi nejvýznamnější činitele, jenž významně ovlivňují vznik půdy, zařazujeme teplotu, vlhkost a radiaci (Šarapatka, 2014).

Šarapatka (2014) uvádí, že humidní klima je spojeno s nadbytkem vody, a proto zde dochází k promývání profilu půdy vodou, rozpouštění látek a hydrolyze. Stává se, že vrchní části profilu bývají ochuzovány vymýváním a přesunem látek do hlubších vrstev. Opak humidního klimatu, je klima aridní, tam se hromadí látky, které již byly vytvořeny při zvětrávacích procesech, nebo byly vneseny do profilu půdy kapilární vodou. Vzniklé látky jsou chemického, fyzikálního, nebo biologického rázu (Šantrůčková a kol., 2018).

Organismy

V půdě žije obrovské množství organismů. Souhrnně je nazýváme edafon. Značné množství organismů se nachází téměř v každé, alespoň trochu kvalitní půdě. Podle velikosti organismů, edafon rozlišujeme na makroedafon, mezoedafon a mikroedafon (Šimek, 2015). Půdní organismy se podílejí na vzniku prostředí, ve kterém žijí. Společně s další biotou, zejména vyšší vegetací, tvoří jeden z pěti interakčních faktorů při tvorbě půdy (Paul a Clark, 1996).

Bez činnosti organismů by nemohly vzniknout půdy a zemský povrch by pokrýval jen zvětraný materiál. Půdní organismy se podílejí na procesech rozkladu a syntézy jak organických, tak minerálních látek. Rostliny přispívají ke zvětrávání mateřské horniny, ovlivňují fyzikální vlastnosti půd, zásobují půdu organickou hmotou, ovlivňují produkci humusu a v neposlední řadě se účastní koloběhu jednotlivých prvků v půdách. Vyšší živočichové mají vliv zejména na obohacování půdy organickými látkami a jejich rozklad (Šarapatka, 2014).

2.1.1.2 Půdotvorné podmínky

Reliéf terénu

Reliéf zemského povrchu působí na rozdělení slunečního záření a vody. Expozice svahů má vliv na rozdělení sluneční radiace, přičemž na jižně orientované objekty dopadá více sluneční energie než na severní. Svahy, které směřují na západ, bývají teplejší, a naopak svahy orientované na východ chladnější. Množství vody, které se vsákne do půdy, je též ovlivněno reliéfem terénu. Nejvíce vody se vsákne do plochého terénu (pod svahy), množství vody ze srážek je ještě doplněno o vodu, která stéká ze svahů. Na tomto povrchu může docházet k vyluhování karbonátů a intenzivnějšímu oglejení než v okolním plochem terénu. Humidnost půdního klimatu může být také ovlivněna podzemní vodou (Šarapatka, 2014).

Čas

Každý proces vývoje půd je odlišně rychlý, na základě působení jednotlivých půdotvorných faktorů (Šimek, 2005). Je to časový úsek, po který působí soubor přibližně stejných půdotvorných procesů. Při zhodnocování stáří půd rozlišujeme, stáří absolutní a relativní. Stáří absolutní značí časový úsek, po který leží substrát na určitém místě a podléhá půdotvornému procesu. Relativní stáří charakterizuje dobu, po kterou dané faktory (činnost člověka apod.) ovlivňují intenzitu půdotvorného procesu (Šarapatka, 2014).

2.1.2 Agrotechnické zpracování půdy

Zpracování půdy patří mezi nejdůležitější agrotechnické operace (Lhotský, 1989), ale může mít příznivé, a naopak i negativní účinky na různé fyzikální vlastnosti půdy (Brady a Weil, 1999). Během zpracování půdy se mění prostorová úprava půdní hmoty ve zpracovávané vrstvě a má vliv na průběh fyzikálních, chemických a biologických procesů v půdě (Hůla a kol., 1997).

Ledvina a Horáček, (2000) uvádějí, že zpracování půdy je z hlediska agrotechnických postupů energeticky nejnáročnější. Na 1 ha se v průměru spotřebuje 42,5 l nafty / rok, tento údaj představuje téměř 35 % spotřeby při veškeré rostlinné výrobě. Zároveň je náročné i z hlediska ekonomického, organizačního a na počet pracovních sil. Stupeň porušení půdy a výsledná poloha zbytků plodin ovlivňuje obsah vody v půdě, teplotu půdy, provzdušňování a stupeň působení mezi organickými materiály a minerálními částicemi půdy (Six a kol., 1999).

Zpracování půdy by podle Lhotského (1989) mělo splňovat primární úkoly ve vztahu k půdě, mezi něž řadí nakypření utužené půdy, zapravení posklizňových zbytků a optimalizaci půdních procesů. A dále úkoly ve vztahu k rostlině. Do této kategorie zařazuje připravení lůžka pro osivo, zapravení průmyslových hnojiv a umožnění rozvoje kořenového systému.

V současné době se klade důraz na šetrnější přístup k půdě. V minulých letech se zpracování půdy soustředilo především na výkonnost strojů, aniž by se bral ohled na následky, které přímo působí na půdu např.: destrukci a zhutnění půdy. Jak již bylo zmiňováno, v dnešní době se řeší nejen výkonnost, ale také environmentální a ekonomické dopady na vliv zpracování půdy (Šarapatka, 2010).

Hůla a kol.,(1997)do základního zpracování půdy řadí podmítku, orbu, prohlubování, podrývání a hloubkové kypření. Mezi poměrně novou metodu ještě zařazuje bezorebný systém zpracování půdy.

2.1.2.1 Bezorebná technologie zpracování půdy

Bezorebné zpracování půdy, anglicky „No tillagesystem“ je mnohými považován za způsob, jakým lze umožnit udržitelné zintenzivnění půdy s cílem uspokojit budoucí zemědělské nároky. Tento systém se provádí již více než půl století v mnoha zemích světa, a to především z ekonomických důvodů, ale také ke snížení spotřeby práce a energie a zlepšení environmentálních výsledků (Derpsch a kol., 2014), podle autorů Heroldová a kol., (2018) bezorebné zpracování výrazně zlepšuje vlastnosti půdy a také napomáhá k eliminaci škůdců.

Díky tomuto typu zpracování se mohou výrazně snížit projevy eroze a dalším pozitivním dopadem jsou dle autora (Phillips a kol., 1980) vysoké nebo vyšší výnosy plodin než při tradičních způsobech zpracování půdy na velkých plochách zemědělské půdy.

2.1.2.2 Orba

Orba tvoří základní úkon klasického zpracování půdy a je objektem mnohých polemik zastánců, a naopak odpůrců používání této operace v závislosti na postupech zpracování půdy (Hůla a kol., 1997), ovšem podle autorů Polcar a kol., (2018) má orba naprosto nenahraditelnou úlohu. Při tomto úkonu zůstane na povrchu půdy minimum rostlinných zbytků, protože podstatná část je zapravena až na dno brázdy (Kovaříček, 2012).

Hloubka orby je taktéž velmi důležitým aspektem. Rozlišuje se orba mělká (do 18 cm), střední (18–24 cm), hluboká (24–30 cm) a velmi hluboká (nad 30 cm). Jestliže není hloubka orby omezena půdními vlastnostmi, může být hlubší orba v porovnání s mělkou orbou příznivější (Kvěch a Škoda, 1985). Měřítkem hloubky orby je především stav půdy, mocnost ornice, druh plodiny a její nároky a požadavky rostliny, která bude následovat v osevním postupu. Pro orbu se využívají pluhy rozdílné konstrukce, nejvhodnější jsou víceradličné oboustranné pluhy (Hůla a kol., 1997).

Půdní vlhkost přímo ovlivňuje kvalitu půdy a také náklady s orbou spojené. Vysvětluje se to tím, že v posledních letech pozorujeme výrazné zvyšování ceny

nafty, tím pádem se zvyšují i rozdíly finanční náročnosti mezi konvenčními způsoby a technologiemi, které využívají minimalizační prvky (Polcar a kol., 2018).

2.1.2.3 Podmítka

Podmítka představuje první úkon při tradičním zpracování půdy. Popisuje se jako mělké zpracování, využívané po sklizni všech zrnin a samozřejmě i jiných plodin (Lhotský, 1989). Touto operací se přeruší vztlínání vody k jejímu povrchu. Další funkcí je zlepšení infiltrace srážkové vody, podpora biologické aktivity půdy a mimo jiné i úprava nerovností půdního povrchu – například vyjeté koleje. Také se podílí na snížení energetické náročnosti následné operace, tou je nejčastěji orba (Hůla a kol., 1997).

Z hlediska hloubky se podmítka rozděluje na mělkou (do 0,08 m), středně hlubokou (0,08 – 0,12 m) a hlubokou (nad 0,12 m). V chladnějších oblastech se spíše využívá mělká, v ostatních oblastech podmítka hluboká (Lhotský a kol., 1989). Mechanizace, která se využívá při tomto druhu zpracování, je označována jako diskové podmiťáče. Na kvalitu provedení má negativní vliv především polehlá sláma a nesklizené zbytky rostlin. Tyto problémové vlivy můžeme shrnout tím, že kvalitu ovlivňuje sklizeň předchozí plodiny (Pastorek, 2002).

Pokud se podmítka provede včas, měla by vyprovokovat semena ke klíčení. Pro tuto úlohu je vhodné podmítat na střední hloubku, čím více je podmítka hlubší, tím je efektivnější redukce vytrvalých plevelů (Stach, 2000).

2.1.2.4 Podrývání

Hluboké kypření, jakožto půdoochrannou technologii, zařazujeme mezi minimalizaci a hlubokou orbu (Koukolíček a Pulkrábek, 2015). Při podrývání se kypří zhutnělá podorniční vrstva, bez jejího vynášení do ornice. Pozitivní faktor podrývání je zvyšování prostupnosti pro vzduch, kořeny rostlin a vodu (Kvěch, Škoda, 1958).

Pracovní orgány podrýváků jsou tvořeny tzv. slupicemi, na které se dají připevnit různé druhy dlát. Tato tělesa mají za úkol zmírňovat výskyt hrud, a to především díky postranním křídům. Slupice s dlátem tvoří 3 typy úhlů, přičemž

každý úhel představuje svou významnou funkci. Jako první se rozruší tzv. plužní pánev a půda by ideálně neměla být vynášena na povrch. Druhý úhel slouží k promísení organických zbytků s půdou a posledním krokem je koncové zaklopení. Za slupice ještě můžeme připevnit válce s hroty, které dokáží půdu dokonale urovnat a také výrazně eliminují evaporaci vody z půdy. Významnou pozitivní vlastností dlátových pluhů je možnost nastavení hloubky kypření, která může v maximech dosahovat až 60 cm (Koukolíček a Pulkrábek, 2015).

Podle technogenního zhutnění půd je určována potřeba a účinnost kypření. V praxi se podrývání zpravidla uplatňuje pouze v nutné míře, a ne vždy na celou část pole (Pulkrábek a kol., 2016), protože je považována za vysoce energeticky náročnou operaci (Nýč a kol., 2015). Snahou do budoucna je zvýšit využití půdoochranných technologií, alespoň u cukrové řepy a dalších pěstovaných rostlin (Koukolíček a Pulkrábek, 2015).

2.2 Půdní organický uhlík

Pokud se na koloběh uhlíku podíváme z globálního hlediska, jsou půdy druhým největším zásobníkem vázaného uhlíku, hned po oceánech (Lal a kol. 2007). Jak uvádí Šarapatka (2014), do koloběhu uhlíku jsou zapojeny celkem čtyři zdroje – atmosféra, terestetická biota, půda a oceán. V půdě se vyskytuje téměř dvakrát více uhlíku než v atmosféře. Vzhledem k poměrně dlouhé době, kterou uhlík tráví uvnitř půdy a tím je z atmosféry zadržován, je často označován jako uzavřený. Zvyšování kapacity půdy k uzavření C poskytuje částečné, střednědobé protioopatření, které napomáhá zmírnit rostoucí hladiny CO₂ v atmosféře, vznikající při spalování fosilních paliv (Swift, 2001).

Půdní organický uhlík obsahuje organické látky zahrnující jednoduché molekuly (aminokyseliny, monomerní cukr), polymerní molekuly (celulóza, lignin atd.) a můžeme zde objevit i mikrobiální zbytky (Váchalová a kol., 2016).

Půdní organický uhlík dodává energii, která je nezbytná pro biologické procesy a v kombinaci se svými asociovanými živinami (N, P a S), může dopomáhat k pružnosti systému mezi půdou a flórou (Šarapatka, 2014).

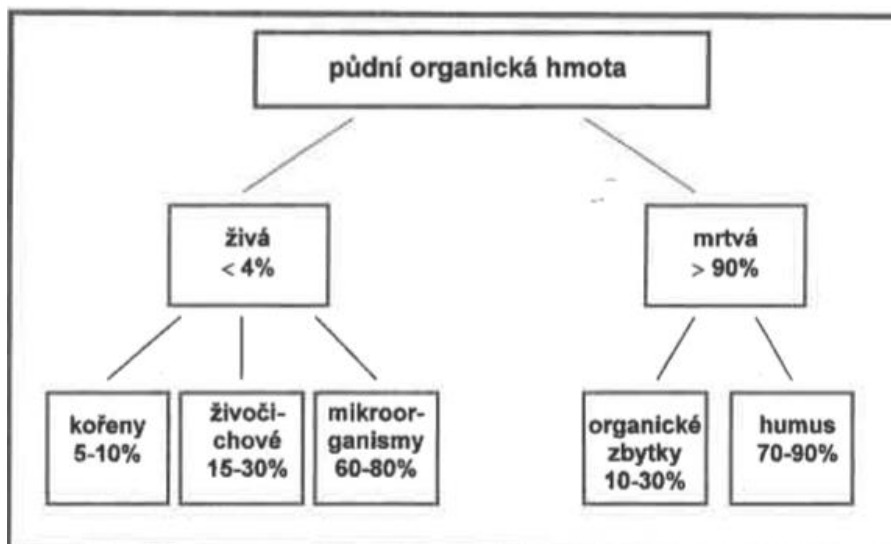
2.2.1 Půdní organická hmota (POH)

Baldock a Nelson (2000) definují půdní organickou hmotu jako „*sumu všech přírodních a termálně změněných látek biologického původu, které se nacházejí v půdě nebo na půdním povrchu, jakéhokoli původu, živých nebo odumřelých organismů v jakékoli fázi rozkladu, s výjimkou nadzemních částí živých rostlin*“.

V odborné literatuře je možno najít mnoho dokladů o příznivém účinku půdní organické hmoty na výnosy pěstovaných plodin a půdy, které jsou dobře zásobené organickou hmotou, lépe čelí negativním faktorům (Kubát a kol., 2008). Obsah a kvalita půdní organické hmoty například ovlivňuje stabilitu půdních agregátů (Darwish a kol., 1995), ale i schopnost zadržovat vodu (Leroy a kol., 2008) a poutat živiny (Lal a kol., 2015).

V globálnějším pojetí, je půdní organická hmota tvořena půdními organismy a dalšími organickými látkami (Obr. č. 1); půdní edafon se ovšem do POH většinou nezahrnuje. POH lze dělit na živou a neživou složku(Šimek, 2005).

Obr. 1: Rozdělení organické hmoty v půdě



Zdroj: Šimek (2015)

Fotosyntetickou aktivitou primárních producentů (vyšších rostlin, řas a sinic) se utváří rostlinná biomasa. Ta je pokládána za hlavní zdroj POH (Šantrůčková a kol., 2018). Organické látky, jako jsou organická hnojiva, posklizňové zbytky atd., které se transformují v POH, se díky půdním procesům mohou nacházet v různém stupni rozkladu – od nerozložitelných až po zcela rozložitelné (Kawasaki a kol., 2015).

2.2.2 Primární půdní organická hmota (PPOH)

Stanovení organického uhlíku v půdě dává jen celkovou informaci o množství organické hmoty v půdě, ale nedává žádný údaj o jejím charakteru. Proto je výhodné rozdělit organickou půdní hmotu na část, která neprošla celým procesem humifikace a část, která celým tímto procesem prošla (Kolář a kol., 2014). Humus a primární půdní organická hmota (PPOH) se velmi často zaměňují, nebo se dokonce označují za shodné pojmy, což je velmi zavádějící. Váchalová a kol., (2016) uvádějí,

že tyto složky POH, jsou odlišné v chemických vlastnostech a svých funkcích v půdě.

PPOH může být již do značné míry rozložená, nicméně neprošla humifikačními procesy (Kopecký a kol., 2016). Hlavním zdrojem jsou kořeny rostlin, jejich exsudáty, další posklizňové zbytky či organická hnojiva (zelené hnojení, hnůj, kompost). Kolář a kol. (2009) uvádějí, že v půdě podléhá exotermickým rozkladným procesům veškerá PPOH přirozeného původu. Dle stupně stability organické hmoty lze posuzovat také její kvalitu. Například Ghani a kol. (2003) se domnívají, že zvýšené zastoupení labilních frakcí v půdě je považováno za významný znak potenciální půdní úrodnosti. Při optimálních podmínkách pro činnost půdního edafonu se zvyšuje rychlost mineralizace půdní organické hmoty a vzrůstá tak v půdě obsah rostlinám přístupných živin (Lalande a kol., 2009).

2.2.3 Humus

Humifikací je myšlena přeměna meziproduktů mineralizace na složité látky koloidní povahy, které se označují jako humus (Pokorný a Šarapatka, 2003). Váchalová a kol., (2016) za humus považuje pouze přeměněnou půdní organickou hmotu, která je v takové fázi humifikace, že má naprosto vyhraněnou iontovýmennou kapacitu. Podle některých autorů (např. Kolář a kol., 2014), humus obsahuje pouze tři složky a to: huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy.

Humusové látky podléhají mineralizačním procesům jen velmi pomalu (Kolář a kol., 2009) a je pro ně typická vlastnost kationtové výměnné kapacity (Váchalová a kol., 2016). Pouze huminy, které také prošly úplnou humifikací, jsou sice rovněž vysoce stabilní, ale jejich iontovýmenná kapacita je nízká. Je to v podstatě humusové uhlí z polymerů přestárlých huminových kyselin obrovské relativní molekulové hmotnosti. V půdě je neaktivní (Kolář a kol., 2014).

Humus obvykle zvyšuje schopnost půdy odolat erozi. První předností je, že umožňuje poutat a udržovat více vody. Další neméně důležitou schopností je udržování velikých pórů, díky nimž může půda přijímat vodu (Stevensons, 1994). Vrba a Huleš (2006) ve svém článku popisují, že je humus považován za částici

o velikosti nižší než 0,25 mikrometrů a je obzvláště pramenem živin a fyziologicky aktivních látek pro rostliny.

2.2.3.1 Huminové kyseliny (HK)

Huminové kyseliny jsou rozpustné v zásaditých látkách, ale nerozpustné v kyselinách (Pivokonský a kol., 2010). Považujeme je za hydrofilní, acidní látky. Molekulární hmotnost je u tohoto druhu kyselin velmi vysoká (Tan, 2003).

HK obsahují 50–60 % uhlíku a společně s huminy se vyskytují převážně v půdách bohatých na živiny a s vyšší biologickou aktivitou. Nejdůležitější vlastností je jejich schopnost vázat nerozpustné kovové ionty, oxidy, hydroxidy a pomalu je uvolňovat, pokud je rostliny vyžadují (Skybová, 2006).

2.2.3.2 Fulvokyseliny(FK)

Fulvokyseliny jsou rozpustné jak v alkalických, tak v kyselých roztocích a vznikají jako první fáze v procesu humifikace (Mikulášková a kol., 1996). Dříve se nazývaly jako „krenové“, charakteristické je pro ně žluté až žlutohnědé zbarvení a obsahují až 30 % polysacharidových stavebních prvků (Borovičková, 2005).

Podle Kögel Knabner (1988) fulvokyseliny obsahují velkou koncentraci sacharidů, a to bez ohledu na půdní druh. Vyskytují se ve větší míře v kyselých půdách s nižší biologickou aktivitou (Skybová, 2006).

2.2.3.3 Huminy (H)

Vyznačují se svojí drobnou reaktivitou, velikou relativní molekulovou hmotností a značným obsahem minerálního popela. Huminům se připisuje pouze malý význam, jelikož nejsou schopny štěpit vodík a tím pádem se nevalně rozpouštějí v polárních i nepolárních rozpouštědlech (Kolář a kol., 2014).

2.2.3.4 Kvalita humusu

U humusu je kvalita důležitějším ukazatelem než kvantita, z hlediska analýzy je několik metod, jak určit kvalitu humusu. Ovšem řada z nich je spíše orientační či diskutabilní. Jedná se např. o poměr HK: FK, barevný kvocient a celkový oxidovatelný uhlík v půdě (C_{OX}). Proto Kopecký a kol. (2016) navrhuje kvalitu humusu hodnotit dle jeho kationtové kapacity.

3. Cíle a hypotézy

Cílem práce je ověření vlivu technologie zpracování půdy na množství a kvalitu půdní organické hmoty.

Dílčí cíle

- 1) Odběr vzorků půdy z předem vytipované lokality.
- 2) Úprava a analýza půdních vzorků.
- 3) Zpracování a interpretace výsledků.

Hypotézy

- 1) Odlišný způsob zpracování orné půdy ovlivňuje množství organického uhlíku v půdě.
- 2) V důsledku většího provzdušnění orniční vrstvy vlivem podrývání, lze předpokládat vyšší intenzitu mineralizačních procesů, což se projeví vyšší hodnotou konstanty k , která indikuje kvalitu nezhumifikované půdní organické hmoty.

4. Materiál a metodika

4.1 Charakteristika lokality

Vzorky půdy byly odebírány z polí v obci Štěpánovice (Obr. 2) vzdálené zhruba 14 km od Českých Budějovic. Přičemž klimatický region je mírně teplý/suchý. Nadmořská výška v této lokalitě je 473 m. V Českých Budějovicích průměrný úhrn srážek činní 520 mm a průměrná roční teplota je 8,2 °C. Podle podkladů Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd jsou v této lokalitě půdním typem pseudogleje, které jsou slabě skeletovité s celkovým obsahem skeletu 10-25 %. Výnosnost je velmi málo produkční a sklonitost je udávána jako úplná rovina.

Půda byla odebírána ze tří stanovišť, kde proběhlo základní zpracování půdy odlišným způsobem. Na Lokalitě 1 byla půda zpracována formou podrývání, na Lokalitě 2 byl využit diskový podmiťáč. Orbou byla půda zpracována na Lokalitě 3.

Obr. 2: Mapa pokusné lokality



Zdroj: Veřejný registr půd – LPIS

Na těchto pozemcích byla jako předplodina sója luštinatá, přičemž termín setí hlavní plodiny pšenice ozimé (odrůda SOFRU) proběhl 14. října 2017 a sklizeň 29. července 2018. Průměrný výnos se pohyboval kolem 6,7 t/ha a následnou plodinou byla řepka ozimá.

4.2 Odběr a úprava vzorků

V průběhu vegetační sezóny byly odebrány vzorky půdy celkem ve třech termínech. První odběr byl proveden v jarním období – 2. 4. 2018. Podruhé byly vzorky odebrány 5. 8. 2018 – krátce po provedené sklizni. Poslední odběr proběhl 1. 11. 2018, kdy už na lokalitě byl založen porost následné plodiny.

Z každé Lokality bylo odebráno vždy 5 vzorků, pomocí pedologické sondážní tyče do hloubky 25 cm. Jednotlivé vpichy byly provedeny napříč celým polem.

V laboratoři byla půda rozdrobena. Půdy z jednotlivých lokalit byly homogenizovány a sušeny při 105 °C po dobu 24 hodin. Po vysušení byla půda zpracována půdním mlýnem. Výsledným produktem byla jemnozem 1. řádu – půdní částice menší než 2 mm. Následně byla tato jemnozem dále zjemněna drcením. Posledním procesem při přípravě vzorků bylo síťování, při kterém byly odděleny částice menší než 0,1 mm, které byly v následných analýzách využívány.

4.3 Analýza půdních vzorků

4.3.1 Stanovení kvality primární půdní organické hmoty

Kvalitu primární půdní organické hmoty jsem hodnotila podle metodiky, jejíž princip je popsán v publikaci Kopecký a kol. (2016). Cílem této metody je separátní hodnocení humusových látek a primární půdní organické hmoty. Zjištěním rychlostní konstanty oxidace PPOH můžeme hodnotit kvalitu primární půdní organické hmoty. Konstanta je vypočtena na základě pozorování reakční kinetiky oxidace primární půdní organické hmoty v půdních vzorcích.

4.3.1.1 Pracovní postup laboratorních prací

V pěti skleněných baňkách bylo v 5 ml chromsírové spalovací směsi ($0,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ v $12 \text{ M H}_2\text{SO}_4$) rozptýleno 0,2 g upraveného půdního vzorku. Baňky byly vloženy do předehřátého ($60 \text{ }^\circ\text{C}$) termobloku, čímž byla spuštěna oxidace organické hmoty.

Baňky byly postupně vyjímány a ihned zchlazovány, aby došlo k ukončení oxidačních reakcí. Vyjímány byly v 10., 20., 30. a 45. minutě. Pátá baňka byla po 45 minutách přemístěna do termostatu vyhřátého na $100 \text{ }^\circ\text{C}$, kde se oxidovala organická hmota dalších 30 minut. Za těchto podmínek byla dooxidována zbývající relativně labilní organická hmota (stabilní frakce zoxidovány nebyly). Poté došlo, stejně jako u baněk předchozích, k jejímu rychlému zchlazení.

S využitím automatického titrátoru (METLER TOLEDO, DL50) bylo stanoveno množství zoxidovaného organického uhlíku ze vzorků v jednotlivých baňkách. Zjištěné hodnoty (baňky 1–4) byly zaneseny do předem připraveného excelového souboru, kde došlo k výpočtu rychlostní konstanty k oxidace primární půdní organické hmoty. Množství organického uhlíku zoxidovaného v baňce 5, označené C_1 , odpovídá množství uhlíku primární půdní organické hmoty.

4.3.1.2 Stanovení obsahu humusu a stupně humifikace

Půdní vzorky byly analyzovány prostřednictvím přístroje Skalár, který dokáže determinovat jak množství celkového uhlíku (TOC) v půdním vzorku, tak množství uhlíku anorganického (IC). Rozdílem obou hodnot je množství uhlíku organického (C_2).

Výsledek výpočtu $C_2 - C_1$ určuje množství uhlíku, které náleží stabilním humusovým látkám. Stupeň humifikace půdní organické hmoty se stanovuje dle následujícího vzorce:

$$S_H = \frac{C_1 - C_2}{C_2} \times 100(\%)$$

4.4 Statistické vyhodnocení

Pro statistické vyhodnocení výsledků byla využita analýza variance (ANOVA). Byl-li zjištěn statisticky významný rozdíl, byl následně využit post-hoc Tukey HSD test. Dále jsou uváděny jen výsledky tohoto post-hoc testu v případech, kdy byl rozdíl statisticky průkazný. Pro hodnocení byl využit software Statistika 12 (StatSoft Inc.).

5. Výsledky a diskuze

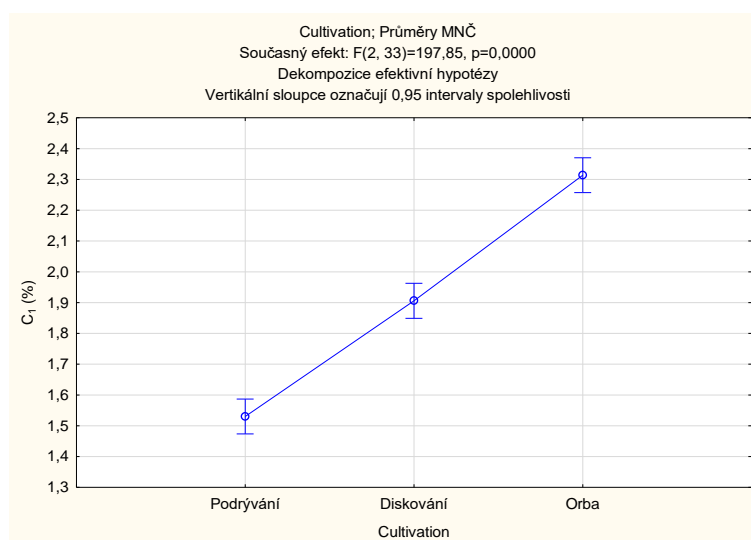
5.1 Obsah organického uhlíku

Nejdříve byl hodnocen obsah C_1 v půdních vzorcích v závislosti na způsobu kultivace půdy. Tato hodnota udává, kolik organického uhlíku náleží primární půdní organické hmotě, tedy organickým frakcím půdy, které neprošly humifikačními procesy. Z výsledků vyplynul pozitivní vliv orby na nárůst C_1 (Tab. 1, Graf 1).

Tab. 1: HSD Tukey test - Průměrný obsah uhlíku C_1 v % v závislosti na způsobu kultivace půdy

Tukeyův HSD test; proměnná C_1 (%) (Statistika)					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,00932, sv = 33,000					
Č. buňky	Cultivation	C_1 (%) Průměr	1	2	3
1	Podrývání	1,530213	****		
2	Diskování	1,905871		****	
3	Orba	2,313896			****

Graf 1: Průměrný obsah uhlíku C_1 v % v závislosti na způsobu kultivace půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině P 0,05.



Výsledky tedy naznačují, že podrývání vytváří v půdě nejlepší podmínky pro mineralizaci, tedy rozklad organické hmoty. V pseudoglejích v Českých Budějovicích testoval stejnou metodou obsah C_1 Skoba (2018). V porostech různých

energetických rostlin zaznamenal hodnoty 2,12 – 2,32 %, v trvalém travním porostu 2,57 %.

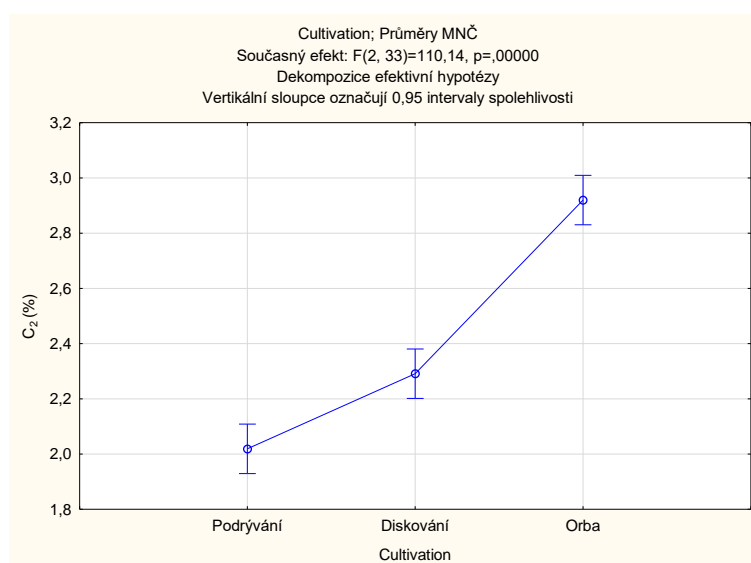
Při testování vlivu termínu odběru vzorků na C_1 , nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Statisticky průkazný byl ale vliv zpracování na celkové množství organického uhlíku, označené jako C_2 (Tab. 2). Na základě zjištěných výsledků o obsahu organického uhlíku C_1 a C_2 lze konstatovat, že se potvrdil vliv odlišného zpracování půdy na průběh půdních procesů a množství organické hmoty v půdě (Hypotéza 1).

Tab. 2: HSD Tukey test - Analýza variací hodnot obsahu uhlíku C_2 v % v závislosti na způsobu kultivace půdy.

Tukeyův HSD test; proměnná C_2 (%) (Statistika)					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,02327, sv = 33,000					
Č. buňky	Cultivation	C_2 (%) Průměr	1	2	3
1	Podrývání	2,018889	****		
2	Diskování	2,291111		****	
3	Orba	2,920000			****

V Grafu 2 je možné pozorovat značný rozdíl zejména mezi orbou (2,87%) a podrýváním (2,1%). Nejvyšší nárůst oproti hodnotě C_1 byl zaznamenán u podrývání, a to o cca 0,5%.

Graf 2.: Průměrný obsah uhlíku C_2 v % v závislosti na způsobu kultivace půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině $P_{0,05}$.



Obsahu organického uhlíku v půdě se detailně věnuje Kubát a kol. (2008). Obecně se podle něj v orných půdách vyskytuje organický uhlík v množství od 0,60 % do 3,25%. Pro pseudogleje pak uvádí v hloubce 0 – 20 cm rozsah (5 testovaných lokalit) 1,4 – 2,3 % C (medián 1,56 %). Na námi zkoumané lokalitě je tedy obsah organického uhlíku spíše vyšší, a to především v půdách oraných.

V literatuře se vyskytuje řada dalších údajů o obsahu organické hmoty v půdách. Často ale není přesně specifikováno, o jaké součásti půdní organické hmoty je pojednáváno a jakou cestou byl organický uhlík stanoven, i proto je srovnání s literárními údaji problematické.

Vliv data odběru na obsah C_1 nebo C_2 nebyl statisticky průkazný.

5.2 Obsah humusu a stupeň humifikace

Humus je důležitým faktorem při hodnocení kvality půdy. Často však dochází k terminologickým nejasnostem v případě charakteristiky humusu a stanoví jeho obsahu. Řada autorů (např. Sánka a Materna, 2004) stále vyjadřuje obsah humusu pomocí obsahu C_{ox} vynásobeného koeficientem 1,724.

V této práci jsou za humus považovány jen látky zhumifikované (fulvokyseliny, huminové kyseliny, huminy). Vliv kultivace na obsah humusu v půdních vzorcích je znázorněn v Tab. 3. a Grafu 3.

Tab. 3: HSD Tukey test - Analýza variací hodnot obsahu humusu v % v závislosti na způsobu kultivace půdy.

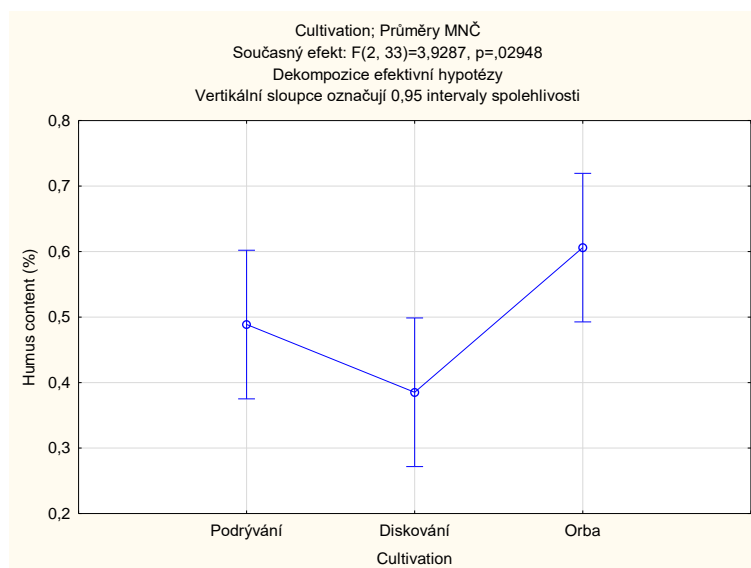
Tukeyův HSD test; proměnná Humus content (%) (Statistika)				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,03730, sv = 33,000				
Č. buňky	Cultivation	Humus content (%) Průměr	1	2
2	Diskování	0,385240	****	
1	Podrývání	0,488676	****	****
3	Orba	0,606104		****

Průkazně se liší výsledky z pole oraného a diskovaného. Ve vzorku půdy z podrývaného pole byl zjištěn obsah humusu, který není průkazně odlišný od zbývajících dvou variant.

Z Grafu 3 je zřejmé, že největší obsah humusu byl zjištěn ve vzorcích oraných půd (0,6 %), následovalo podrývání (0,49 %) a diskování (0,38 %). Z tohoto hlediska je tedy možné považovat diskování za nejméně vhodný způsob zpracování půdy. Srovnání výsledků s údaji v literatuře je zde velmi problematické v důsledku použití jiné terminologie i samotné metodiky. V metodice, která byla využita v této práci, může být zoxidována i část méně stabilních humusových látek (zejména fulvokyseliny), proto mohou výsledky obsahu humusu nižší, než u jiných běžně používaných metod. Stejnou metodiku hodnocení množství humusu však využil Skoba (2018). Ten zaznamenal velmi nízké hodnoty. Ve vzorku půdy z porostu *Elymus elongatus* se nacházelo jen 0,16 % humusu. V dalších vzorcích byly hodnoty mírně vyšší. I tak ovšem nejvyšší hodnota činila 0,34 %, jednalo se o trvalý travní

porost. V publikaci Kopecký a kol. (2016) autoři také hodnotili množství humusu stejnou metodou. Testovali 5 půdních vzorků různých půdních typů v odlišných oblastech. Jejich výsledky se pohybovaly v intervalu 0,13 – 1,88 % humusu.

Graf 3: Průměrné hodnoty obsahu humusu v % v závislosti na způsobu kultivace půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině P0,05.



Například Vrba a Huleš (2006) ale ve svém článku uvádějí, že v průměru se obsah humusu pohybuje v rozmezí 1,8 - 2,2 %, ale u zemědělských ploch to může být od 0,5 – 10 %. Patrně však za humus považují veškerou odumřelou půdní organickou hmotu. Podobně Tomášek (2000) rozděluje půdy podle obsahu humusu. Využívá k tomu ovšem obsah C_{OX} a přepočítávací koeficient 1.7.

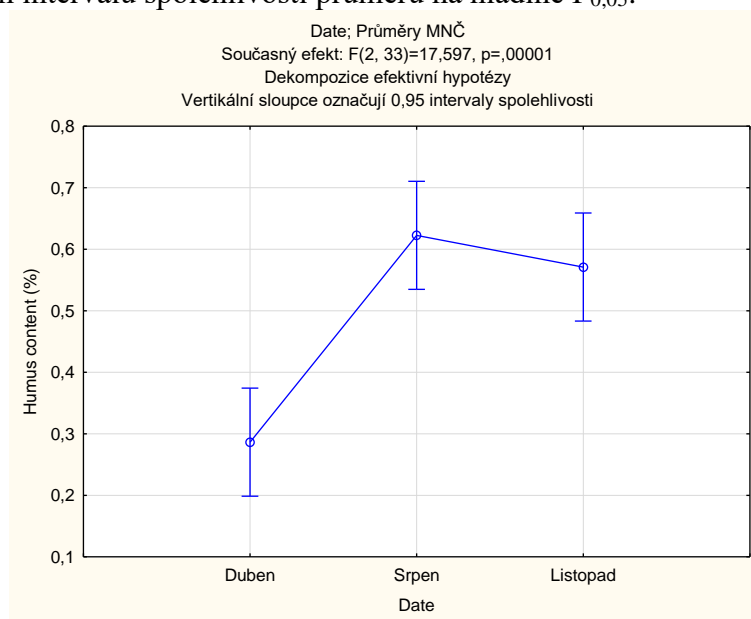
Tab. 4: HSD Tukey test - Analýza variací hodnot obsahu humusu v % v závislosti na datu odběru půdy.

Tukeyův HSD test; proměnná Humus content (%) (Statistika)				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,02235, sv = 33,000				
Č. buňky	Date	Humus content (%) Průměr	1	2
1	Duben	0,286442		****
3	Listopad	0,571000	****	
2	Srpen	0,622579	****	

Vzorky půdy byly odebrány ve třech různých termínech. Z Tab. 4 a Grafu 4 lze vyčíst, že nejnižší obsah humusu se v půdě vyskytoval při prvním odběru (0,29 %). V následných termínech byly zjištěny hodnoty vyšší – 0,62 %, resp. 0,57 %.

Jelikož je vznik a zánik humusových látek dlouhodobým procesem, je možné tento nárůst vysvětlit spíše zvýšením obsahu ligninů v půdě. Ty totiž vykazují podobnou stabilitu jako huminové kyseliny a přesnost výsledků negativně ovlivňují.

Graf 4: Průměrné hodnoty obsahu humusu v % v závislosti na datu odběru půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině $P_{0,05}$.

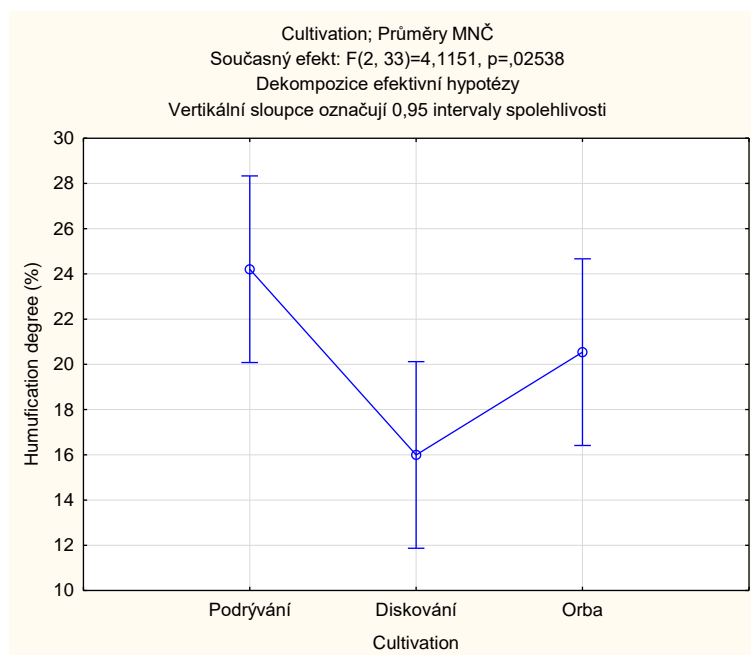


Vývoj stupně humifikace, je úzce spjat s obsahem humusu. Následující výsledky (Tab. 5, Graf 5) ukazují podobný trend jako v případě množství humusu v půdě. Dle kultivace se však tentokrát liší diskování od podryvání.

Tab. 5: HSD Tukey test - Analýza variací stupně humifikace v % v závislosti na způsobu kultivace půdy.

Tukeyův HSD test; proměnná Humufication degree (%) (Statistika)				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 49,373, sv = 33,000				
Č. buňky	Cultivation	Humufication degree (%) Průměr	1	2
2	Diskování	15,99438	****	
3	Orba	20,54096	****	****
1	Podryvání	24,20830		****

Graf 5: Průměrné hodnoty stupně humifikace v závislosti na způsobu kultivace s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině $P_{0,05}$.



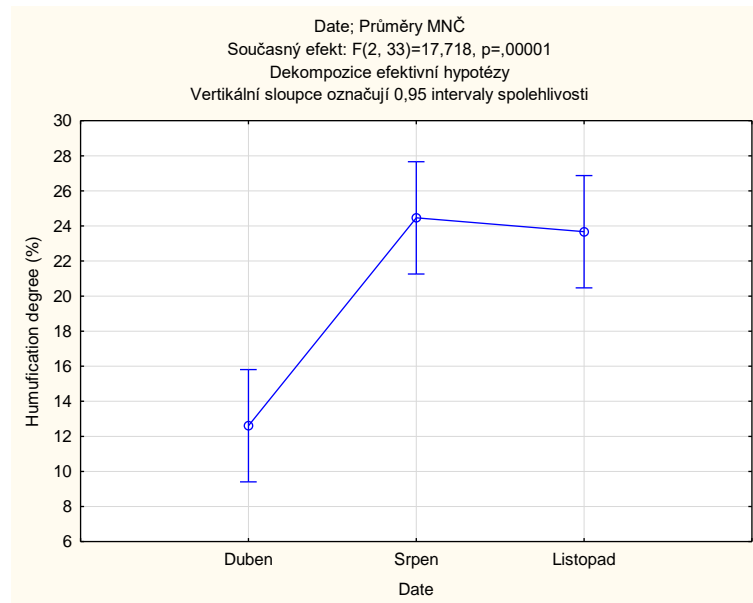
V případě hodnocení data odběru půdních vzorků je situace totožná u obsahu humusu. Výrazně se tedy odlišoval první termín od zbývajících dvou, přičemž v listopadovém termínu byl zaznamenán jen nepatrný pokles.

Tab. 6: HSD Tukey test – Analýza variancí stupně humifikace v % v závislosti na datu odběru půdy.

Č. buňky	Date	Humufication degree (%)	1	2
	1	Duben	12,60909	
3	Listopad	23,67236	****	
2	Srpen	24,46219	****	

Tukeyův HSD test; proměnná Humufication degree (%) (Statistika)
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = 29,746, sv = 33,000

Graf 6: Průměrné hodnoty stupně humifikace v závislosti na způsobu datu odběru půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině $P_{0,05}$.



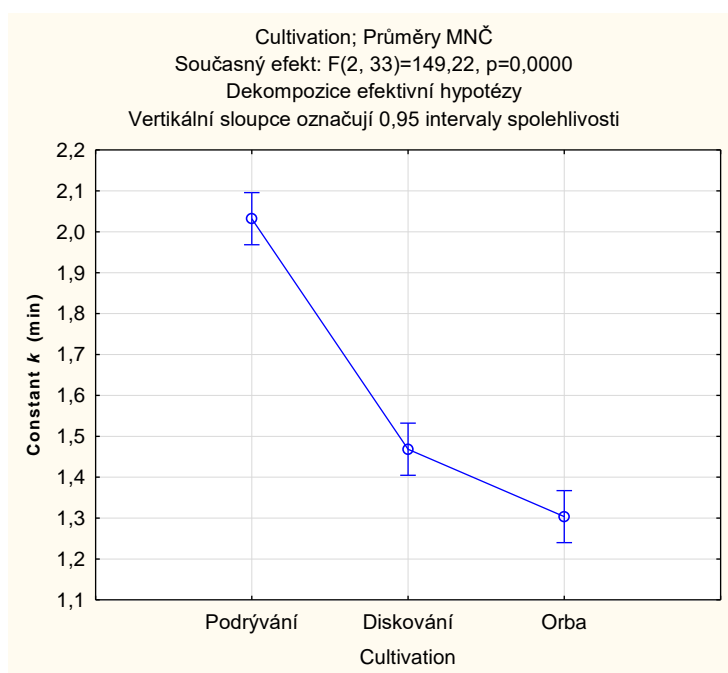
5.3 Rychlostní konstanta k oxidace primární půdní organické hmoty

Primární půdní organická hmota má z hlediska půdní úrodnosti význam především jako zdroj energie pro půdní mikroorganismy a jako zdroj přístupných živin pro rostliny po její mineralizaci. Z těchto důvodů lze za kvalitnější organickou hmotu považovat tu, kde převládají labilnější frakce. Rychlostní konstanta k vyjadřuje reakční kinetiku oxidace PPOH. Vyšší hodnota konstanty k tedy indikuje snažší rozklad půdní organické hmoty a tím její vyšší kvalitu. Výsledky hodnocení kvality PPOH znázorňují Tab. 7 a Graf 7.

Tab. 7: HSD Tukey test - Analýza variancí konstanty k (min) v závislosti na datu odběru půdy.

Tukeyův HSD test; proměnná Constant k (min) (Statistika)					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,01174, sv = 33,000					
Č. buňky	Cultivation	Constant k (min) Průměr	1	2	3
3	Orba	1,303536	****		
2	Diskování	1,468395		****	
1	Podrývání	2,032090			****

Graf 7: Průměrné hodnoty konstanty k v závislosti na způsobu kultivace půdy s vyznačením intervalů spolehlivosti průměru na hladině $P_{0,05}$.



Je zřejmé, že odlišná technologie zpracování půdy se odráží i na kvalitě nezhumifikované části půdní organické hmoty. Analýza výsledků vede v souladu s Hypotézou 2 k názoru, že vyšší provzdušnění půdy, které podrývání způsobuje, zlepšuje podmínky pro činnost půdního edafonu, což se podepisuje i na vyšší kvalitě PPOH. Vliv kultivace na hodnotu k byl průkazný mezi všemi variantami. Přesto se podrývaná lokalita od zbývajících dvou lišila velmi výrazně. U pole, které bylo orané, byla hodnota konstanty k nižší, než u pole obhospodařovaného diskovým podmítačem.

Komparace získaných hodnot s dalšími autory je opět v důsledku zcela odlišné metodiky prakticky nemožná. Nicméně k porovnání je možné využít publikaci od autorů Kopecký a kol. (2016), kde bylo hodnoceno pět různých půdních typů a hodnoty konstanty se pohybovaly v rozmezí 0,23 – 2,43 min.

Při hodnocení vlivu termínu odběru půdních vzorků, nebyly statisticky významné rozdíly zjištěny.

6. Závěr

Tato bakalářská práce byla rozdělena na teoretickou a praktickou část, přičemž v teoretické části byly řešeny pojmy jako půdní organická hmota, humus, primární půdní organická hmota a základní agrotechnické způsoby zpracování půd. V druhé části byl popsán průběh analýzy vzorků dle metodiky, kterou ve své publikaci uvádí Kopecký a kol., (2016), jenž vychází z principu, odděleného hodnocení primární půdní organické hmoty a humusu. Hodnoceny byly vzorky odlišných typů půd, podle druhu agrotechnického zpracování (podrývání, diskování, orba).

Ze získaných dat vyplývá, že organická hmota je prokazatelně ovlivňována způsobem kultivace půdy. Výsledky poukazují, že podrývání vytváří v půdě nejlepší podmínky pro rozklad organické hmoty. Vliv kultivace na hodnotu konstanty k byl též průkazný mezi všemi variantami. U některých parametrů byl potvrzen také vliv termínu odběru vzorků na sledované charakteristiky, a to například u humusu či stupně humifikace, naopak u konstanty k , tento vliv nebyl statisticky průkazný.

Pro přesnější interpretaci výsledků a vyvození jednoznačných závěrů o vlivu odlišných technologií zpracování půdy na kvalitu a množství půdní organické hmoty by však bylo zapotřebí v daném pokusu dlouhodobě pokračovat.

7. Použitá literatura

- 1) Baldock, J. A. & Nelson, P. N. (2000). Soil organic matter. In M. E. Sumner (Eds.), *Handbook of Soil Science* (pp. B25–B84). BocaRaton: CRC Press
- Borovičková M. (2005): *Procesy agregace huminových látek při úpravě vod: Pojednání k disertační práci – VUT Brno.*
- 2) Brady N.C., Weil R.R. (1999). *The nature and properties of soils*. 12th ed. PrenticeHall Inc., New Jersey, USA.
- 3) Borovičková, M.: *Procesy agregace huminových látek při úpravě vod: Pojednání k disertační práci – VUT Brno, 2005*
- 4) Darwish, O. H., Persaud, N., & Martens, D. C. (1995). Effect of long-term application of animal manure on physical properties of three soils. *Plant and Soil*, 176(2), 289–295.
- 5) Derpsch, R., Franzluebbers, A. J., Duiker, S. W., Reicosky, D. C., Koeller, K., Friedrich, T., ... & Weiss, K. (2014). Why do we need to standardize no-tillage research?. *Soil and Tillage Research*, 137, 16-22.
- 6) Ghani, A., Dexter, M., & Perrott, K. W. (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil biology and biochemistry*, 35(9), 1231–1243. ISSN: 0038–0717
- 7) Heroldová, M., Michalko, R., Suchomel, J., & Zejda, J. (2018). Influence of no-tillage versus tillage system on common vole (*Microtus arvalis*) population density. *Pest management science*, 74(6), 1346-1350.
- 8) Hůla, J., Abrahám, Z. a Bauer F. (1997). *Zpracování půdy*. Praha: Brázda, ISBN 8020902651.
- 9) Kawasaki, S., Ikeya, K., Sugiura, Y., & Watanabe, A. (2015). Changes in the composition of humic acids in various upland field soils with a continuous appli

cation of an organic amendment as revealed by fractional precipitation analysis. *Soil science and plant nutrition*, 61(3), 450-460.

- 10) Kögel-Knabner, I., Zech, W., & Hatcher, P. G. (1988). Chemical composition of the organic matter in forest soils: the humus layer. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151(5), 331-340.
- 11) Kolář, L., Kužel, S., Horáček, J., Čechová, V., Borová-Batt, J., & Peterka, J. (2009). Labile fractions of soil organic matter, their quantity and quality. *Plant, Soil and Environment*, 55(6), 245–251.
- 12) Kopecký, M., Kolář, L., & Borová Batt, J. (2016). The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus. In *Proceedings of the International Conference Soil the non renewable environmental resource* (pp. 135-142).
- 13) Kolář, L., Moudrý, J., Kopecký, M. (2014) *Humus*. Vydání první. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., 25 stran. ISBN 978-80-87226-34-6
- 14) Koukolíček, J., Pulkrábek, J. (2015). Praktické zkušenosti s hlubokým kypřením. Dostupné na:
- 15) Koukolíček, J., Pulkrábek, J. (2015). Praktické zkušenosti s hlubokým kypřením. Dostupné na: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/prakticke-zkusenosti-s-hlubokym-kyprenim-pudy>
- 16) Kovaříček, P. (2012). *Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 9788086884691.
- 17) Kubát, J., Cerhanová, D., Mikanová, O., & Šimon, T. (2008). *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, vvi, Praha–Ruzyně. ISBN, 978-80.

- 18) Kvěch, Škoda. (1985). *Současné a perspektivní způsoby zpracování půdy*. Praha: Vysoká škola zemědělská, Videopress MON.
- 19) Lal, R., Negassa, W., & Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 79-86.
- 20) Lal, R., Follett, R. F., Stewart, B. A., & Kimble, J. M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil science*, 172(12), 943-956.
- 21) Lalonde, R., Gagnon, B., & Royer, I. (2009). Impact of natural and industrial liming materials on soil properties and microbial activity. *Canadian Journal of Soil Science*, 89(2), 209–222.
- 22) Ledvina, Horáček (2000). *Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje*. České Budějovice: Jihočeská univerzita.
- 23) Leroy, B. L. M., Herath, H. M. S. K., Sleutel, S., De Neve, S., Gabriels, D., Reheul, D., & Moens, M. (2008). The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. *Soil use and management*, 24(2), 139–147.
- 24) Lhotský, J. (1989). *Zpracování a zúrodnování půd*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, ISBN 8020900489.
- 25) Mikulášková, B., Lapčík, L., Mašek, I. (1997). Listy, C. Lignit-struktura, vlastnosti a použití. *Chem. listy*, 91, 160-168.
- 26) Nýč, M., Brant, V., Kroulík, M., Smutný, V., Kusá, H., Růžek, P., ... & Lukas, V. (2015). *Technologické postupy využití strojů pro diferencované zpracování půdy a cílenou aplikaci hnojiv do půdy: certifikovaná metodika*. Kurent, sro.
- 27) Pastorek. (2002). *Zemědělská technika dnes a zítra*, Nakladatelství Ing. Martin Sedláček, Praha.
- 28) Paul, E. A., Clark, F. E. (1996). *Soil microbiology and biochemistry*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, ISBN 0125468067.

- 29) Phillips, R. E., Thomas, G. W., Blevins, R. L., Frye, W. W., & Phillips, S. H. (1980). No-tillage agriculture. *Science*, 208(4448), 1108-1113.
- 30) Pivokonský M., Pivokonská, L., Bubáková, P., & Janda, V. (2010). Úprava vody s obsahem huminových látek. *Chemické listy*, 104(5), 1015-1022.
- 31) Polcar, A., Čupera, J., Renčín, L., & Bauer, F. (2018). Impact of Innovative Plough Technologies on Tillage Economy. *Listy Cukrovarnické a Reparské*, 134(12), 398.
- 32) Pokorný E., a Šarapatka B. (2003). Půdoznalství pro ekozemědělce. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. Příručka ekologického zemědělce. ISBN 8070842954.
- 33) Pulkrábek, J., Urban, J., Jedličková M. (2016). Vliv hlubokého kypření půdy s hnojením do depa na produkci cukrové řepy. Česká zemědělská univerzita, Praha. Dostupné na: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-hlubokeho-kypreni-pudy-s-hnojenim-do-depa-na-produkci-cukrove-repy>
- 34) Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1-2), 61-76.
- 35) Sáníka, M., & Materna, J. (2004). Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Ministerstvo životního prostředí.
- 36) Six, J., Elliott, E. T., & Paustian, K. (1999). Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 63(5), 1350-1358.
- 37) Skybová, M. (2006). Humínové kyseliny přínos pro environmentální výzkum. *Acta Montanistica Slovaca*, 11(2), 362-366.
- 38) Skoba, D. (2018). Kvalifikace primární půdní organické hmoty podle rychlostní konstanty oxidace v půdách porostů energetických rostlin, BP
- 39) Stach, J. (2000). Regulace plevelů v podmínkách minimálního zpracování půdy, VÚRV.

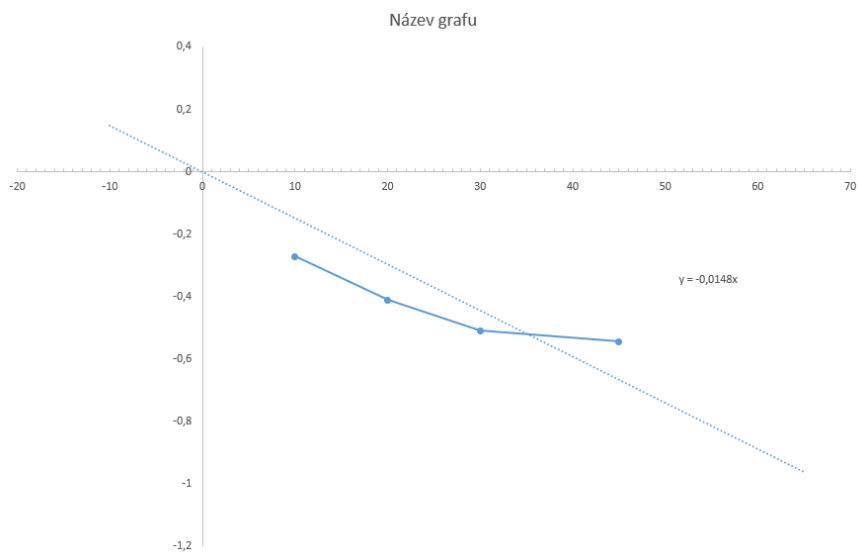
- 40) Stevensons, F. J. (1986). *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York, Wiley.
- 41) Stevensons, F. J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons.
- 42) Swift, R. S. (2001). Sequestration of carbon by soil. *Soil science*, 166(11), 858-871.
- 43) Šantrůčková, H., Kaštovská, E., Bárta J., Miko, L., a Tajovský K. (2018). *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 9788073946951.
- 44) Šarapatka, B. (2014). *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024437361.
- 45) Šarapatka, B. (2010). *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut. ISBN 9788087371107.
- 46) Šimek, M. (2005). *Základy nauky o půdě*. 2., upr a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. ISBN 8070407476.
- 47) Tan, K., H. (2003). *Humic matter in soil and the environment: Principles and controversies*. - CRC Press.
- 48) Tomášek, M. (2000). *Půdy české republiky*. Český geologický ústav.
- 49) Váchalová, R., Kolář, L., Muchová, Z. (2016). *Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty*. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.
- 50) Vrba, V., Huleš, H. (2006). Humus – půda – rostlina (2) Humus a půda. *Biom.cz* [online]. 2006-11-14 [cit. 2019-03-31]. Dostupné na: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>. ISSN: 1801-2655.

8. Přílohy

Obr. 3: vzorek půdy smíchaný s dichromanovou spalovací směsí.



Obr. 4: Grafické znázornění průběhu oxidace PPOH



Obr. 5: výpočet rychlostní konstanty PPOH v Excelovém souboru

					TC (%)	TOC (%) (skalár)	IC (%)
					2	2	
					2,1	2,1	
					2,05	2,05	
2. Výpočet C_{OX}							
	Výsledek z titrátoru	Skutečná navážka (g)	C _{OX1, 2, 3, 4}				
1	2,0175		1,00875				
2	2,31		1,155				
3	2,4679		1,23395				
3S							
4	2,5148		1,2574				
4S					C ₂ (%)	2,05	
5 (C ₁) - veškerá POPH	3,0867		1,54335				
5S							
3. Příprava pro výpočet k							
			log				
C ₁ - C _{OX1}	0,5346		-0,271971				
C ₁ - C _{OX2}	0,38835		-0,4107767				
C ₁ - C _{OX3}	0,3094		-0,5094797				
C ₁ - C _{OX4}	0,28595		-0,5437099				
Konstanta k							
Obsah humusu (%)	0,50665						
Stupeň humifikace S _H (%)	24,7	Číslo vzorku	Čas (min)	log	Protnutí	tg α	konst. k
		1	10	-0,27197	x	10	0,8478584
		2	20	-0,41078	y	-0,147990016	1,952618
Linregrese		3	30	-0,50948			
b1	b0	4	45	-0,54371	Směrnice		Úhel [°]
-0,014799002	0					-0,014799002	48,57871