

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 / Zemědělství

Studijní obor: 4106R013 / Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra agroekosystémů

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kvalita a množství organické hmoty v půdách energetických rostlin

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

Autor bakalářské práce: Štěpán Kobic

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Štěpán KOBLIC
Osobní číslo: Z17462
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Téma práce: Kvalita a množství organické hmoty v půdách energetických rostlin
Zadávací katedra: Katedra agroekosystémů

Zásady pro vypracování

Cíle práce: Posouzení kvality půdní organické hmoty a stanovení jejího obsahu ve vzorcích půd z porostů vybraných energetických rostlin

Práce bude obsahovat následující kapitoly:

1. Úvod – úvod do problematiky (doporučený rozsah 1 strana, bez citací).
2. Literární přehled – energetické využití fytomasy, význam půdní organické hmoty a její rozdělení (rozsah cca 50% textové části BP).
3. Cíle práce a pracovní hypotézy (doporučený rozsah 1 strana).
4. Metodický postup – spolupráce při založení a údržbě experimentálních políček vybraných energetických rostlin, pravidelný odběr půdních vzorků pomocí pedologické sondážní tyče, jejich úprava a analýza. Stanovení rychlostní konstanty oxidace organické hmoty v půdních vzorcích bude vycházet z principu metody popsané v metodice od autorů Kopecný a kol., 2016).
5. Výsledky a diskuse – zpracování a statistické vyhodnocení dat, jejich srovnání s literárními údaji formou diskuse (rozsah cca 50% textové části BP).
6. Závěr – shrnutí výsledků práce (doporučený rozsah 1-2 strany, bez citací).
7. Seznam citované literatury (minimálně 1/3 literárních pramenů ze zahraničních zdrojů – vědecké časopisy, knihy).

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

Seznam doporučené 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. (2014). *Kniha o humusu. Náměšť nad Oslavou: ZERA.*

Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4), 212-222.

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 – the non-renewable environmental resource, 7-9. září 2015* (pp. 135-142). Brno: Mendelova univerzita v Brně.

Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 1-9.

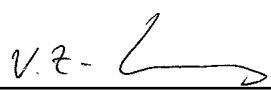
Váchalová, R., Kolář, L., & Muchová, Z. (2016). Primární organická hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Kopecký, Ph.D.**
Katedra agroekosystémů


Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2019**

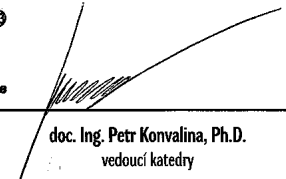
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Č. z. 1996, 370 06 České Budějovice
L.S.



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

Prohlášení autora:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s využitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. V platném znění souhlasím se zveřejnění své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě 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 29. 6. 2020

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Markovi Kopeckému, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za metodické a odborné vedení, ochotu, a v neposlední řadě za připomínky a pomoc při zpracování této práce.

Abstrakt

Kvalita a množství organické hmoty patří mezi podstatné faktory, které výrazně ovlivňují důležité vlastnosti půdy. Tato práce je zaměřena na výzkum kvality a množství organické hmoty v půdách pod porosty energetických rostlin – Szarvasi-I. a *Dactylis glomerata*. V literární rešerši jsou popsány pojmy, které jsou důležité pro pochopení daného tématu. Praktická část se zabývá pravidelným odběrem půdních vzorků na experimentálních pozemcích JČU, a jejich následnou úpravou. Odebrané vzorky byly v laboratoři analyzovány podle metodiky Kopecký a kol. (2006), která je zaměřena na stanovení rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty. Dále byly zjištěné výsledky statisticky vyhodnoceny z hlediska měsíce odběru vzorků, managementu hnojení a travního druhu. Z výsledků vyplývá, že z hlediska měsíce odběru půdních vzorků byla nejkvalitnější primární půdní organická hmota v měsíci říjnu 2019. Podle managementu hnojení byla nejkvalitnější u varianty „Control“ a z pohledu sledování travního druhu pod porosty Szarvasi-I. Z hlediska interakce všech sledovaných faktorů bylo zjištěno, že nejlepší vliv na kvalitu primární půdní organické hmoty mají nehnojené porosty Szarvasi-I.

Klíčová slova: půda, energetické rostliny, půdní organická hmota, kvalita půdní organické hmoty.

Abstract

The quality and quantity of organic matter are among the essential factors that significantly affect important soil properties. This work is focused on the research of the quality and quantity of organic matter in soils under energy crops - Szarvasi-I. and *Dactylis glomerata*. The literature search describes concepts that are important for understanding the topic. The practical part deals with regular soil sampling on experimental plots of JČU, and their subsequent treatment. The samples taken were analyzed in the laboratory according to the methodology of Kopecký et al. (2006), which is focused on determining the rate constant of oxidation of primary soil organic matter. Furthermore, the results were statistically evaluated in terms of the month of sampling, fertilization management and grass species. The results show that in terms of the month of soil sampling was the best primary soil organic matter in October 2019. According to the fertilizer management was the best in the variant "Control" and in terms of monitoring the grass species under Szarvasi-I. In terms of interaction of all monitored factors that the best influence on the quality of primary soil organic matter has unfertilized stands of Szarvasi-I.

Keywords: soil, energy plants, soil organic matter, quality of soil organic matter.

OBSAH:

1. Úvod.....	10
2. Literární rešerše	11
2.1 Půda	11
2.1.1 Definice pojmu půda	11
2.1.2 Význam půdy	11
2.1.3 Úrodnost půdy	12
2.2 Pěstování trav pro energetické využití	14
2.2.1 Druhy energetických rostlin	14
2.2.2 Produkční funkce energetických trav	14
2.2.3 Mimoprodukční funkce vytrvalých trav	15
2.2.4 Szarvasi-1	15
2.2.5 Srha laločnatá	16
2.3 Půdní organická hmota	18
2.3.1 Charakteristika půdní organické hmoty	18
2.3.2 Význam půdní organické hmoty a její rozdělení	19
2.3.3 Současná praxe hodnocení organické hmoty	20
2.3.3.1 Kvantitativní stanovení organických látek	20
2.3.3.2 Kvalitativní stanovení organických látek	21
2.3.4 Primární půdní organická hmota a humus	22
2.3.4.1 Primární půdní organická hmota.....	22
2.3.4.2 Humus.....	24
2.3.4.3 Obsah humusu v půdách	25
3. Cíle práce a hypotézy	27
4. Materiál a metodika	28
4.1 Popis lokality a časový průběh operací na pozemku.....	28
4.2 Založení a údržba experimentálních porostů.....	29
4.3 Odběr, úprava a analýza půdních vzorků	31
4.4 Statistické vyhodnocení.....	31
5. Výsledky a diskuze	32
5.1 Kvalita a množství organické hmoty podle měsíce odběru.....	32
5.2 Kvalita a množství organické hmoty podle managementu hnojení.....	37

5.3	Kvalita a množství organické hmoty podle travního druhu	40
5.4	Vliv interakce všech sledovaných faktorů na C_{org} , C_{PPOH} a C_{SOF}	43
5.5	Vliv interakce všech sledovaných faktorů na kvalitu PPOH.....	46
6.	Závěr	48
	Seznam použité literatury.....	50
	Přílohy	55

1. Úvod

„Všichni po ní šlapou a každý z ní žije. To je naše půda,“ toto jsou slova Karla Schwarzenberga, který poukazuje na to, jaký poklad v naší půdě máme. Půda přispívá ke kvalitě života a dobrým životním podmínkám. Málokdo si to ale uvědomuje. Svědčí o tom stav půdy, který se i nadále zhoršuje a to ovlivňuje její produkční i mimoprodukční schopnosti. Dobrý stav půdy je zapotřebí nejen pro pěstování potravinářských plodin, produkci biomasy a biopaliv, zajišťování surovin, ale také pro zadržování a filtrování vody. Půda je konečným, neobnovitelným zdrojem, jehož významnou složku tvoří půdní organická hmota.

Často se zaměňují pojmy „primární půdní organická hmota“ a „humus“ s výrazem půdní organická hmota. Úbytek C_{org} je mnohdy považován za nebezpečný úbytek humusu, což nebývá pravda. Většinou jde spíše o úbytek primární organické hmoty, kterou spotřebovává mikroedafon. Toto však není efekt záporný ale naopak kladný, protože může vést ke zvýšení skutečného obsahu humusu.

Na obsah a kvalitu půdní organické hmoty, která mimo jiné ovlivňuje půdní strukturu, infiltraci a retenci vody nebo aktivitu půdního edafonu, mají vliv i mnou vybrané energetické trávy – Szarvasi-1 a Srha laločnatá.

Tato práce se zabývá posouzením kvality půdní organické hmoty a stanovení jejího obsahu v odebraných vzorcích půd z porostů výše zmíněných energetických rostlin. U jednotlivých vzorků byl zkoumán celkový uhlík, který náleží stabilním organickým frakcím, uhlík který náleží primární půdní organické hmotě a konstanta k .

2. Literární rešerše

2.1 Půda

2.1.1 Definice pojmu půda

Půdu lze definovat jako dynamický přírodní útvar, který se neustále vyvíjí a udržuje vlivem okolního prostředí. Vznikl v důsledku dlouhodobých půdotvorných procesů z povrchových zvětralin zemské kůry a organických látek působením povětrnostních podmínek a dalších činitelů. Díky těmto procesům byla po velmi dlouhou dobu půda původně tvořena pouze přirozeně, později však lidskou kultivací. Každá půda je komplexní otevřený systém, který je významně spjat s okolním prostředím. Je snadno degradovatelným, ale těžko obnovitelným přírodním zdrojem. Každý centimetr ornice se vyvíjí v řádu desítek až stovek let, avšak v souvislosti s působením eroze se tato vrstva může zničit během několika minut (Vrba a Huleš, 2006).

Podle Bičíka (2009) je půda přírodnina diferencovaná v genetické horizonty, vzniklá na rozhraní různých sfér z mateční horniny, působením aktivních půdotvorných faktorů, jako je například podnebí, půdní reliéf, živé i mrtvé organismy, voda, čas a jiné.

Půda proto bezesporu patří mezi nejcennější přírodní neobnovitelné zdroje. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Člověk je od nepaměti závislý na půdě a kvalita půdy zase na lidské činnosti. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale i pro budoucí generace (MŽP, 2008).

2.1.2 Význam půdy

Půda je životní prostředí pro půdní organismy, planě rostoucí vegetace a především slouží k pěstování kulturních rostlin. Je regulátorem koloběhu látek a může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potencionálně rizikových látek. Dále zadržuje vodní srážky, reguluje jejich odtok a je tak zásobárnou vodních zdrojů pro rostliny a živočichy (Lhotský, 2006).

Novák a kol. (2002) rozděluje funkce půdy do tří skupin. První skupinou je funkce produkční. Je výrobním prostředkem, stanovištěm zemědělských a lesnických plodin, má určitou produkční funkci a produkční potenciál. Vytváří plochu pro hospodářské a stavební využití, pro bydlení, infrastrukturu a rekreaci. Poskytuje také zdroj neobnovitelných surovin, jako jsou štěrky, písky, rašelina aj.

Druhou skupinou je funkce mimoprodukční. Půda tvoří životní prostředí pro všechny suchozemské organismy, jak rostlinné, tak živočišné. Tvoří biomasu a je součástí látkového koloběhu v přírodě, především koloběhu vody a živin. Poskytuje prostředí pro výměnu tepelné energie mezi zemí a ovzduším. Je prostředím nejen pro infiltraci, akumulaci a retenci vody, ale i pro transportní, transformační, pufrční a neutralizační procesy.

Třetí skupinou je funkce kulturní. Půda je archivem dějin přírody a dějin historie lidstva. Jsou v ní zachovány informace o změnách klimatu, vegetace a slouží jako přírodní úschovna paleontologických a archeologických pozůstatků od prvopočátku vzniku lidstva.

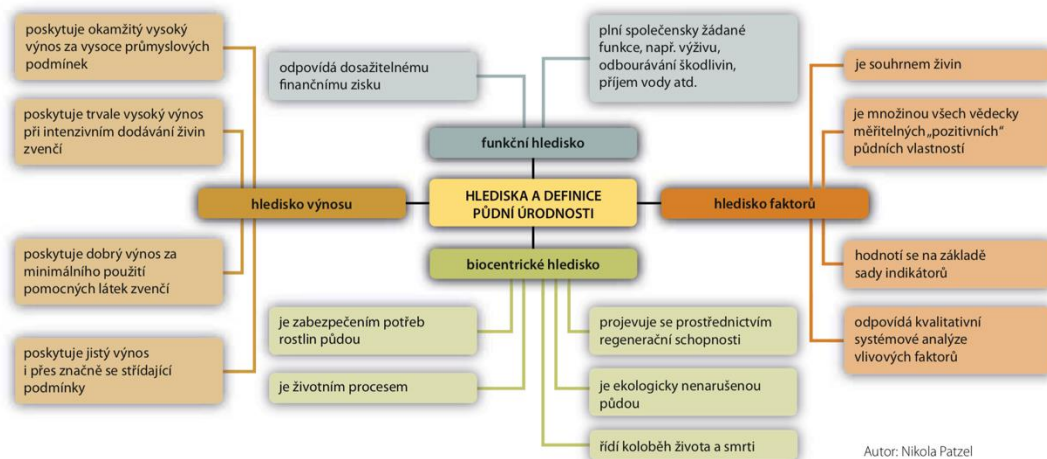
2.1.3 Úrodnost půdy

Půdní úrodnost je základní vlastností půdy. Slouží jako přirozené stanoviště rostlin, které poskytuje podmínky k jejich růstu a rozvoji. Úrodnost lze charakterizovat, jako složitý soubor specifických znaků ve vztahu k pěstovaným rostlinám a jejich výživě. Zajišťuje vhodné prostředí a dostatek živin nutných k optimálnímu růstu a vývinu rostlin. Jednotlivé specifické znaky se v rámci úrodnosti navzájem ovlivňují a mění vlivem povětrnostních podmínek (teplota, půdní kyselost, obsah půdní vody a vzduchu) a zřídka zrnitost, fyzikální vlastnosti aj. Vlastnosti půdy může ovlivnit také člověk, např. zapravením organických nebo minerálních hnojiv, zpracováním půdy apod., čímž do značné míry působí na půdní úrodnost (Vrba a Huleš, 2006).

V zemědělství existuje mnoho různých hledisek a definicí, které se vztahují k půdní úrodnosti. Obr. č. 1 znázorňuje různá hlediska. Biocentrické hledisko vychází z půdy, naopak funkční hledisko vychází z toho, co se od půdy očekává.

Dalším kritériem může být měření úrodnosti půdy se zaměřením na výnos, nebo na různé vlastnosti samotné půdy.

Obrázek č. 1: Hlediska a definice půdní úrodnosti



2.2 Pěstování trav pro energetické využití

2.2.1 Druhy energetických rostlin

Rostliny pěstované za účelem získávání energie lze rozdělit na dvě hlavní skupiny. První skupinou jsou rychle rostoucí dřeviny, které jsou zpravidla pěstované na speciálních, k tomu účelu zakládaných, plantážích. V našich podmínkách se jedná o různé křížence vrb, o topol černý a topol balzamový.

Druhou skupinu tvoří rostliny bylinného charakteru, pěstované pro získávání energie, které lze rozdělit na jednoleté, víceleté a vytrvalé. Z botanického hlediska lze tyto rostliny členit např. na energetické obiloviny, energetické trávy a velkou skupinu dvouděložných rostlin (Petříková a Weger, 2015).

Pěstování trav pro fytoenergetiku má mnoho výhod. Hlavní výhodou je, že lze vybrat trávy vytrvalé, které nevyžadují každoroční zakládání porostu a lze zvolit dobu sklizně tak, aby byla travní stébla co nejvíce suchá a nemusela se dodatečně dosušet. Pokud fytomasu nepoužíváme pro krmné účely, ale pro spalování za účelem získání energie, je vhodnější sklízet porost starší a pevnější. Mladé porosty jemných trav jsou nevhodné, protože obsahují vyšší obsah živin, především dusíku, který je nežádoucí kvůli vzniku emisí při spalování (Petříková, 2005).

2.2.2 Produkční funkce energetických trav

Trvalé energetické trávy jsou plodinami s vysokou účinností využívání zdrojů, pokud jde o světlo, vodu a živiny a jsou nenáročné na vstupy (Scordia a Cosentino, 2019).

K získávání energie je možné využít fytomasu některých druhů trav pěstovaných především v oblastech s vyšší nadmořskou výškou a na stanovištích s vysokou pravděpodobností eroze. Trávy se dělí na jednoleté a vytrvalé rostliny a řadí se do čeledi lipnicovité. V případě správného založení porostu a vhodné péči během vegetace dávají po více let stabilní výnosy. Většina trav má vysokou míru tolerance k vnějším podmínkám, a proto je lze pěstovat v různých půdně klimatických oblastech. Z agroekologického hlediska jsou mezi jednotlivými druhy trav určité rozdíly a jsou doporučovány vytrvalé druhy.

Z energetického hlediska lze travní fytomasu využívat pro přímé spalování, na kogeneraci nebo pro výrobu bioplynu (Stražil, 2008).

Pro energetické využití lze použít odpadní fytomasu z úhorů, luk a pastvin nebo z porostů cíleně pěstovaných trav, které lze pěstovat jako travní směsi, nebo monokultury. Pro tyto účely se doporučují energetické monokultury, protože výnosnost je 8x až 9x vyšší než ze spontánních úhorů (Frydrych a kol., 2001).

Dále se fytomasa používá pro výkrm polygastrů, a to buď v zeleném, nebo konzervovaném stavu. Do budoucna se také uvažuje o jejím použití v papírenském průmyslu (Kohoutek a kol., 2010).

2.2.3 Mimoprodukční funkce vytrvalých trav

Mnohočetné environmentální přínosy vytrvalých trav oproti jednoletým druhům jsou všeobecně uznávány. Jednou z nejdůležitějších charakteristik trvalých travních porostů je vysoký obsah lignocelulózy, která přispívá k přirozené odolnosti vůči škůdcům a chorobám. Tyto plodiny mají několik přirozených nepřátel a jejich regulace je doposud bez pesticidů. Trávy dobře konkurují plevelům a při opětovném růstu ve většině případů vyžadují nízký nebo žádný vstup živin, proto se ročně provádí pouze sběr biomasy. Zralé porosty zlepšují strukturu půdy, její stabilitu a zdraví. Kromě toho poskytují půdní kryt, který má přínos jak pro biologickou rozmanitost, tak pro zadržování vláhy. Půda zůstává nenarušená po dlouhou dobu (až 20 let), což umožňuje ukládání uhlíku z podzemní i nadzemní části rostliny (Scordia a Cosentino, 2019).

2.2.4 Szarvasi-1

Szarvasi-1 se řadí do čeledi lipnicovitých (*Poaceae* L.) (Murray, 2005). Původem pochází z jižní Evropy, jižního Ruska a Turecka. Je to trvalá, alternativní, energetická rostlina využitelná především pro výrobu bioplynu. Díky vysokému obsahu bílkovin a sušiny je výbornou náhradou za kukuřici (Mast a kol., 2014). Za příznivých podmínek dosahují vysokých výnosů, až 19 tun sušiny na hektar. Szarvasi-1 jako energetická rostlina má veliký potenciál pro suché a polosuché země Evropy, protože má relativně vysokou výtěžnost energie a vysoký produkční potenciál i v suchých klimatických podmínkách (Csete a kol., 2011).

Szarvasi-1 je vytrvalá tráva. Její silné kořeny pronikají do hloubky až 2,5 m. Má 180-220 cm vysoký, mohutný, lysý a řídce olistěný stonek šedozelené barvy (Csete a kol., 2011). Listy jsou tuhé, 10-30 cm dlouhé a 0,2-0,8 cm široké. Jejich povrch je drsný, přičemž vrchní část má výrazné žebrování (Schrabauer, 2010). Má dobře vyvinutá ouška a jazýček dorůstá délky až 0,7 cm. Tvoří rovná květenství, 20-30 cm dlouhý lichoklas, složený z kláskových shluků. Klásek se skládá ze 7-15 kvítků. Semena jsou 0,8-1,2 cm dlouhá, špičatá a jejich tvar připomíná kopí (Janowszky a Janowszky, 2002).

Szarvasi-1 je nenáročná na půdní podmínky, ale preferuje písčité a zásadité půdy. Jakožto trvalá travina může žít 10-15 let bez výrazné změny výnosu (Vashegyi a kol., 2011). Heinz a Roth (2013) uvádí jako nejvhodnější předplodinu obilninu, sklizenou v mléčné zralosti. Ideální doba setí se pohybuje od poloviny srpna do poloviny září. Výsevek se odvíjí od typu půdy, pro lehké písčité půdy je to 18 kg. ha⁻¹ a pro těžké, jílovité půdy, až 25 kg. ha⁻¹ (Heinz a Roth, 2013). Hloubka setí 0,5–1 cm. Hnojí se 60–80 kg N. ha⁻¹, přičemž se používá i organické hnojení. Regulace plevelů probíhá buď za použití herbicidu ve stádiu 3 listu, nebo mechanicky za pomoci lučních bran (Fisher, 2012). Sklizeň se skládá ze dvou sečí. První seč do konce června a druhá v září (Sedivec a kol., 2010). Například Völklein (2013) uvádí průměrné výnosy v oblasti Westheim (Německo) 7,4 t. ha⁻¹ sušiny z první seče provedené 19. 6. 2012. Druhá seč byla provedena 30. 10. 2012 s výnosem 3,1 t. ha⁻¹. Sklizeň na semeno se provádí na konci července až začátkem srpna (Janowszky a Janowszky, 2002).

2.2.5 Srha laločnatá

Srha laločnatá se řadí do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Patří do skupiny volně trsnatých trav. Její kořenový systém sahá do hloubky až 1 metr. Srha je velice přizpůsobivá a dominantní rostlina (Urban a Šarapatka, 2003). Řadí se mezi trávy se širokým uplatněním v nejrůznějších podmínkách. V České republice se jí daří od nižších nadmořských výšek, až po horské oblasti. Vyskytuje se po celé Evropě, v Alpách roste i v 2000 metrech nad mořem (Koloničný a Hase, 2011). Nejlépe snáší stanoviště s dostatkem vláhy, písčitohlinité až hlinité humózní půdy. Velice dobře využívá vyšší dávky dusíku a díky tomu může dosáhnout výnosu až 12 t. ha⁻¹ ze dvou sečí. Koloničný a Hase (2011) uvádějí výnosy z víceletých pokusů při hnojení 100 kg.

N. ha⁻¹ až 13 t. ha⁻¹ ze třech sečí. Plného a stabilního výnosu dosahuje srha v 2.–3. roce vegetace. Vyjma prvního roku jí nevádí sešlapávání a častější nízké sečení (Rumball a kol., 1997). Srha se vyznačuje svou raností, vysokým vzrůstem, rychlým obrůstáním a dlouhou vegetační dobou, proto se řadí mezi agresivní trávy. Při větším rozšíření srhy laločnaté v travním porostu nehrozí nebezpečí brzkého polehnutí (Regál a Krajčovič, 1963). Srha laločnatá je nepostradatelný druh pro intenzivní pícninářství a v dnešní době i pro energetické účely (Veselá, 2001).

Výška srhy laločnaté se pohybuje od 50 do 160 cm, podle odrůdy. Má mohutné a vzpřímené stéblo. Délka listů je od 10 do 80 cm (Hackney a Dear, 2007). Listové čepele jsou široké 3–8 mm. Srha má dlouhý a zoubkovaný jazýček. Ouška nejsou vyvinuta. Květenství je lata se vzpřímeným vrcholem a kolmo odstávajícími větvičkami (Straková a kol., 2007). Kvete v rozmezí od května do července (Toman, 2001). Plodem je trojhranná, žlutavá obilka s tmavou špičkou. Pluchy mají krátké, mírně zahnuté osiny. Velikost obilky se pohybuje od 4,5 do 6,5 mm. Hmotnost tisíce zrn je od 0,7–1,3 g (Straková a kol., 2007).

Nejvhodnější předplodiny pro srhu laločnatou jsou luskoobilní směsky a obilniny, následující po pícnině nebo po ozimé řepce. Termín setí se pohybuje od března do konce dubna. Hloubka setí je od 2 do 2,5 cm a šířka řádku 20–25 cm (Koloničný a Hase, 2011). Nejdůležitější živinou pro kvalitní výnos je dusík, který dokáže velmi dobře využít. Dávka dusíku by měla být minimálně 100–250 kg. Ha⁻¹. Při ročních dávkách pod 100 kg. Ha⁻¹ má srha laločnatá sníženou vitalitu a produkční schopnost (Havličková a kol., 2010). Pro získání kvalitní píce by se měla první seč provádět na počátku metání a její porosty by měly být využívány trojsečně (Veselá, 2001). Termín sklizně na semenářské účely je polovina července. Vlhkost osiva při skladování by neměla přesáhnout 12 %. Průměrný výnos se pohybuje od 250 do 300 kg. Ha⁻¹. Životaschopnost semena je 10 let za předpokladu správných skladovacích podmínek. Posklizňové zbytky by měly být z pole odstraněny, aby nedošlo ke zhoršení vitality porostu (Bush a kol., 2012).

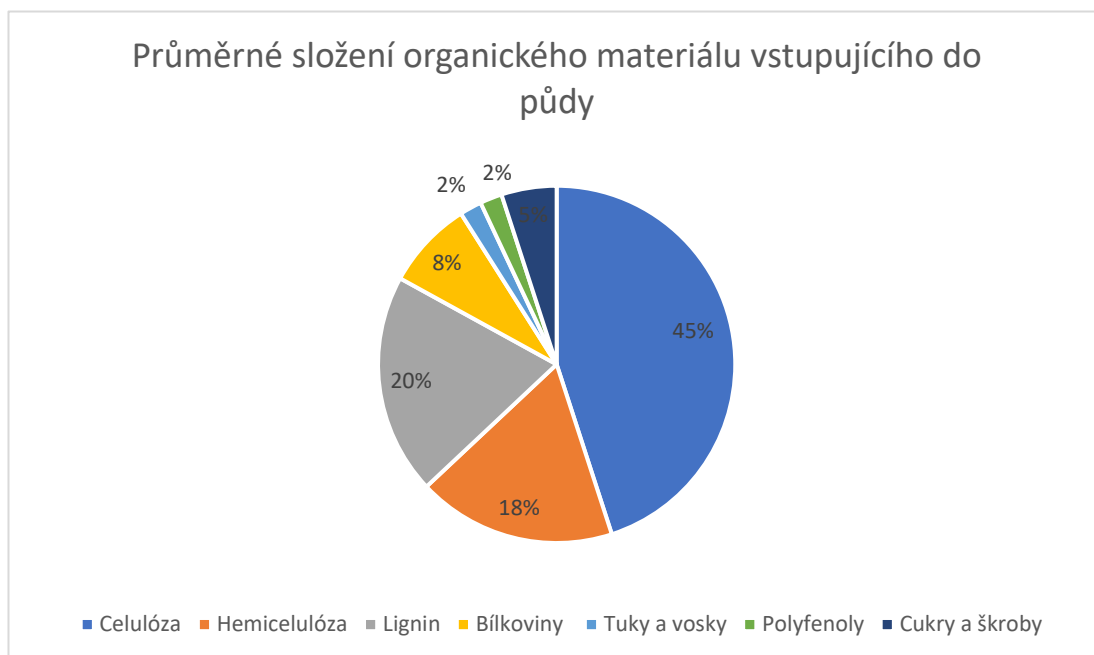
2.3 Půdní organická hmota

2.3.1 Charakteristika půdní organické hmoty

Půdní organická hmota je složitá heterogenní směs skládající se převážně z rostlinných a mikrobiálních zbytků. Obsahuje molekuly ligninu, lipidů, polysacharidů, různých proteinů a dalšího alifatického materiálu (Kögel-Knabcher, 2002). Základním komponentem půdní organické hmoty je organický a anorganický uhlík. Patří mezi největší celosvětové zásobárny uhlíku, obsahuje 3x více uhlíku, než je obsaženo v atmosféře či suchozemské vegetaci. Obsah organické hmoty v půdě je velice důležitý, protože ovlivňuje její úrodnost a funkci půdy v biosféře. Půdní organická hmota se dělí na dvě části. První část je primární půdní organická hmota (nehumifikovaná organická hmota rostlinného i živočišného původu) a druhá část humusové látky (fulvokyseliny, humínové kyseliny, humáty) (Rejšek a Vácha, 2018). Půdní humus časem podléhá ztrátám, které v praxi musíme kompenzovat dodáním organické hmoty. Ta se na povrch a do povrchových horizontů dostane ve formě lesního opadu nebo posklizňových zbytků. Ročně se tímto způsobem dostane na hektar půdy až několik tun organické hmoty. U lesních porostů je to okolo 5 t. ha⁻¹ a u zemědělských plodin zůstávají na stanovišti posklizňové zbytky v množství od 1 t. ha⁻¹ například u okopanin, až k 15 t. ha⁻¹ u trvalých travních porostů. K těmto posklizňovým zbytkům a lesnímu opadu je potřeba připočítat ještě odumřelý zoo a fytoedafon (Šarapatka, 2014).

Velice důležitou složkou půdy je půdní fauna, která se podílí na biodegradaci a humifikaci organických zbytků třemi způsoby. První způsob je rozmělnění organických zbytků, čímž se zvětší plocha pro působení mikroorganismů. Druhý způsob je produkce enzymů, které rozloží komplexní látky na jednodušší sloučeniny pro tvorbu humusu. Třetí způsob vytváří vhodné životní podmínky pro mikrobiální růst a interakce (Tian a kol., 1997). Vysoká biodiverzita a aktivita půdních mikroorganismů souvisí s kvalitou a množstvím organické hmoty. Biologická aktivita ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půd (Reicosky, 2001).

Obrázek č. 2: Průměrné složení organického materiálu vstupujícího do půdy (Šarapatka, 2014).



2.3.2 Význam půdní organické hmoty a její rozdělení

O tom, že je organická hmota v půdě nezbytná se zemědělci přesvědčili už dávno. Ale teprve v 18. století se o ni začali zajímat odborníci. Jejich zájem vzbudila především humusová teorie, kterou vytvořil A. D. Thaer (Německo). Krátce poté ji nahradila teorie minerální, kterou vytvořil přírodovědec J. Liebig (Německo). Podle této teorie mohou být živinami pro rostliny pouze částice s elektrickým nábojem. Zdrojem těchto iontů může být organická hmota až poté co projde procesem mineralizace. Tato teorie platí stále (Kolář a kol., 2014).

Půdy s větším množstvím organické hmoty jsou kypřejší, úrodnější a mají lepší retenční kapacitu. Také jsou tmavší, a proto se lépe prohřívají. Význam organické hmoty pro životní prostředí z hlediska akumulace organického uhlíku, jeho uvolňování do půdy a zachování ekologických funkcí půdy je nepostradatelný (Kolář a kol., 2014). Billett a kol., (1990) uvádí, že pokud se sníží pH ve svrchním půdním horizontu, tak se zvýší půdní organický uhlík, ale zároveň klesne podíl huminových kyselin, a tím i kationtová výměnná kapacita.

Organická hmota velice dobře působí na produktivitu půdy, potažmo na výnosy pěstovaných plodin. Míra a vliv toho působení se však liší podle pěstovaných rostlin,

půdních i klimatických podmínek, systému hnojení a zpracování půdy. Dále má významnou funkci při udržování stabilních výnosů. Půdy s vyšším obsahem organické hmoty lépe vyrovnávají výkyvy počasí či jiné biotické a abiotické vlivy (Kubát a kol., 2008). Tyto půdy mají vynikající retenční schopnost, zadrží více srážkové vody a ta je pak lépe využívána rostlinami. Je schopna zadržet takové množství vody, jako je šestnásobek vlastní hmotnosti. Proto je velice důležitá pro suché a písčité půdy. V neposlední řadě také zlepšuje strukturnost půdy a dělá jí odolnější vůči zhutnění, erozi a sesuvům. Půdní organická hmota je velice důležitá při přípravě a zpracování půdy (Emadodin a kol., 2009).

Úbytek organické hmoty vede k degradaci půdy, proto je její kvalita a množství ukazatelem zdravé, úrodné půdy. Půdní organická hmota příznivě ovlivňuje sorpční schopnost, tepelný, vodo-vzdušný, oxidačně-redukční režim půdy a fyzikálně-chemické vlastnosti celkově. Nejcennější frakce půdy jsou ty, které jsou nejméně stabilní a lze je snadno rozložit. Tyto frakce jsou významným ukazatelem udržitelnosti půdy. Neméně důležitá je výměna iontů. Iontová výměnná kapacita půdy se vlivem organické hmoty může zvýšit z 20 % až na více než 70 % kapacity přítomných jílových minerálů a oxidů kovu. Díky své schopnosti adsorbovat rozpustné chemikálie může organická hmota snižovat toxicitu některých prvků (Haynes, 2005; Ghani a kol. 2003).

Magdoff a Van Ess (2000) dělí půdní organickou hmotu do tří částí. První je živá část, do které spadají půdní mikro a makroorganismy. Druhá je labilní část, tam řadíme odumřelé organismy a rozkládající se rostlinné zbytky. Třetí je inertní část, která zahrnuje stabilizovanou půdní organickou hmotu nebo humus.

2.3.3 Současná praxe hodnocení organické hmoty

Podle Šarapatky (2014) lze organickou hmotu v půdě hodnotit jak z hlediska kvantitativního, tak z hlediska kvalitativního. Kvantitativní stanovení obsahu organických látek se provádí metodami oxidací za sucha, oxidací za mokra anebo jako ztrátu žiháním.

2.3.3.1 Kvantitativní stanovení organických látek

Jednou z metod stanovení obsahu organických látek je oxidace za sucha, která zahrnuje elementární analýzy. Množství uhlíku se zjišťuje spálením vzorku v proudu

helium s přidáním čistého kyslíku při 1030 °C. Spálené produkty se analyzují na GC koloně s detekcí. Tato metoda stanovuje množství uhlíku, ale i jiných prvků. Obsah jednotlivých prvků se vypočítá pomocí kalibračního faktoru, který se stanoví při analýze standardu.

Další metodou stanovení oxidace organických látek je oxidace za mokra, kdy obsažený organický uhlík se oxiduje kyslíkem uvolňovaným z dvojchromanu draselného v nadbytku kyseliny sírové. Chromsírová kyselina se používá v přebytku a nezreagovaný zbytek se stanoví titrací Mohrovou solí. Výpočtem se potom zjistí obsah uhlíku, který dále můžeme přepočítat na obsah humusu vynásobením koeficientem 1,724. Ten vyjadřuje průměrný obsah C v humusu. Vedle celkového obsahu organického uhlíku, je možné studovat i organický uhlík ve vodním výluhu půdního vzorku.

Třetí metodu, kterou lze použít, je ztráta žíháním. V muflové peci se při 550° vyžihá vzorek. Z úbytku hmotnosti se pak vypočítá procento ztráty. Tato metoda se využívá především u vzorků s vyšším obsahem organických látek. Kvalitativní hledisko slouží k posouzení kvality humusu v půdě.

2.3.3.2 Kvalitativní stanovení organických látek

Podle Pospíšilové (2011) je možno ke kvalitativnímu stanovení organických látek použít tyto tři metody: elementární analýza, stanovení frakcí humusových látek a nedegradační techniky.

Při elementární analýze je jedná o chemickou charakteristiku huminových kyselin, která kvantitativně stanoví obsah C, H, N, O a S v jejich molekule. Jednou z metod je spalování vzorku huminových kyselin v proudu helia s přidáním čistého kyslíku. Podle atomových poměrů v molekule huminové kyseliny posuzujeme její strukturu a další vlastnosti.

Při použití analýz stanovení frakcí humusových látek se rozdělí humusové látky do několika skupin na základě různé rozpustnosti jednotlivých frakcí v chemických činidlech. Touto metodou je možné stanovit celkové množství huminových látek volných a vázaných ve formě humátů. Huminové látky se dále dělí

na huminové kyseliny a fulvokyseliny. Po extrakci huminových kyselin pak můžeme stanovit množství fulvokyselin.

Analýzy využívající nedegradační techniky zahrnují především spektrofotometrické stanovení v ultrafialové, viditelné a infračervené oblasti spektra. K nejmodernějším metodám patří rentgenově-disperzní spektra a ^{13}C NMR spektroskopie. K nejčastěji používaným metodám pro stanovení kvality organické hmoty patří UV-VIS spektra. Využívá se toho, že huminové kyseliny mají vysokou intenzitu světelné absorpce v této oblasti spektra. Praktické provedení může spočívat v extrakci půdního vzorku alkalickým roztokem pyrofosforečnanu sodného a čirý výluh se poté měří spektrofotometricky při vlnových délkách 465 a 665 nm. Absorbance dále slouží pro výpočet barevného kvocientu $Q_{4/6}$. Z grafu je následně možno odečíst poměr huminových kyselin a fulvokyselin.

Nukleární magnetická rezonance se pro studium humusových látek začala používat v posledních letech a slouží ke stanovení strukturně-typového složení huminových kyselin a k objasnění jejich původu a chemických vlastností. Princip měření NMR spočívá v tom, že jádra některých atomů mohou absorbovat energii, která odpovídá metrovým radiovým vlnám. Aby jádro v silném magnetickém poli absorbovalo tuto energii, musí mít nenulový vnitřní moment hybnosti. Tuto podmínku splňují jádra asi poloviny známých nuklidů včetně uhlíku. Příjem energie se projeví signálem ve formě píku ve spektru.

2.3.4 Primární půdní organická hmota a humus

V dnešní době se půdní organická hmota zcela jasně skládá ze dvou složek. První složka je primární půdní organická hmota, ta může být buď původní, nebo zcela rozložená. Podstatné je, zdali se již rozpadla a začala mineralizovat, ale zatím z jejích fragmentů nebyli působením enzymů syntetizovány vysokomolekulární polymery a polykondenzáty, tudíž ještě nedošlo k humifikaci. Druhou složkou jsou právě syntetizované vysokomolekulární sloučeniny, které tvoří humus (Kolář a kol., 2014)

2.3.4.1 Primární půdní organická hmota

Primární organická hmota se v půdě vyskytuje v různých stupních rozkladu. Rychlost rozkladu dodané organické hmoty a produktů její látkové přeměny se liší

v závislosti na látkovém složení a půdních podmínkách. Primární půdní organická hmota podléhá více či méně mineralizaci, a tím ovlivňuje důležité pochody v půdě. Produkci CO_2 a minerálních látek se stává zdrojem živin a energie, která je nezbytná pro vývoj mikroorganismů a makroedafonu. Primární půdní organická hmota podmiňuje vznik látek humusových a příznivě tak působí na fyzikální vlastnosti půd (Vaněk a kol., 2014).

Kvalita odlišných typů organických hmot je různá, avšak kvalita organického materiálu je velice důležitá. Nejvyšší materiál při transformacích organických látek jsou kořenové exsudáty. Podle stupně lability pak následují ostatní zdroje organické hmoty. Labilitu organické hmoty ovlivňuje jak její chemické složení, (například nižší obsah ligninu vede k nižší stabilitě), tak snadnost její přeměny za účasti vlastního dusíku. Tudíž optimální poměr C:N je 20:1. Pokud by byl tento poměr C:N překročen, organická hmota by si při své transformaci vzala dusík z půdy. Tato zásoba dusíku, která již v půdě je, vznikla mineralizací jiné organické hmoty v půdě, anebo pochází z dusíkatých hnojiv. V každém případě při překročení tohoto poměru jsou o dusík ochuzovány především rostliny (Kolář a kol., 2014).

Primární organická hmota a humusové látky také působí na organické polutanty, které se dostávají do půdy. Ačkoliv primární organická hmota jako taková nemůže polutanty odstranit, tak produkcí energetického a živného materiálu zvyšuje mikrobiální aktivitu. Mikrobiální aktivita se následně podílí na detoxikaci těchto polutantů. Je tedy zřejmé, že dostatečným přísunem primární organické hmoty, současně s obsahem kvalitních humusových látek, je vysoká biologická činnost v půdě zásadní pro rychlé odbourávání organických polutantů.

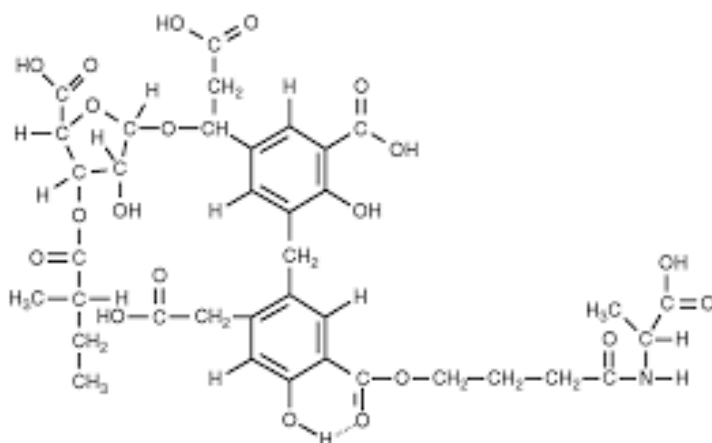
Primární organická hmota podléhá mineralizaci, při které se uvolňují živiny. Tyto živiny jsou výživou pro půdní edafon a následně i pro samotné rostliny. Zároveň se uvolňuje značné množství CO_2 , který ovlivňuje mobilitu kationtů, hlavně Ca, což způsobuje větší vyluhování vápníku z půdy. Humusové látky kvůli své stálosti nemohou být zdrojem živin. Dobře však zachycují kationt, nebo s kationty vytvářejí málo rozpustné sloučeniny, díky čemuž mobilitu živin snižují (Vaněk a kol., 2014).

2.3.4.2 Humus

Význam humusových látek spočívá hlavně v kladném působení na půdní úrodnost (Kolář a kol., 2014). Na rozdíl od primární půdní organické hmoty se od humusu očekává, že v půdě povede k vysokým hodnotám iontovýměnné kapacity, která dopomůže k vytvoření pružného živného režimu pro rostliny. Tento živný režim je velice důležitý, protože rentabilita rostlinné výroby vyžaduje co možná nejvyšší výnosy. Ceny moderních hnojiv ale stoupají, tudíž musí humus omezit ztráty živin vyplavením. Humus je oproti primární půdní organické hmotě velice stabilní (Váchalová a kol., 2016). Dále má také schopnost poutat v půdě živiny až 7x větší než jílové minerály a jeho vyšší obsah v půdě pozitivně působí na drobtovitost půdy, její vodní, tepelný a vzdušný režim. Humusové látky se dělí na základě rozkladu a rozpustnosti v kyselinách a zásadách na fulvokyseliny, huminové kyseliny a huminy (Šarapatka, 2014)

Fulvokyseliny se skládají se z prvků C, H, O, N, přičemž obsah jednotlivých prvků je následující: C až 49 %, H až 6 %, O až 49 %, N až 5 % (liší se podle autorů). Díky jejich nižší molekulové hmotnosti se mohou snadněji pohybovat v půdním profilu (Kolář a kol., 2014). Fulvokyseliny jsou málo odolné mikrobiálnímu rozkladu. Rozpouštějí se v hydrolytických roztocích zásaditých solí, ve vodě, v minerálních kyselinách a loužích. Tvoří se především v půdách s nižší mikrobiologickou aktivitou a kyselějším pH, anebo štěpením humusových látek s vyšší molekulovou hmotností. Fulvokyseliny se rozkládají, ale také obnovují mineralizací a humifikací. Předpokládá se, že se z nich později stávají huminové kyseliny (Šarapatka, 2014).

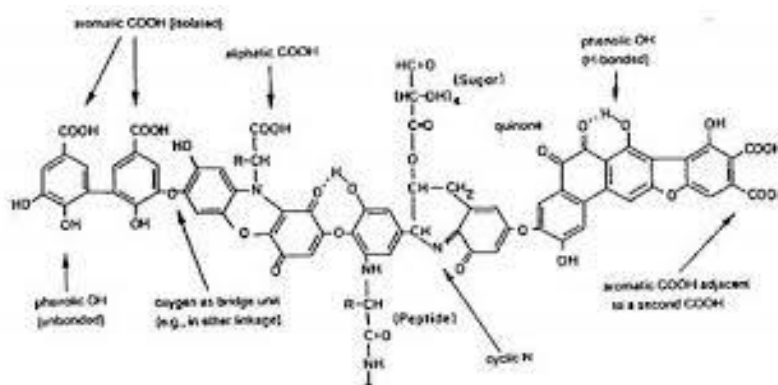
Obrázek č. 3: Struktura molekuly fulvokyselin



Huminové kyseliny obsahují až 65 % C, 6 % H, 39 % O, 5 % N (liší se podle autorů). Mají tmavší barvu než fulvokyseliny. Řadí se mezi vysoce molekulární dusíkaté sloučeniny s cyklickou vazbou. Nejsou rozpustné ve vodě ani v kyselinách (vysráží se). Lze je rozpustit jen v hydrolytických roztocích solí a v loužích (Šarapatka, 2014; Pospíšilová a Tesařová, 2009). Jejich koloidní soustava má vysokou sorpční schopnost a kationtovou výměnou kapacitu až 5000 mmol/kg. Váchalová a kol. (2016) uvádí, že huminové kyseliny jsou velmi účinné při iontové výměně a mohou fungovat úplně samostatně, nebo ve vazbě na minerální koloidní částice.

Vyskytují se také ve formě solí, které se označují jako humáty. Jsou středně odolné proti rozkladu. Huminové kyseliny zahrnují i hymatomelanové kyseliny. Mají žlutohnědou barvu a oproti huminovým kyselinám mají nižší molekulovou hmotnost. Přesná struktura huminových kyselin není dodnes známa (Šarapatka, 2014).

Obrázek č. 4: Hypotetický strukturální vzorec huminové kyseliny.



Huminy mají hnědočernou barvu a nejvyšší molekulovou hmotnost. Jsou to frakce humusu rozpustné pouze v alkalickém roztoku. Nelze je rozpustit v kyselinách ani v zásadách. Jsou nejodolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu. Huminy jsou stabilizovány minerální složkou. Do kategorie huminů lze zařadit také humusové uhlí. Je to nejstarší zuhelnatělá složka půdní organické hmoty, bohatá na C a N. Ztrácí funkci pravého humusu, protože se už neúčastní půdotvorného procesu (Šarapatka, 2014).

2.3.4.3 Obsah humusu v půdách

Půdy lze rozdělit podle obsahu humusu na humózní, zde je obsah organických látek do 20 % a na humusové s obsahem organických látek nad 20 %. Humózní půdy je možné dále rozdělit na slabě humózní, obsahují méně než 1 %, mírně humózní,

obsah humusu 1-2 %, středně humózní, obsah humusu 2-3 %, silně humózní, obsah humusu 3-5 % a velmi silně humózní, kde tyto půdy obsahují i více než 5 % humusu.

Obsah humusu lze odhadnout i podle barvy půdy. Světle hnědá barva naznačuje, že obsah humusu bude spíše velmi nízký. Naopak půdy s černou barvou mají obsah humusu velmi vysoký. Tyto odhady jsou však spíše orientační. Lesní půdy mohou mít obsah organických látek v hrabance až 100 %, ve svrchních horizontech pak obsah klesá pod 20 % a ve střední části je obsah organických látek cca 1 %. U zemědělsky obdělávaných půd je organický podíl promíchán s podílem minerálním. Zde se obsah humusu pohybuje od 1-5 %. v České republice je obsah humusu v půdě průměrně 2,5 % (Šarapatka, 2014).

3. Cíle práce a hypotézy

Cílem práce je posouzení kvality půdní organické hmoty a stanovení jejího obsahu v odebraných vzorcích půd z porostů *Dactylis glomerata* a Szarvasi-I.

Dílčí cíle

- 1) Pravidelný odběr půdních vzorků na experimentálních parcelkách
- 2) sledovaných porostů.
- 3) Úprava a analýza odebraných vzorků dle metodiky Kopecký a kol. (2016).
- 4) Vyhodnocení a porovnání výsledků s dostupnými literárními zdroji.

Hypotézy

- 1) Lepší živinný stav porostů povede k vyšší tvorbě primární půdní organické hmoty. Očekává se tedy nalezení vyššího obsahu C_{PPOH} v hnojených variantách.
- 2) Pod porosty Szarvasi-I. bude kvalita půdní organické hmoty lepší než pod porosty *Dactylis glomerata*. Očekává se tedy vyšší obsah labilních frakcí půdní organické hmoty tudíž i vyšší hodnota konstanty k .

4. Materiál a metodika

4.1 Popis lokality a časový průběh operací na pozemku

Lokalita, na které byly experimentální parcelky založeny, se nachází v jižních Čechách na školním pozemku Jihočeské univerzity Českých Budějovicích (Obr. č. 5.) Klimatické podmínky této oblasti jsou mírně teplé a vlhké. Experimentální poličko se nachází ve výšce 381 m nad mořem. Průměrný roční úhrn srážek je přibližně 629 mm a teplotní průměr se pohybuje okolo 8,2 °C. V této lokalitě jsou půdním typem pseudogleje, které jsou slabě skeletovité s celkovým obsahem skeletu 10–25 %.

Obrázek č. 5: Poloha experimentálního pole na pokusném pozemku JČU



Stručný přehled prací na pozemku:

- 16. 4. 2019 Založení experimentálních parcelek a 1. odběr půdních vzorků.
Zasetí sledovaných energetických trav.
- 17. 6. 2019 Odplevelovací seč na experimentálních parcelkách.
- 28. 6. 2019 2. odběr půdních vzorků.
- 02. 7. 2019 Aplikace herbicidu proti dvouděložným plevelům.
Hnojení variant M.
- 26. 8. 2019 3. odběr půdních vzorků.
- 26. 10. 2019 4. odběr půdních vzorků.
- 3. 3. 2020 5. odběr půdních vzorků.
- 17. 3. 2020 Hnojení variant M.

4.2 Založení a údržba experimentálních porostů

V dubnu 2019 bylo založeno 32 experimentálních parcel (Obr. 5) o rozměrech $3,33 \times 1,5 \doteq 5 \text{ m}^2$. Jednotlivé parcelky jsou od sebe odděleny pruhem bez vegetace širokým 10 cm. Na každé parcelce byla půda před zasetím prokypřena, urovnána a odkameněna.

Do takto připravené zeminy byly zasety tyto druhy energetických trav: Szarvasi-1, srha laločnatá, bojínek luční a kostřava rákosovitá. Pro cíle této bakalářské práce byly vybrány pouze první dvě, Szarvasi-1 a srha laločnatá (dále *Dactylis glomerata*), které jsou popsány v literární rešerši, viz výše.

V červnu 2019 byla provedena odplevelovací seč, která nebyla dostatečně účinná, proto byl v červenci 2019 aplikován přípravek Starane 250 EC v dávce 60 ml/10 l vody. Starane 250 EC je postřikový herbicid ve formě emulgovatelného koncentrátu k postemergentnímu hubení odolných dvouděložných plevelů. Účinná látka tohoto přípravku je Fluroxypyr.

Během sledovaného období bylo 2x provedeno hnojení, a to pouze na 1/2 zasetých parcel (Obr. 6, varianta M). Druhá polovina parcel byla ponechána nehnojená. První aplikace minerálního hnojiva LAV 27 v dávce 0,1 kg/ 5 m² bylo provedeno v červenci 2019 současně s aplikací výše zmiňovaného herbicidu Starane 250 EC. Při druhé aplikaci v březnu 2020 byla použita minerální hnojiva LAV 27 v dávce 0,2 kg/5 m², 3SF v dávce 0,075 kg/5 m², DS v dávce 0, 2 kg/5 m².

LAV 27 (ledek amonný, vápenec) je směs dusičnanu amonného s jemně mletým vápencem ve formě bělavých až světlehnědých granulí o velikosti 2–5 mm. Tato směs obsahuje 27 % dusíku.

3SF (superfosfát trojitý) je rychle působící univerzální hnojivo fosforečného charakteru. Obsahuje 20–21 % fosforu.

DS (draselná sůl) je univerzální hnojivo draselného charakteru používané k hnojení na většině půd. Obsahuje 50 % draslíku.

Obrázek č. 6: Plán experimentálních parcel se zasetými energetickými travami.

1	2	3	4	5	6	7	8
Boj C	Kost C	Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M
Kost C	Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C
Srha C	Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C	Kost C
Sz-1 C	Boj M	Kost M	Srha M	Sz-1 M	Boj C	Kost C	Srha C

4.3 Odběr, úprava a analýza půdních vzorků

Vzorky byly odebírány z každé parcelky pedologickou sondážní tyčí z hloubky 0-10 cm. Vzorky byly následně ukládány do předem připravených, popsaných sáčků. Na sáčcích bylo uvedeno datum odběru, druh energetické trávy a varianta.

V laboratoři byly vzorky homogenizovány a usušeny v peci při 105 °C po dobu 24 hodin. Poté byly deglomerizovány a zároveň byly odděleny drobné kameny od usušené zeminy. Tím vznikly částice menší než 2 mm - jemnozem I. řádu. Takto nahrubo připravené vzorky se dále drtily v hmoždíři. Poslední fází při přípravě vzorků bylo prosévání, při kterém došlo k oddělení částic menších než 0,25 mm. Tyto částice byly používány v následných analýzách.

Kvalita půdní organické hmoty byla hodnocena dle metodiky Kopecký a kol. (2016). Tato metoda popisuje separátní hodnocení humusových látek a primární půdní organické hmoty (PPOH). Kvalitu PPOH hodnotíme dle rychlostní konstanty, která je vypočtena na základě pozorování reakční kinetiky oxidace PPOH v půdních vzorcích.

Analýza byla prováděna následovně: Do pěti skleněných baněk, označených čísly 1–5, bylo naváženo 0,15 g připraveného půdního vzorku. Do každé baňky bylo přidáno 5 ml chromsírové spalovací směsi ($0,4 \text{ mol/l}^{-1} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ v 12 M H_2SO_4) a krouživými pohyby baňkou byla zemina s touto směsí promíchána. Baňky 1–4 byly vloženy do vodní lázně ohřáté na 60 °C, čímž byla spuštěna oxidace organické hmoty. Pátá baňka byla umístěna do termostatu vyhřátého na 100 °C na dobu 30 min. Za těchto podmínek byla zoxidována veškerá primární půdní organická hmota. Aby došlo k ukončení oxidačních reakcí, byly baňky postupně vyjímány v přesně stanovených intervalech a ihned ochlazeny ve vodní lázni.

Zchlazené vzorky byly titrovány roztokem Mohrovi soli (0,1 mol/l) za pomoci automatického titrátoru. Zjištěné hodnoty byly zapsány do excelové tabulky, kde byla vypočtena rychlostní konstanta k oxidace primární půdní organické hmoty.

4.4 Statistické vyhodnocení

Pro statistické vyhodnocení výsledků byla použita analýza rozptylu ANOVA. Pro statistické vyhodnocení byl použit software Statistica 12.

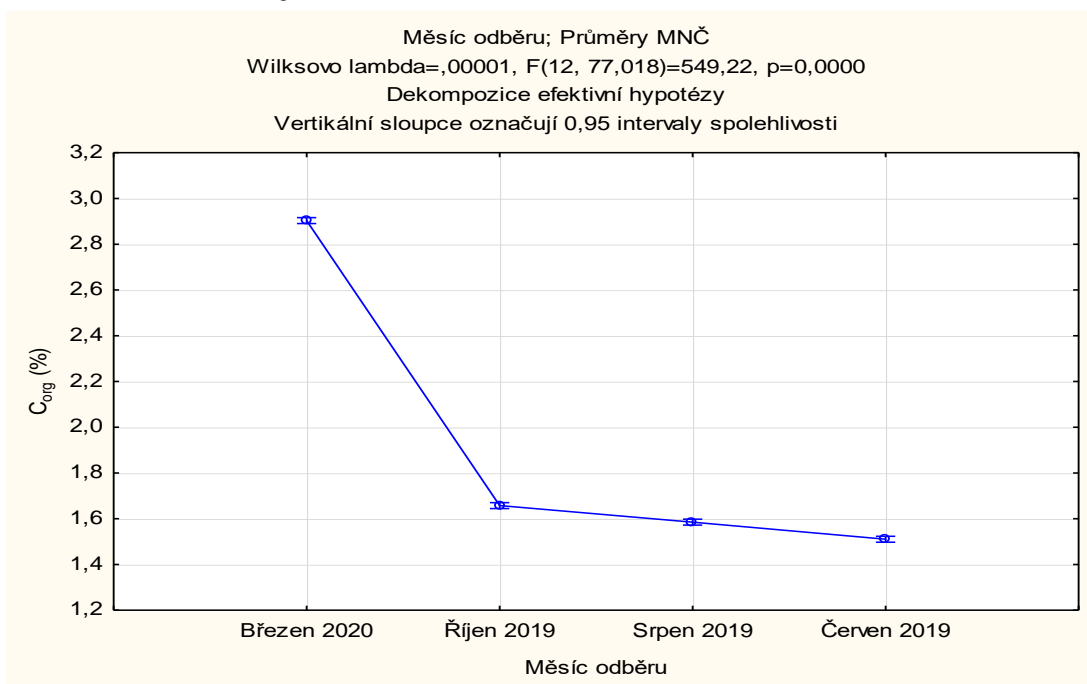
5. Výsledky a diskuze

Posouzení množství a kvality půdní organické hmoty ve vzorcích půd z porostů vybraných rostlin bylo provedeno na základě vyhodnocení tří faktorů metodou ANOVA. Prvním sledovaným faktorem je měsíc odběru, druhým sledovaným faktorem je druh energetických rostlin a třetím sledovaným faktorem je management hnojení (hnojeno/nehnojeno). Anderson-Teixeira a kol. (2009) uvádí, že jedním z potenciálně významných dopadů pěstování energetických plodin je i uvolňování uhlíku (C) v půdě. Bylo sledováno celkové množství organického uhlíku (C_{org}), množství uhlíku stabilních organických frakcí (C_{SOF}), množství uhlíku primární půdní organické hmoty (C_{PPOH}) a kvalita primární půdní organické hmoty, která je vyjádřena hodnotou konstanty k . V této kapitole je hodnocen vliv jednotlivých faktorů na sledované parametry. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v Přílohách.

5.1 Kvalita a množství organické hmoty podle měsíce odběru

Jako první byl hodnocen obsah C_{org} v závislosti na měsíci odběru půdních vzorků. Hodnota C_{org} udává celkový organický uhlík stanovený suchou cestou, někdy je označován jako TOC (total organic carbon). Z Grafu č. 1 je patrné, že během sledovaného období se obsah C_{org} téměř zdvojnásobil. Při prvním odběru v měsíci červnu 2019 byla hodnota C_{org} zhruba 1,5 %. Lze sledovat mírný nárůst této hodnoty v dalších dvou odběrech. Při posledním odběru v měsíci březnu 2020 došlo k výraznému navýšení na 2,9 %.

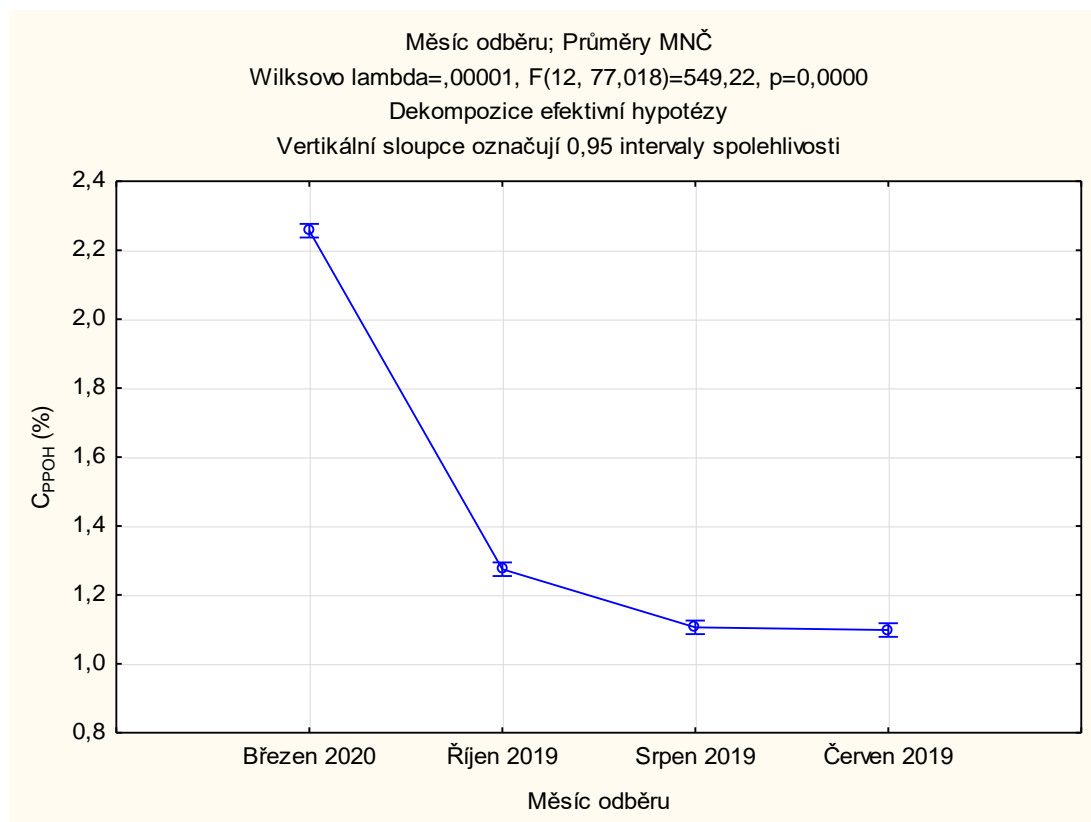
Graf č. 1: Obsah C_{org} podle měsíce odběru



Navýšení obsahu C_{org} mohlo být způsobeno rozšířením kořenového systému, tudíž i zvýšenou produkcí kořenových exsudátů a celkovým navýšením obsahu organické hmoty v půdě. Činnost půdního edafonu byla pravděpodobně v chladných zimních měsících nízká, a proto nedošlo k rozkladu vzniklé organické hmoty.

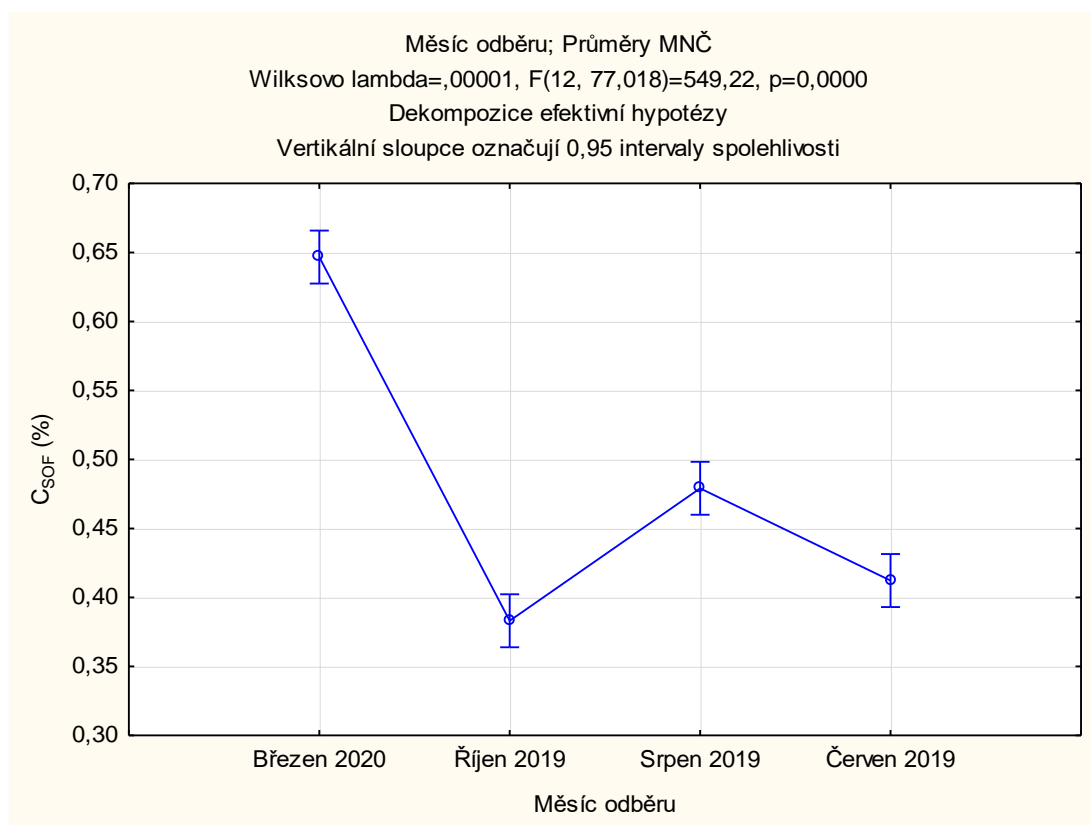
Jako druhý byl hodnocen obsah C_{PPOH} v závislosti na měsíci odběru půdních vzorků. Hodnota C_{PPOH} udává uhlík, který náleží primární půdní organické hmotě. Z Grafu č. 2 lze sledovat, že se obsah C_{PPOH} první tři sledované odběry zvýšil jen minimálně a prudké navýšení bylo zjištěno až při posledním odběru v měsíci březnu 2020. Je zřejmé, že tento graf má velmi podobný trend v nárůstu uhlíku jako Graf č. 1. Z toho je patrné, že navýšení celkového organického uhlíku v půdě bylo způsobeno především změnami v obsahu primární půdní organické hmoty.

Graf č. 2: Obsah C_{PPOH} podle měsíce odběru



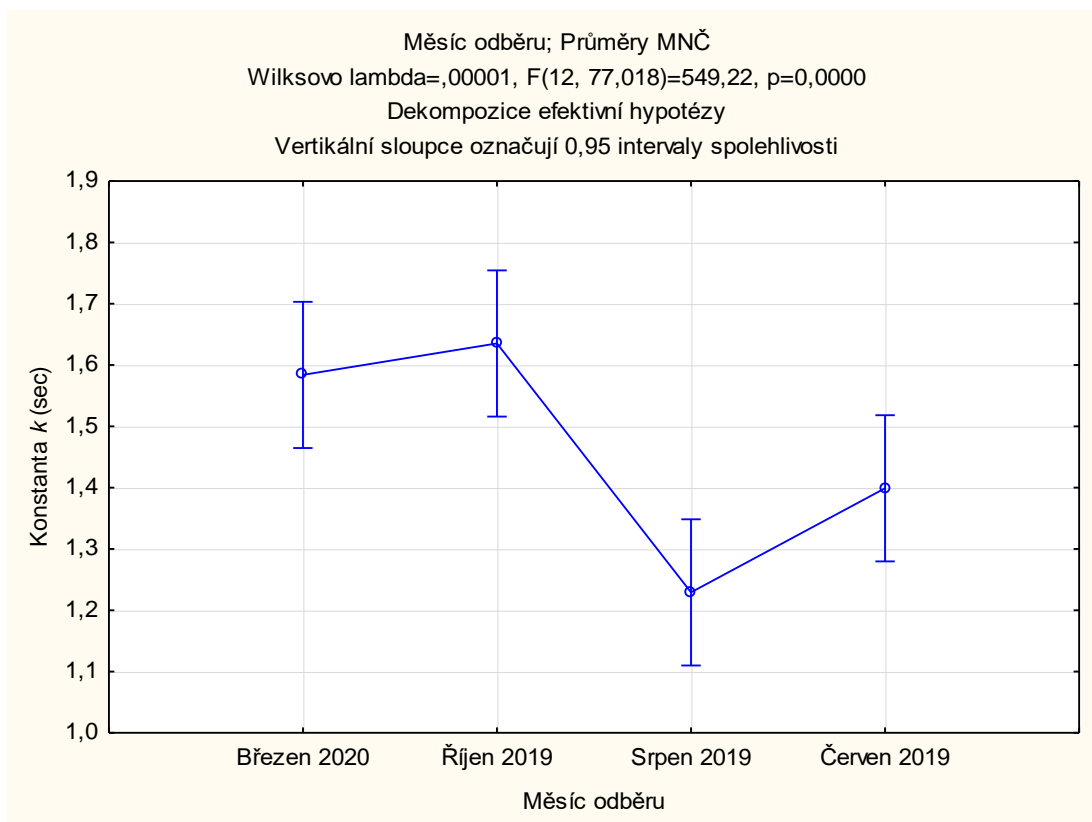
Dále byl hodnocen obsah C_{SOF} v závislosti na měsíci odběru půdních vzorků. Hodnota C_{SOF} udává uhlík, který náleží stabilním organickým frakcím. Do této frakce patří zejména uhlík humusových látek (huminových kyselin, vysokomolekulárních fulvokyselin a huminů). Výsledky jsou ale ovlivněny i dalšími stabilními organickými látkami, které mají podobnou stabilitu při oxidaci jako humusové látky (Kolář a kol., 2017). Z Grafu č. 3 můžeme vidět kolísání hodnot C_{SOF} , kdy v červnu 2019 byla hodnota C_{SOF} 0,42 %, v měsíci srpnu 2019 došlo ke zvýšení na 0,48 % a v měsíci říjnu došlo k poklesu na 0,38 %, což je nejnižší hodnota C_{SOF} za sledované období. Naopak v měsíci březnu 2020 došlo ke strmému nárůstu na 0,65 %. Vzhledem k tomu, že humusové látky se v půdě tvoří a rozkládají velmi pomalu (až tisíce let), jak uvádí Kolář a kol. (2014), jsou změny v obsahu C_{SOF} způsobeny spíše kolísáním obsahu ligninů v půdě (Kopecký, 2018).

Graf č. 3: Obsah C_{SOF} (%) podle měsíce odběru



Poslední byla hodnocena konstanta k v závislosti na měsíci odběru půdních vzorků. Konstanta k (sec) udává kvalitu primární půdní organické hmoty. Příklad grafu, který slouží pro výpočet hodnoty konstanty k , je vložen do Příloh. Z hlediska potenciální půdní úrodnosti jsou ceněny především labilní frakce půdní organické hmoty (Haynes, 2005). Vyšší labilita PPOH je vyjádřena vyšší hodnotou konstanty k . Na základě Grafu č. 4 je možné zhodnotit, že nejlabilnější PPOH byla v půdním vzorku v měsíci říjnu, nejméně labilní v srpnu. Tento fakt může souviset s biologickým oživením půdy. Je pravděpodobné, že v srpnu bylo díky vyšší průměrné teplotě vzduchu (a tím i půdy) oživení půdy vyšší. Proto i proces mineralizace organické hmoty probíhal rychleji (Kolář a kol., 2014). Nově vzniklá nejlabilnější organická hmota (např. kořenové exsudáty) byla tedy nejspíše rychle mineralizována činností půdního edafonu, a proto je PPOH v srpnovém odběru nejméně labilní.

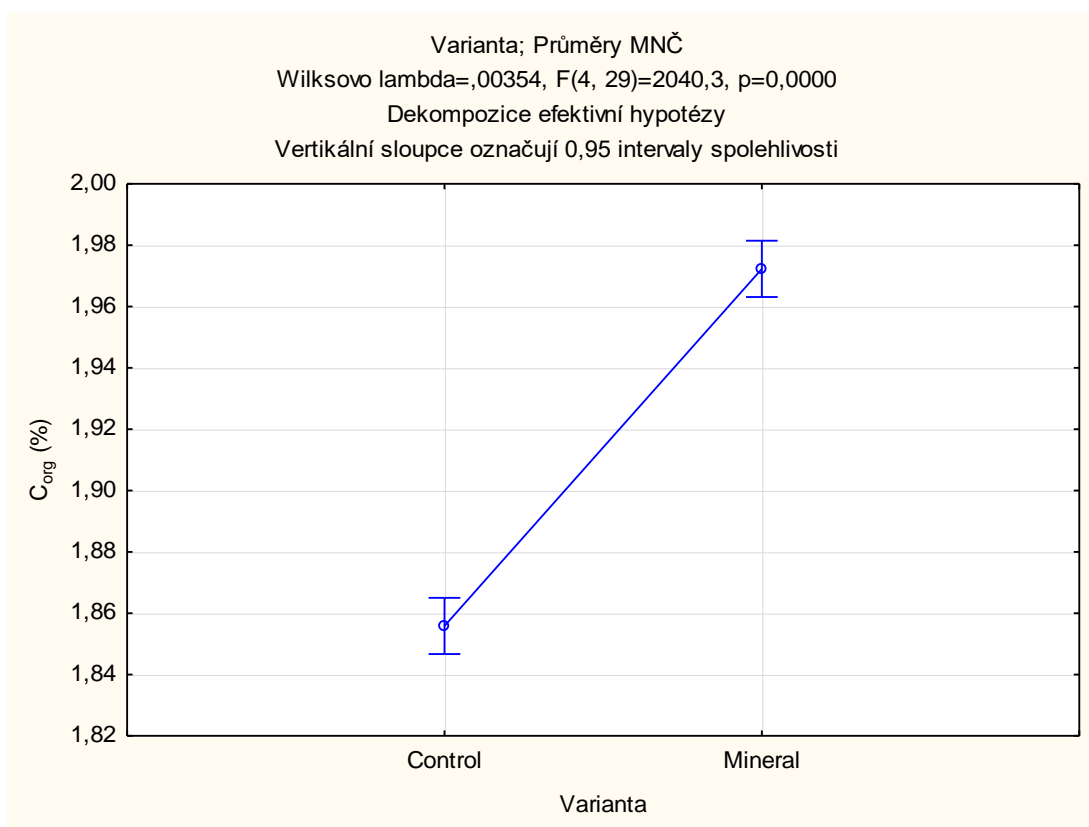
Graf č. 4: Konstanta k (sec) podle měsíce odběru



5.2 Kvalita a množství organické hmoty podle managementu hnojení

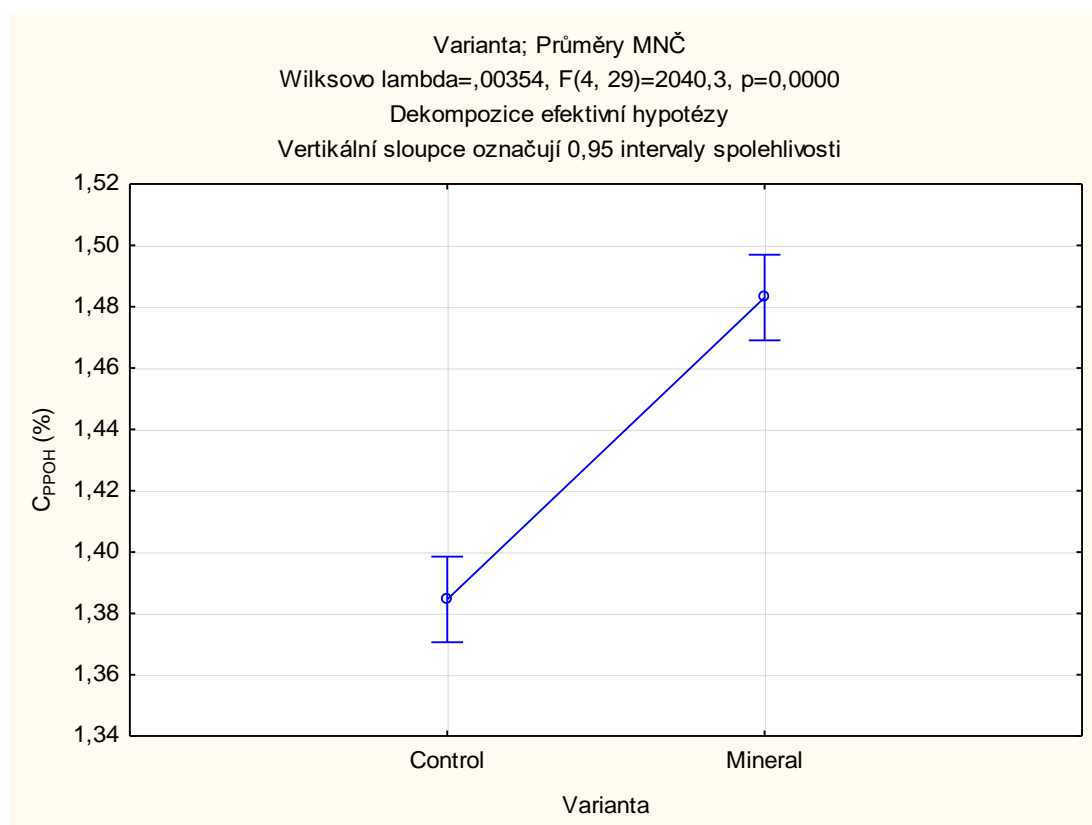
Jako první byl hodnocen vliv managementu hnojení na obsah C_{org} , viz Graf č. 5. Byly sledovány dvě varianty. První byla varianta „Control“, to znamená, že zde nebyla aplikována žádná minerální hnojiva. Ve variantě „Mineral“ byly porosty přihnojovány minerálními hnojivy. Je zřejmé, že na obsah C_{org} mělo přihnojování minerálními hnojivy výrazný vliv. Rozdílné zjištění uvádějí Wu a kol., (2004), kteří navýšení C_{org} zaznamenali až při kombinaci organických a minerálních hnojiv. Matula (2007) uvádí, že k udržení, popř. ke zvýšení obsahu C_{org} v půdě bychom potřebovali zapravovat do půdy organická hnojiva, nejlépe s poměrem C:N vyšším, než 20 : 1, neboť velká část uhlíku je využívána půdními mikroorganismy jako zdroj energie.

Graf č. 5: Obsah C_{org} podle managementu hnojení



Jako druhý byl hodnocen obsah C_{PPOH} v závislosti na managementu hnojení. Z Grafu č. 6 je patrné, že došlo k navýšení obsahu C_{PPOH} u varianty „Mineral“. Zřejmě se tak stalo, jelikož se přihnojením zlepšil živinný stav porostů a rozšířil se kořenový systém i nadzemní fytomasa. I když navýšení C_{PPOH} nebylo nikterak výrazné, potvrdila se hypotéza, že vyšší obsah C_{PPOH} bude u varianty „Mineral“. Pro významnější navýšení C_{PPOH} je potřeba dodávat do půdy také organická hnojiva s častější aplikací a v nižších dávkách (Kolář a kol., 2014).

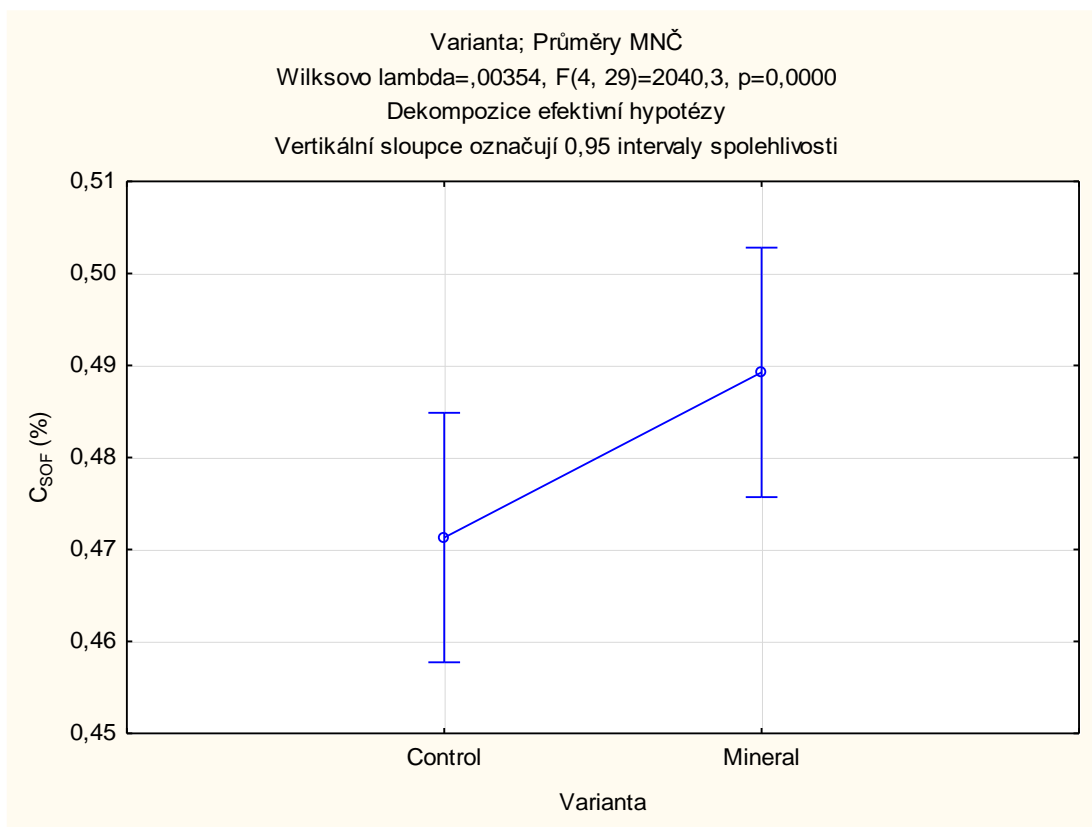
Graf č. 6: Obsah C_{PPOH} podle managementu hnojení



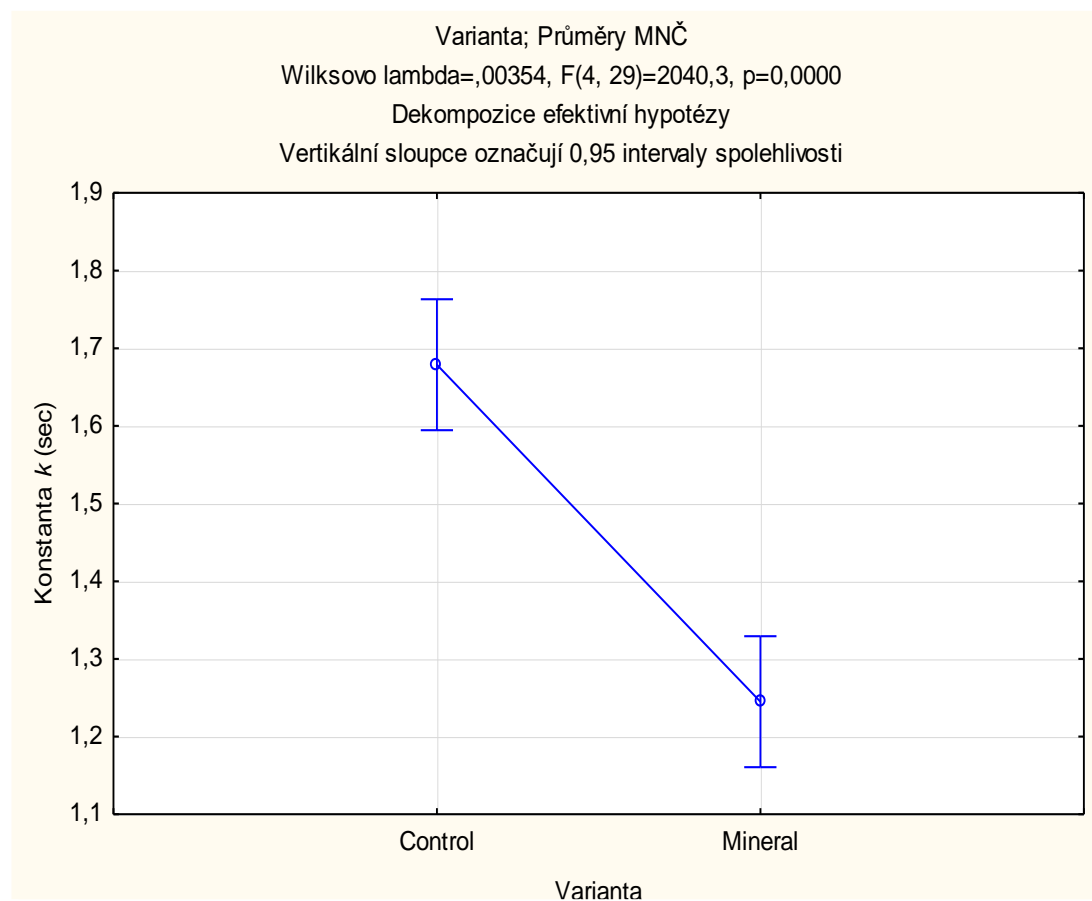
Dále byl hodnocen obsah C_{SOF} podle managementu hnojení. V Grafu č. 7 můžeme vidět zcela zanedbatelný nárůst C_{SOF} . Vysoký obsah C_{SOF} , především humusu, má pozitivní vliv na tvorbu půdní struktury. Na rozdíl od primární půdní organické hmoty má také schopnost kationtové výměnné kapacity (Kopecký a kol., 2016).

Poslední byla hodnocena konstanta k . Vyšší hodnota konstanty k vyjadřuje vyšší labilitu PPOH. Z Grafu č. 8 je patrné, že vyšší labilita PPOH byla zjištěna u varianty „Control“, a to poměrně výrazně. Toto zjištění je poměrně překvapivé, protože by se nabízelo spíše vysvětlení, že lépe živěné rostliny budou vylučovat více kořenových exsudátů, které v půdě patří mezi nejlabilnější organické látky.

Graf č. 7: Obsah C_{SOF} podle managementu hnojení



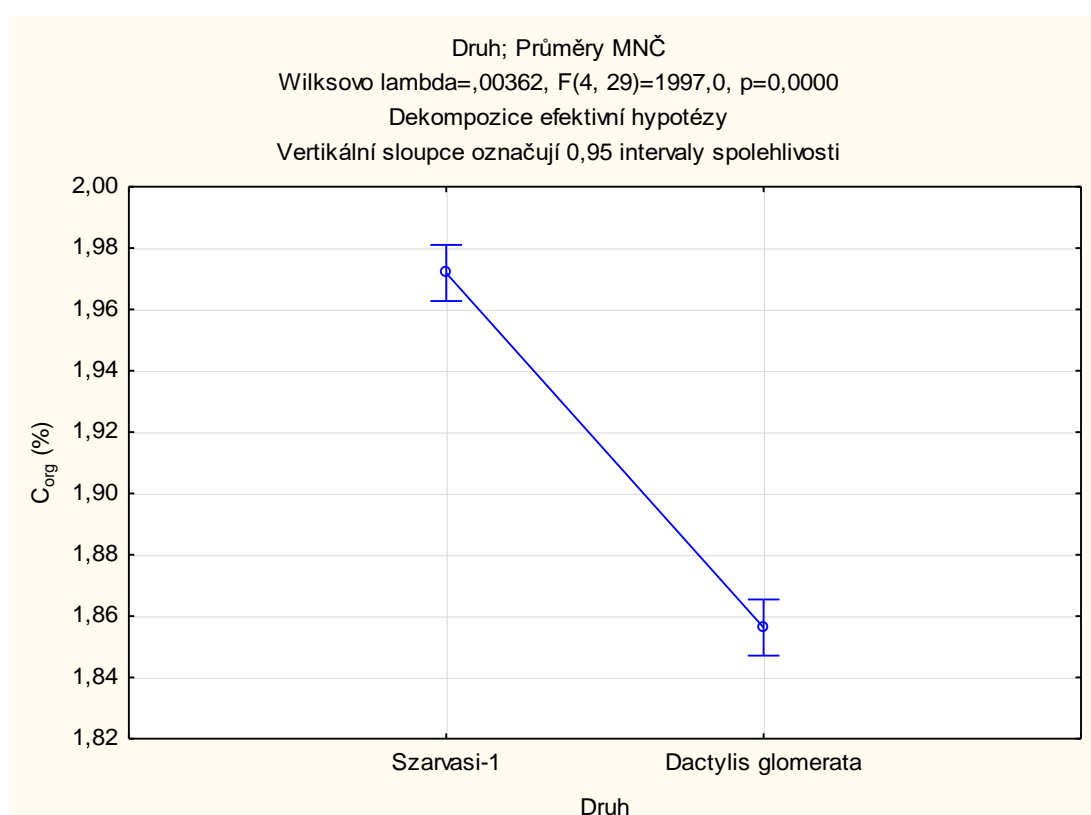
Graf č. 8: Konstanta k (sec) podle managementu hnojení



5.3 Kvalita a množství organické hmoty podle travního druhu

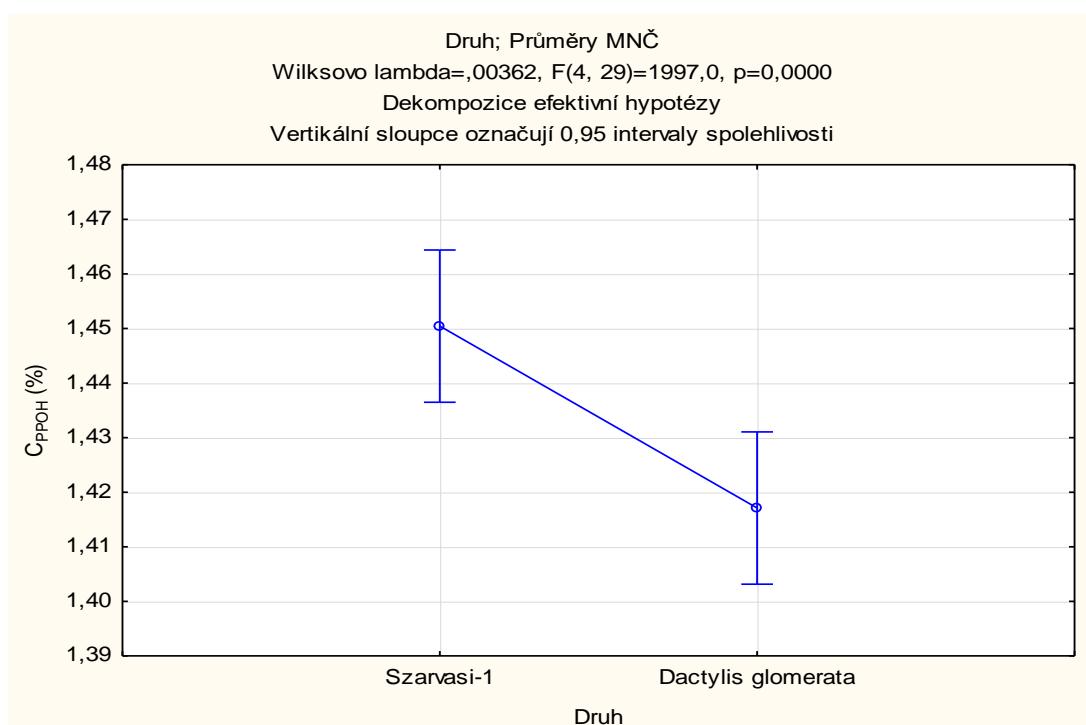
Jako první byl hodnocen obsah C_{org} podle travního druhu, kde byly sledovány dva druhy energetických trav, Szarvasi-I a *Dactylis glomerata*. Z Grafu č. 9 je patrné, že pod porosty Szarvasi-I byl obsah C_{org} vyšší než pod porosty *Dactylis glomerata*. To že obsah C_{org} je vyšší pod porosty Szarvasi-I mohlo být zapříčiněno tím, že Szarvasi-I má obecně mohutný kořenový systém (Csete a kol., 2011) a tím se navýšil obsah organické hmoty v půdě.

Graf č. 9: Obsah C_{org} podle travního druhu



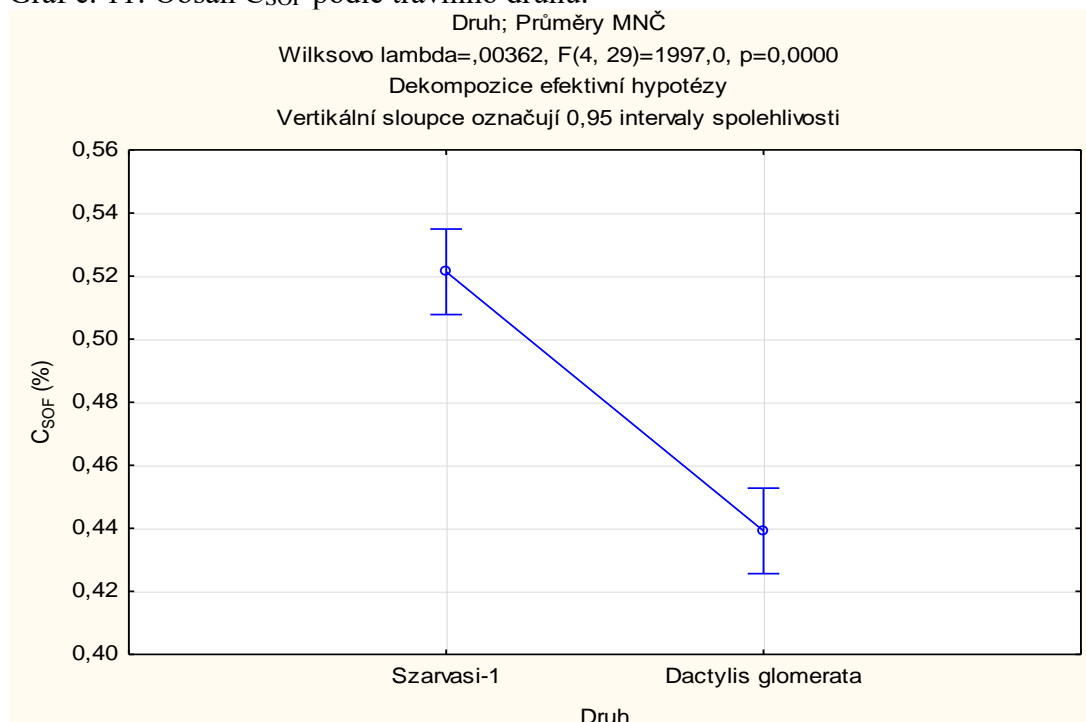
Jako druhý byl hodnocen obsah C_{PPOH} podle travního druhu. Na Grafu č. 10 lze sledovat, že i zde byl obsah C_{PPOH} vyšší pod porostem Szarvasi-I než pod porostem *Dactylis glomerata*. Toto mohlo zapříčinit to, že po celou dobu experimentu bylo velké sucho a *Dactylis glomerata* nesnáší suché podmínky, naproti tomu, jak uvádí Csete a kol. (2011) Szarvasi-1 jako energetická rostlina má veliký potenciál v suchých oblastech. Tudíž lze předpokládat že Szarvasi-1 mělo mohutnější porost, tím pádem i větší obsah C_{PPOH} . Avšak rozdíl hodnot C_{PPOH} není vysoký, pouze 0,03 %.

Graf č. 10: Obsah C_{PPOH} podle travního druhu



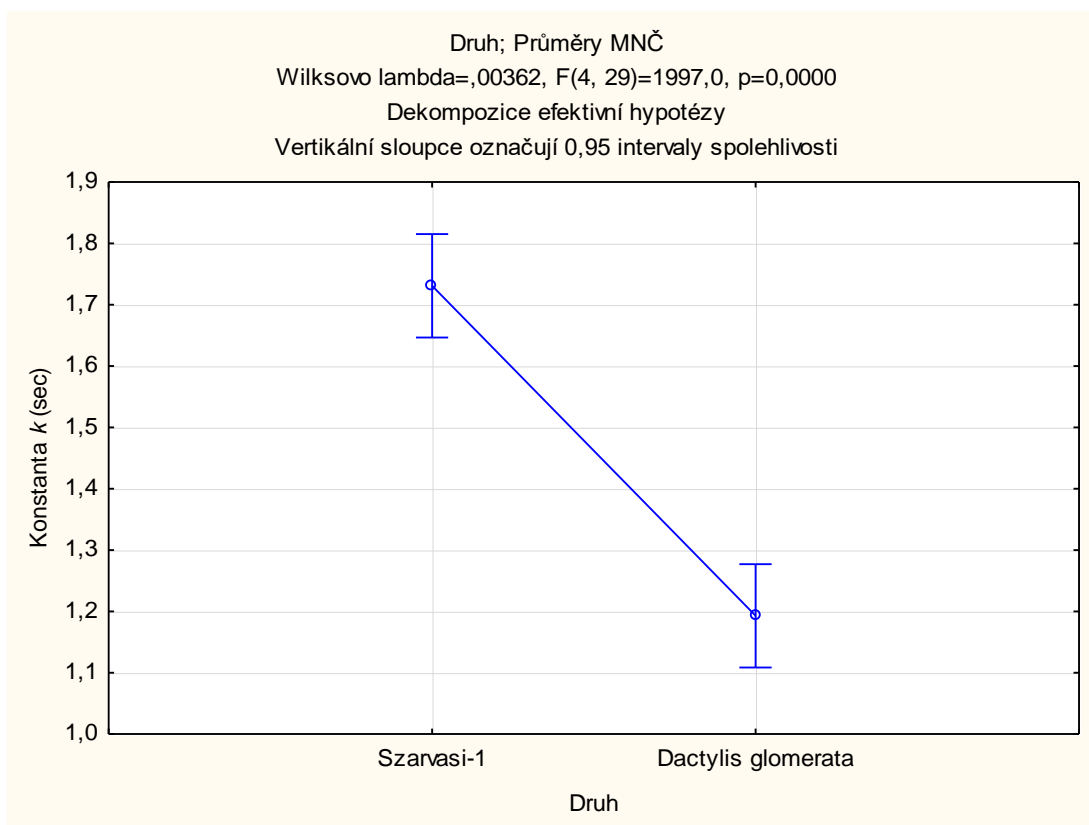
V Grafu č. 11 je znázorněn obsah C_{SOF} . Je zřejmé, že více této složky půdní organické hmoty bylo v půdách z porostu Szarvasi-I. Humusová složka C_{SOF} díky aktivním povrchovým silám značně zasahuje do všech fyzikálně-chemických vlastností půdy včetně vodně-vzdušného režimu (Kolář a kol., 2017).

Graf č. 11: Obsah C_{SOF} podle travního druhu.



Poslední byla hodnocena konstanta k . Z Grafu č. 12 je patrné, že vyšší hodnota konstanty k , tudíž i větší labilita PPOH byla zjištěna pod porostem Szarvasi-I., než porostem *Dactylis glomerata*. Z toho tedy vyplývá, že Szarvasi-I. je z hlediska potenciální půdní úrodnosti lepší plodinou. Zřejmě za to může mohutný kořenový systém, tudíž i zvýšená produkce kořenových exsudátů. Hypotéza č. 2 uvádí, že lepší kvalita primární půdní organické hmoty bude pod porosty Szarvasi-I., tudíž se hypotéza potvrdila. Výsledek je to však zajímavý s ohledem na přechodí graf, který říká, že větší obsah stabilních organických frakcí je v půdě s porostem Szarvasi-I. Z těchto dvou grafů tedy vyplývá, že Szarvasi-I oproti *Dactylis glomerata* působí na půdu ve dvou extrémech – vzniká jak více stabilních frakcí půdní organické hmoty, tak i více látek relativně velmi snadno rozložitelných.

Graf č. 12: Konstanta k podle travního druhu



5.4 Vliv interakce všech sledovaných faktorů na C_{org} , C_{PPOH} a C_{SOF}

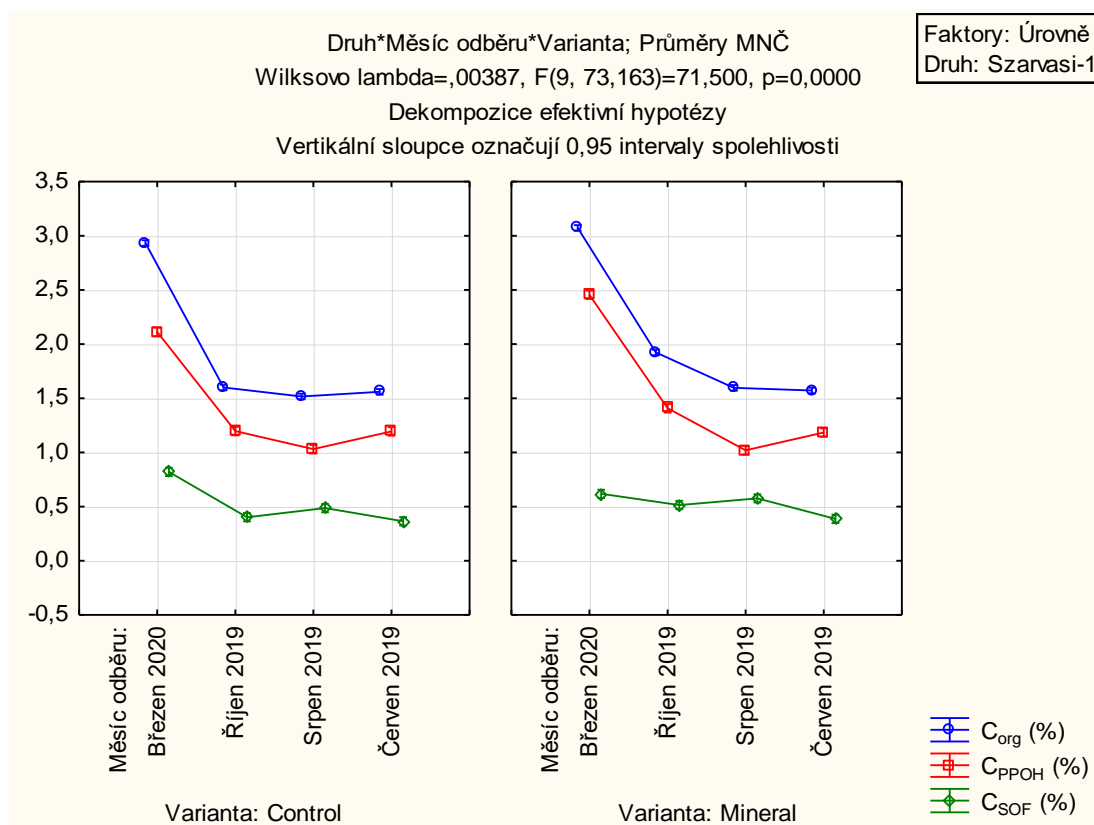
Graf č. 13 znázorňuje interakci sledovaných faktorů C_{org} , C_{PPOH} a C_{SOF} u Szarvasi-I podle managementu hnojení.

Modrá křivka zaznamenává obsah C_{org} . U varianty „Control“ dosahuje v měsíci červnu, srpnu a říjnu 2019 téměř totožné hodnoty okolo 1,5 %. V březnu 2020 je patrný vzestup na hodnotu 3 %. U varianty „Mineral“ obsah C_{org} má 1,5 % v měsíci červnu a srpnu 2019, v měsíci říjnu 2019 dochází k mírnému navýšení, a to téměř na 2%. K nejvyššímu nárůstu však dochází v březnu 2020, podobně jako u varianty „Control“, kdy obsah C_{org} byl naměřen přes 3 %.

Červená křivka zaznamenává obsah C_{PPOH} . Porovnáme-li obě varianty „Control“ a „Mineral“ z hlediska sledovaných měsíců, je u obou variant obsah C_{PPOH} naměřen 1,2%, dále mají obě křivky v měsíci srpnu 2019 mírně klesající tendenci, v měsíci říjnu 2019 dochází ke vzestupu a v březnu 2020 je navýšení obsahu C_{PPOH} nejvyšší. U varianty „Control“ naměřená hodnota činí 2,1 % a u varianty „Mineral“ 2,5 %.

Zelená křivka zaznamenává obsah C_{SOF} . Zde lze sledovat nejmenší kolísavost hodnot, a to u varianty „Control“ i „Mineral“. U obou variant se pohybovaly hodnoty mezi 0,4 – 0,8 %. Menší stoupající hodnota byla naměřena u varianty „Control“ v měsíci březnu 2020.

Graf č. 13: Interakce sledovaných faktorů na C_{org} , C_{PPOH} a C_{SOF} u Szarvasi-I



Interakci sledovaných faktorů C_{org} , C_{PPOH} a C_{SOF} u *Dactylis glomerata* podle managementu hnojení sleduje Graf č. 14.

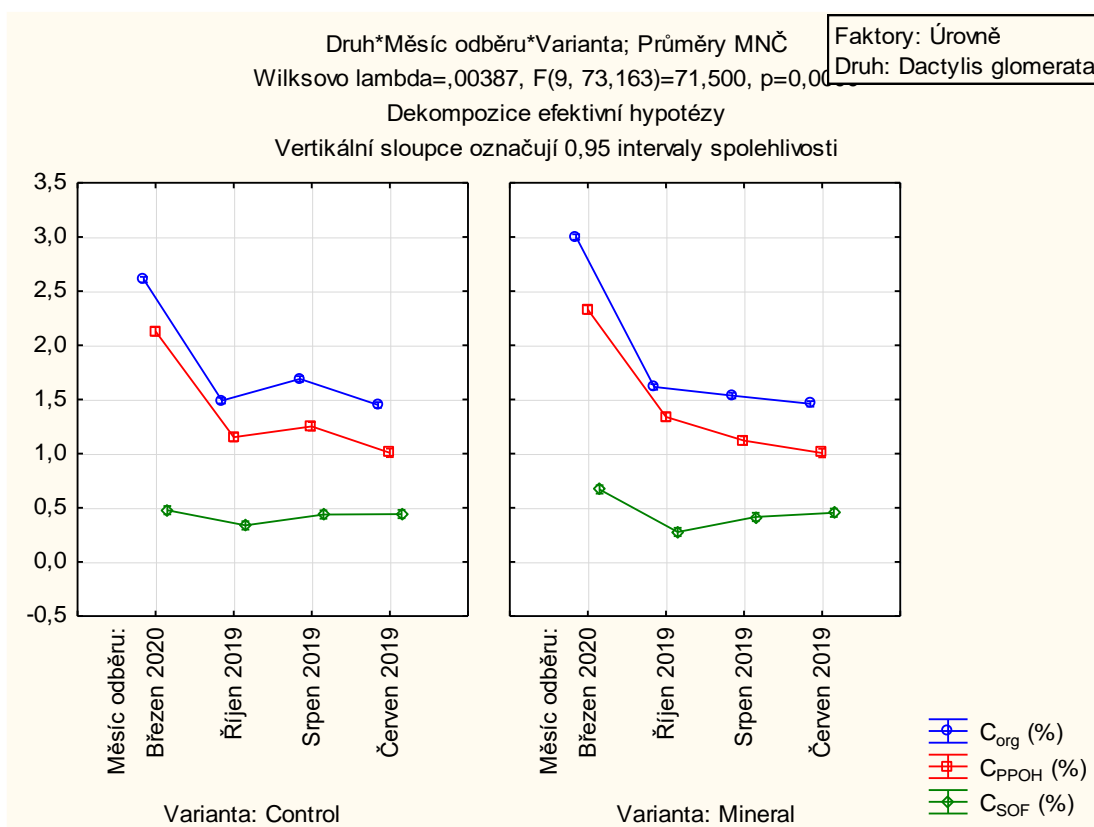
Modrá křivka opět zaznamenává obsah C_{org} . U varianty „Control“ dosahuje v měsíci červnu, srpnu a říjnu 2019 téměř totožné hodnoty okolo 1,5 %, stejně jako u Szarvasi-I. V březnu 2020 je patrný taktéž vzestup, a to u varianty „Control“ na hodnotu 2,6 % a u varianty „Mineral“ na hodnotu 3 %.

Červená křivka zaznamenává obsah C_{PPOH} . V měsíci červnu byly naměřena hodnota obsahu C_{PPOH} u obou variant 1 %. Taktéž u obou variant mírně stoupá naměřená hodnota v měsíci srpnu 2019. Zatímco u varianty „Control“ je v měsíci říjnu zaznamenán nepatrný pokles, u varianty „Mineral“ dochází stále k mírnému zvyšování naměřených hodnot obsahu C_{PPOH} . V měsíci březnu 2020 je navýšení obsahu C_{PPOH} nejvyšší. U varianty „Control“ naměřená hodnota činí 2,1 % a u varianty „Mineral“ 2,4 %. Naměřené hodnoty jsou v tomto měsíci téměř totožné jako u Szarvasi-I.

Zelená křivka zaznamenává obsah $C_{SO\text{F}}$. Zde lze sledovat nejmenší kolísavost hodnot a to u varianty „Control“ i „Mineral“. U varianty „Control“ se naměřené hodnoty obsahu $C_{SO\text{F}}$ pohybovaly okolo 0,5 %, u varianty „Mineral“ v měsíci říjnu 2019 došlo k mírnému poklesu na hodnotu 0,3 % a v měsíci březnu 2020 opět k navýšení na hodnotu obsahu $C_{SO\text{F}}$ 0,6 %. Porovnáme-li toto navýšení u obou travních druhů, u varianty „Control“ došlo k navýšení u Szarvasi-I, naopak u *Dactylis glomerata* došlo k navýšení u varianty „Mineral“. Navýšení však není nikterak markantní ani u jedné ze sledovaných trav.

Porovnáme-li oba grafy sledovaných trav, interakce sledovaných faktorů C_{org} , C_{PPOH} a $C_{\text{SO\text{F}}}$ měla u obou trav podobnou tendenci. V měsíci červnu, srpnu a říjnu 2019 byly naměřeny podobné hodnoty, k výraznějšímu navýšení došlo až v měsíci březnu 2020 a to u obou trav i z hlediska managementu hnojení. Nejvýraznější navýšení došlo u sledovaných faktorů C_{org} a C_{PPOH} , naopak faktor $C_{\text{SO\text{F}}}$ se navýšil max. o 0,4 %.

Graf č. 14: Interakce sledovaných faktorů na C_{org} , C_{PPOH} a $C_{\text{SO\text{F}}}$ u *Dactylis glomerata*



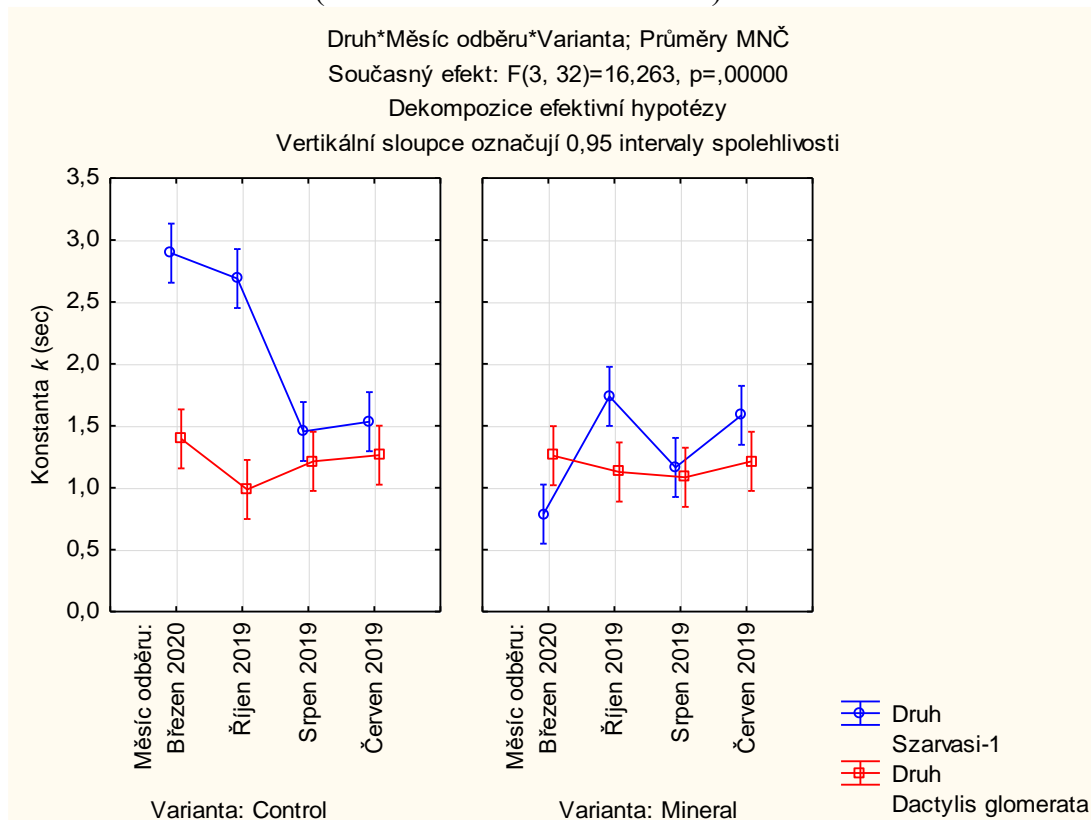
5.5 Vliv interakce všech sledovaných faktorů na kvalitu PPOH

Grafy č. 15 a 16 zachycují interakci všech sledovaných faktorů na kvalitu PPOH. Grafy jsou vytvořeny na základě stejných dat, jde pouze o rozdílné zobrazení hodnot kvůli lepší přehlednosti. V Grafu 15 je dobře patrný rozdíl obou druhů v rámci varianty hnojení.

Ve variantě „Control“ je situace jasně zřetelná. V prvních dvou odběrech se hodnota k mezi oběma rostlinnými druhy téměř neliší. V dalších dvou odběrech zůstává kvalita PPOH u druhu *Dactylis glomerata* téměř konstantní. U Szarvasi-I došlo mezi srpnovým a říjnovým odběrem ke strmému nárůstu hodnoty k , tedy ke zvýšení lability a kvality PPOH.

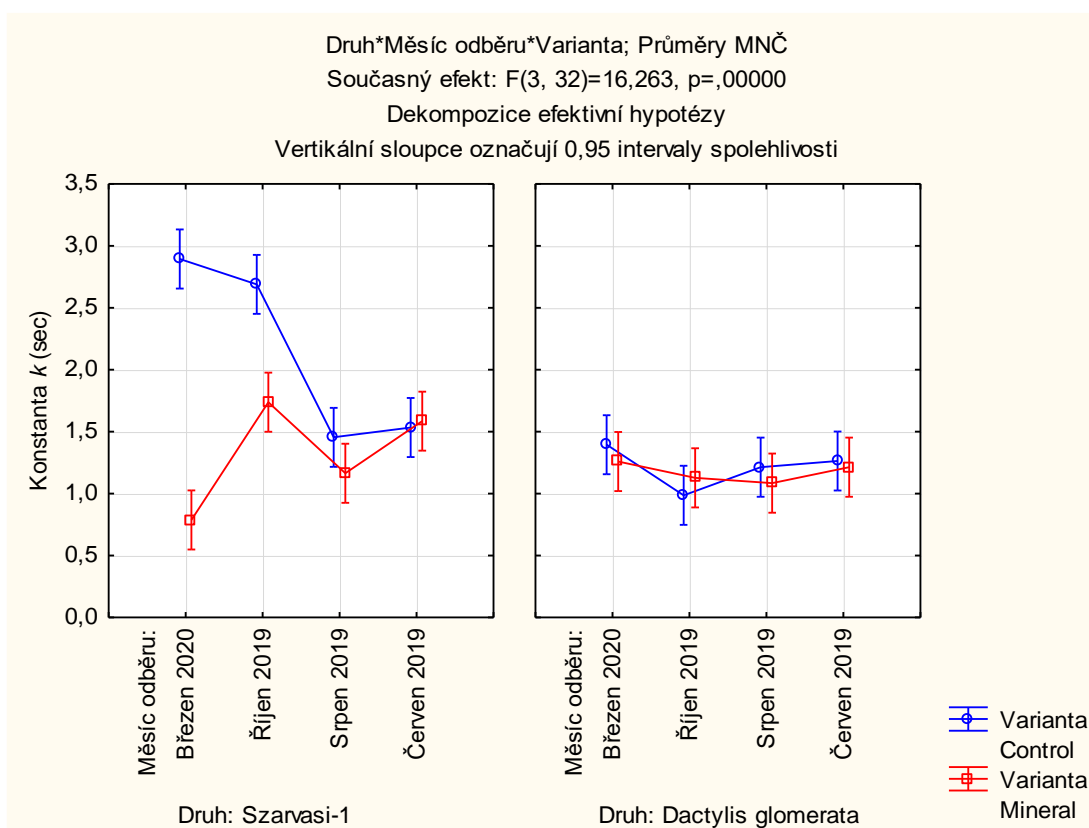
Ve variantě „Mineral“ byla u druhu *Dactylis glomerata* hodnota k také velmi vyrovnaná při všech odběrech. Naopak u Szarvasi-I docházelo ke změnám v průběhu času. V říjnovém odběru došlo ke zvýšení hodnoty k (patrně reakce porostu na přihnojení). V odběru v březnu 2020 ale došlo k markantnímu poklesu kvality PPOH.

Graf č. 15: Konstanta k (znázorněná závislost na druhu)



Jak bylo zmíněno výše, v Grafu č. 16 jsou zobrazena stejná data, jako v Grafu 15. Jsou pouze uspořádána tak, aby bylo možné přehledně porovnávat oba managementy hnojení v rámci druhu. Levá část zobrazuje vývoj kvality primární půdní organické hmoty u Szarvasi-I. Z vynesných bodů je patrné, že kvalita PPOH se mezi jednotlivými odběry měnila v závislosti na hnojení/nehnojení. Je zajímavé, že u porostu *Dactylis glomerata* nebyla kvalita PPOH minerálním hnojením téměř vůbec ovlivněna. To by podle Rudrappa a kol. (2006) mohlo změnit použití statkových hnojiv spolu s minerálními hnojivy. Tato kombinace se ukázala jako účinný systém ovlivnění kvality PPOH.

Graf č. 16: Konstanta k (znázorněná závislost na variantě hnojení)



6. Závěr

Tato bakalářská práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byly popsány základní pojmy důležité pro pochopení tématu a vysvětlen rozdíl mezi primární půdní organickou hmotou a humusem. Dále zde byly popsány oba druhy použitých energetických trav Szarvasi-I a *Dactylis glomerata*. Praktická část se zabývá hodnocením kvality a množství primární půdní organické hmoty (PPOH). Sledováno bylo také celkové množství organického uhlíku (C_{org}) a množství stabilních organických látek (C_{SOF}). Hodnocené vzorky půd, byly odebrány pod porosty Szarvasi-I a *Dactylis glomerata*, a to ve variantě „Control“ a „Mineral“ v časovém horizontu červen 2019 – březen 2020.

Během sledovaného období se obsah C_{org} téměř zdvojnásobil, nejvyšší hodnoty dosáhl v měsíci březnu 2020. Z hlediska managementu hnojení byl vyšší obsah C_{org} u varianty „Mineral“. Z pohledu travního druhu byl vyšší obsah C_{org} zjištěn pod porosty Szarvasi-I. Dále byl hodnocen obsah C_{PPOH} . Bylo zjištěno, že obsah C_{PPOH} byl nevyšší v měsíci březnu 2020. Obsah C_{PPOH} v závislosti na managementu hnojení byl naměřen vyšší u varianty „Mineral“, než u varianty „Control“. Rozdíl mezi oběma variantami nebyl tak markantní, jelikož byly použity pouze minerální hnojiva a pro vyšší obsah C_{PPOH} by bylo zapotřebí přidat i organická hnojiva. Z hodnocení obsahu C_{PPOH} podle travního druhu vyplývá, že vyšší obsah byl zjištěn pod porosty Szarvasi-I.

Dalším sledovaným faktorem byl uhlík, který náleží stabilním organickým frakcím (C_{SOF}). Z hlediska měsíce odběru byla patrná kolísavost obsahu C_{SOF} , kdy k mírnému navýšení došlo v měsíci srpnu 2019, poté k poklesu a k největšímu navýšení následně v měsíci březnu 2020. Toto bylo nejspíše způsobeno kolísáním obsahu ligninů v půdě. Z hlediska managementu hnojení byl vyšší obsah C_{SOF} zjištěn u varianty „Mineral“, než u varianty „Control“. Z pohledu travního druhu byl opět vyšší obsah C_{SOF} u Szarvasi-I.

Kvalita primární půdní organické hmoty vyjádřena konstantou k , která vyjadřuje její labilitu, byla za sledované období nejvyšší v měsíci říjnu 2019. Hodnota konstanty k podle managementu hnojení byla zjištěna nejvyšší u varianty „Control“ a podle travního druhu byla nejvyšší labilita PPOH pod porosty Szarvasi-I.

Závěrem můžeme shrnout nejdůležitější výsledky a porovnat je se stanovenými hypotézami. Hypotéza č. 1, podle které se očekával obsah C_{PPOH} u hnojené varianty vyšší díky lepšímu živinnému stavu porostu, byla potvrzena. Pod porosty Szarvasi-I. byla kvalita půdní organické hmoty lepší a obsah labilních frakcí vyšší než pod porosty *Dactylis glomerata*, což potvrzuje hypotézu č. 2.

Z hlediska interakce všech sledovaných faktorů bylo zjištěno, že nejlepší vliv na kvalitu primární půdní organické hmoty mají nehnojené porosty Szarvasi-I.

Seznam použité literatury

ANDERSON-TEIXEIRA, K. J., Davis, S. C., Masters, M. D., & Delucia, E. H. (2009). Changes in soil organic carbon under biofuel crops. *Gcb Bioenergy*, 1(1), 75-96.

Berner, A., Böhm, H., Brandhuber, R., Braun, J., Brede, U., Colling-von Roesgen, J. L., ... & Fisel, T. (2013). *Základy půdní úrodnosti*.

BIČÍK, I. *Půda v České republice*. Praha: Consult, 2009. 236 s.

Csete, S., Stranczinger, S., Szalontai, B., Farkas, A., Pal, R. W., Salamon-Albert, E., ... & Walcz, I. (2011). Tall wheatgrass cultivar szarvasi-1 (*Elymus elongatus* subsp. *ponticus* cv. Szarvasi-1) as a potential energy crop for semi-arid lands of Eastern Europe. *Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources*, 269-294.

Definice, význam a funkce půdy. Ministerstvo životního prostředí. *Mzp.cz* [online].

© 2008-2015 [cit. 2019-12-8]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)

Emadodin, I., Reiss, S., & Bork, H. R. (2009). A study of the relationship between land management and soil aggregate stability (case study near Albersdorf, Northern-Germany). *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(4), 48-53.

FISHER, Susanne. *Mehrjährige Dauerkultur liefert alternative Energie*, 2012.

[online]. [cit. 2020-1-6]. Dostupné z: <https://www.lw-heute.de/mehrjaehrige-dauerkultur-liefert-alternative-energie>

Frydrych, J., Macháč, J., & Cagaš, B. (2002). *Energetické využití některých travních druhů*. Ústav zemědělských a potravinářských informací.

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.

HAVLÍČKOVÁ, Kamila, SUCHÝ, Jiří, WEGER, Jan a kolektiv. Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2010. 498 s. ISBN 978-80-85116-72-4

Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Advances in agronomy*, 85, 221-268.

HEINZ, Markus, ROTH, Tobias. *Hohes Weizen gras als Biogassubstrat*. Triesdorf: Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern, 2013. s. 7

JANOWSZKY, János, JANOWSZKY, Zsolt. „Szarvasi-I“ *Energygrass*, 2002.[online]. [cit. 2020-1-6]. Dostupné z: http://www.energiafu.hu/nemesit_en.html

Kögel-Knabner, I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(2), 139-162.

Kohoutek, A., Komárek, P., Nerušil, P., Odstrčilová, V., & Němcová, P. (2010). Kvalita píce trav, jetelovin a jetelovinotravních směsek z obnovených TTP v letech 2009–2010. *Kohoutek, A*, 37-50.

Kolář, L., Peterka, J., Maroušková, A., Váchalová, R., Kopecký, M., & Batt, J. (2017). Determination of the Content of Organic C-Primary Soil Organic Matter-Humic Substances..

KOLÁŘ, Ladislav, MOUDRÝ Jan, KOPECKÝ, Marek. *Kniha o humusu, kvalita půdy, primární organická půdní hmota a humus*. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA–zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., 2014. ISBN: 978-80-87226-34-6

Koloničný, J., & Hase, V. (2011). *Využití rostlinné biomasy v energetice*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava.

Kopecký, M. (2018). *Environmentální aspekty pěstování vybraných energetických rostlin*. Disertační práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

- 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*.
- LHOTSKÝ, Jiří. Minimum z pedologie 1. *Farmář*, č. 1, Profi Press, Praha, 2006, str. 74.
- Mast, B., Lemmer, A., Oechsner, H., Reinhardt-Hanisich, A., Claupein, W., & Graeff-Hönniger, S. (2014). Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Industrial Crops and Products*, 58, 194-203.
- Matula, J. (2007). *Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF*. Výzkumný ústav rostlinné výroby.
- MURRAY, Linda. *Tall Beat Grass Review*. The State of Victoria: Department of Primary Industries, 2005. ISBN 1-74146-428-5
- Němeček, J. (2001). *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Česká zemědělská univerzita.
- Novák, P., & KOL, A. (2002). Stanovení kritérií a potenciálů kvality půdy z hlediska jejich významu pro plnění jednotlivých produkčních a mimoprodukčních funkcí půdy. *Determining criteria and soil quality potentials with respect to their importance for fulfilment of individual production and non-production soil functions*) *Uživatelský výstup O1 projektu QD, 1300*, 30.
- Petříková, V. (2005). *Pěstování rostlin pro energetické účely*.
- PETŘÍKOVÁ, Vlasta, WEGER, Jana. *Rostliny pro energetické účely*. 1.vyd. Praha: Profi Press, 2015. ISBN: 978-80-8672-669-4.
- Pospíšilová, L. (2011). *Spektrální vlastnosti humusových látek jako indikátory jejich původu a chemického složení*. Habilitační práce, Mendelu Brno. 257 s.
- Pospíšilová, L., & Tesařová, M. (2009). *Organický uhlík obhospodařovaných půd*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Regal, V., & Krajčovič, V. (1963). *Pícninářství: Vysokošk. učebnice pro vys. školy zeměd., stud. obory: fytotechnický, zootechnický, meliorační a provozně ekon.* SZN.

Reicosky, D. C. (2003). Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. In *Conservation agriculture* (pp. 3-12). Springer, Dordrecht.

REJŠEK, Klement, VÁCHA, Radim. Nauka o půdě. 1. vyd. Olomouc: Agriprint, s.r.o, 2018. ISBN 978-80-87091-82-1

Rudrappa, L., Purakayastha, T. J., Singh, D., & Bhadraray, S. (2006). Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semi-arid sub-tropical India. *Soil and Tillage Research*, 88(1-2), 180-192.

Rumball, W., Miller, J. E., & Claydon, R. B. (1997). 'Grasslands Tekapo' cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40(3), 365-367.

Scordia, D., & Cosentino, S. L. (2019). Perennial energy grasses: resilient crops in a changing European agriculture. *Agriculture*, 9(8), 169.

Sedivec, K. K., Tober, D. A., & Duckwitz, W. L. (2009). Grasses for the Northern Plains: Growth Patterns. Volume II-Warm-Season.

SCHRABAUER, Josef. *Trockentolerante, perennierende Gräserarten für eine Futternutzung bzw. Energetische Verwertung im semihumiden und semiariden. Wien: Produktionsgebiet,* 2010. Dostupné z:https://abstracts.boku.ac.at/oe_list.php?paID=3&paSID=8166&paSF=-1&paCF=0&paLIST=0&language_id=DE

SRAŠIL, Zdeněk. Study of reed canary grass—possible source for energy utilization. *Italian Journal of Agronomy (Rivista di Agronomia)*, 2008, vol. 3, no 3 supplement, s. 557-558.

Straková, M., Straka, J., Michalíková, L., & Plevová, K. (2007). Kapesní atlas trav. *Agrostis Trávníky, sro Mze, Rousínov*.

Šarapatka, B. (2014). *Pedologie a ochrana půdy*. Univerzita Palackého v Olomouci.

Tian, G., Brussaard, L., Kang, B. T., & Swift, M. J. (1997). Soil fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental conditions.

In *Driven by Nature. Plant Litter Quality and Decomposition* (pp. 125-134). CAB International.

Toman, J., & Hisek, K. (2001). *Přírodou krok za krokem: Rostliny*. Albatros.

URBAN, J., & ŠARAPATKA, B. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy a praxi*. Praha: MŽP a Svaz PRO-BIO, 2003. 280 s.

VÁCHALOVÁ, Radka a kol. *Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty*. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2016. ISBN 978-80-552-1467-2

VANĚK, V., KOLÁŘ, L., & PAVLÍKOVÁ, D. BIOM [online]. 28. 4. 2010, 6. 5. 2010 [cit. 2011-03-14]. *Úloha organické hmoty v půdě*. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uloha-organicke-hmoty-v-pude>.

Vashegyi, I., Cseh, E., Lévai, L., & Fodor, F. (2011). Chelator-enhanced lead accumulation in *Agropyron elongatum* cv. Szarvasi-1 in hydroponic culture. *International journal of phytoremediation*, 13(3), 302-315.

VESELÁ, Miloslava. *Kulturní trávy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001. s. 146, ISBN 80-2013-0764-1

VÖLKLEIN, Michael. *Durchwachsende Silphie, Riesenweizengras–Erfahrungen eines Praktikers*. Triesdorf: Triesdorfer Energiepflanzentag, 2013. [online]. [cit. 2020-1-6].

VRBA, V., & HULEŠ, L. (2006). Humus-půda-rostlina (2) Humus a půda. *Biom. cz.* Wu, T., Schoenau, J. J., Li, F., Qian, P., Malhi, S. S., Shi, Y., & Xu, F. (2004).

Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*, 77(1), 59-68.

Přílohy

Příloha č. 1: Souhrnné výsledky

Druh*Měsíc odběru*Varianta; Průměry MNČ Wilksovo lambda=,00192, F(12, 77,018)=61,853, p=0,0000 Dekompozice efektivní hypotézy																			
Druh	Odběr	Varianta	C _{org} (%) Průměr	C _{org} (%) Sm.Ch.	C _{org} (%) -95%	C _{org} (%) +95%	C _{PPOH} (%) Průměr	C _{PPOH} (%) Sm.Ch.	C _{PPOH} (%) -95%	C _{PPOH} (%) +95%	C _{SOF} (%) Průměr	C _{SOF} (%) Sm.Ch.	C _{SOF} (%) -95%	C _{SOF} (%) +95%	Konstanta k (sec) Průměr	Konstanta k (sec) Sm.Ch.	Konstanta k (sec) -95%	Konstanta k (sec) +95%	N
Szarvasi-1	Bře. 2020	C	2,93	0,01	2,91	2,96	2,11	0,02	2,07	2,15	0,82	0,02	0,78	0,86	2,89	0,12	2,66	3,13	3
Szarvasi-1	Bře. 2020	M	3,07	0,01	3,05	3,10	2,46	0,02	2,42	2,49	0,62	0,02	0,58	0,66	0,79	0,12	0,55	1,03	3
Szarvasi-1	Říj. 2019	C	1,60	0,01	1,57	1,63	1,20	0,02	1,16	1,24	0,40	0,02	0,36	0,44	2,69	0,12	2,45	2,93	3
Szarvasi-1	Říj. 2019	M	1,92	0,01	1,90	1,95	1,41	0,02	1,37	1,45	0,52	0,02	0,48	0,55	1,74	0,12	1,50	1,98	3
Szarvasi-1	Srp. 2019	C	1,52	0,01	1,49	1,54	1,03	0,02	0,99	1,07	0,49	0,02	0,45	0,52	1,45	0,12	1,22	1,69	3
Szarvasi-1	Srp. 2019	M	1,60	0,01	1,57	1,62	1,02	0,02	0,98	1,06	0,58	0,02	0,54	0,61	1,16	0,12	0,93	1,40	3
Szarvasi-1	Čvn. 2019	C	1,56	0,01	1,53	1,59	1,19	0,02	1,16	1,23	0,37	0,02	0,33	0,40	1,53	0,12	1,30	1,77	3
Szarvasi-1	Čvn. 2019	M	1,57	0,01	1,55	1,60	1,18	0,02	1,15	1,22	0,39	0,02	0,35	0,43	1,59	0,12	1,35	1,82	3
Dactylis g.	Bře. 2020	C	2,61	0,01	2,58	2,63	2,13	0,02	2,09	2,17	0,48	0,02	0,44	0,52	1,40	0,12	1,16	1,63	3
Dactylis g.	Bře. 2020	M	3,00	0,01	2,97	3,03	2,33	0,02	2,29	2,37	0,67	0,02	0,63	0,71	1,26	0,12	1,02	1,50	3
Dactylis g.	Říj. 2019	C	1,49	0,01	1,46	1,52	1,15	0,02	1,11	1,19	0,34	0,02	0,30	0,38	0,99	0,12	0,75	1,22	3
Dactylis g.	Říj. 2019	M	1,62	0,01	1,59	1,64	1,34	0,02	1,30	1,38	0,28	0,02	0,24	0,32	1,13	0,12	0,89	1,37	3
Dactylis g.	Srp. 2019	C	1,69	0,01	1,66	1,72	1,25	0,02	1,21	1,29	0,44	0,02	0,40	0,48	1,21	0,12	0,97	1,45	3
Dactylis g.	Srp. 2019	M	1,54	0,01	1,51	1,56	1,12	0,02	1,08	1,16	0,42	0,02	0,38	0,45	1,08	0,12	0,85	1,32	3
Dactylis g.	Čvn. 2019	C	1,45	0,01	1,42	1,48	1,01	0,02	0,97	1,05	0,44	0,02	0,40	0,48	1,26	0,12	1,02	1,50	3
Dactylis g.	Čvn. 2019	M	1,46	0,01	1,43	1,49	1,01	0,02	0,97	1,05	0,45	0,02	0,42	0,49	1,21	0,12	0,98	1,45	3

Příloha č. 2: Příklad grafu sloužícího pro výpočet konstanty k (kostřava, srpen 2019, varianta Mineral)

