

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Zemědělská fakulta**

---

Katedra agroekosystémů

Studijní program: N4101 / Zemědělské inženýrství

Studijní obor: 4106T019 / Agroekologie - Ekologické zemědělství

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

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vliv technologie pěstování cukrové řepy  
na množství a kvalitu půdní organické hmoty**

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

Autor diplomové práce: Bc. Aneta Nováková, DiS.

**České Budějovice, 2020**

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Aneta NOVÁKOVÁ, DiS.  
Osobní číslo: Z18071  
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství  
Téma práce: Vliv technologie pěstování cukrové řepy na množství a kvalitu půdní organické hmoty  
Zadávací katedra: Katedra agroekosystémů

#### Zásady pro vypracování

Cíle práce: Srovnání množství a kvality nezhumifikované půdní organické hmoty při různých pěstebních technologiích cukrové řepy.

Práce bude obsahovat následující kapitoly:

1. Úvod – úvod do problematiky (doporučený rozsah 1 strana, bez citací).
2. Literární přehled – pěstování cukrové řepy v podmínkách ČR, rozdělení a význam půdní organické hmoty, metody stanovení její kvality a množství (rozsah cca 50% textové části DP).
3. Cíle práce a pracovní hypotézy (doporučený rozsah 1 strana).
4. Metodický postup – kontrola pěstební technologie cukrové řepy v určeném zemědělském podniku, pravidelný odběr půdních vzorků, jejich zpracování a analýza. Kvalita nezhumifikované půdní organické hmoty bude vyjádřena rychlostní konstantou její oxidace (princip laboratorní analýzy bude vycházet z metodiky popsané autory Kopecký a kol., 2016).
5. Výsledky a diskuse – zpracování a statistické vyhodnocení získaných výsledků, srovnání získaných dat s literárními údaji formou diskuse (rozsah cca 50% textové části DP).
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: 40-60 stran včetně příloh  
Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)  
Forma zpracování diplomové 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. Náměšt nad Oslavou: ZERA.*

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.

Pavlik, P., & Opráal, Z. (2016). Ecosystem Services and Sugar Beet. *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, 132(5-6), 182-184.

Pulkrábek, J., Urban, J., Pazderů, K., & Švachula, V. (2011). Sugar Beet Growing and its Influence on Environment. *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, 127(2), 57-62.

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

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

Datum zadání diplomové práce: 14. února 2019  
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2020

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Budejovická 1820, 370 01 Česká Budějovice



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

L.S.



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

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové 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 25. 6. 2020

.....

Jméno

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Markovi Kopeckému, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za vedení, připomínky a čas který mi během vypracování věnoval. Dále bych chtěla poděkovat vedení podniku Agrospol Hostovice a. s. za poskytnutí plochy k odebírání vzorků půdy, svému zaměstnavateli, Ing. Martinovi Pilařovi za podporu a ochotu umožnit mi studium při zaměstnání a Ing. Ludmile Kábelové za poskytnutí cenných rad a soupravy k odběru vzorků. Mé poděkování patří též mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během celého studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na sledování obsahu půdní organické hmoty a její kvality ve dvou variantách vzorků. Hlavním cílem práce je analýza a porovnání hodnot vzorků půdy odebíraných v porostu řepy cukrové s využitím dvou odlišných variant agrotechnických zásahů – mechanické likvidace plevelů s kypřením a varianta s využitím pesticidů bez kypření. Odběry probíhaly v blízkosti obce Úhřetická Lhota v Pardubickém kraji. Vzorky byly zpracovány v laboratoři a po jejich analýze byly stanoveny sledované parametry kvantity a kvality půdní organické hmoty:  $C_{\text{PPOH}}$  – uhlík primární půdní organické hmoty,  $C_{\text{SOF}}$  – uhlík stabilních organických frakcí,  $C_{\text{org}}$  – celkový organický uhlík, konstanta  $k$  – indikátor kvality primární půdní organické hmoty

**Klíčová slova:** primární půdní organická hmota; humus; řepa cukrová; zpracování půdy

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on monitoring the content of soil organic matter and its quality in two variants of samples. The main goal of this thesis is to analyze and compare the values of soil samples taken in the sugar beet using two different variants of agrotechnical interventions – mechanical weed control with loosening and a variant using pesticides without loosening. Sampling took place near the village of Úhřetická Lhota in the Pardubice Region. The samples were processed in the laboratory and after their analysis the monitored parameters of quantity and quality of soil organic matter were determined:  $C_{\text{PPOH}}$  – carbon of primary soil organic matter,  $C_{\text{SOF}}$  – carbon of stable organic fractions,  $C_{\text{org}}$  – total organic carbon, constant  $k$  – quality indicator of primary soil organic matter

**Key words:** primary soil organic matter; humus; sugar beet; tillage

# OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	2
2.1	Řepa cukrová v České republice .....	2
2.1.1	Morfologie řepy cukrové.....	2
2.1.2	Ekologická hodnota pěstování řepy cukrové .....	3
2.1.3	Technologické hledisko využití řepy cukrové .....	5
2.2	Zásady při pěstování řepy cukrové.....	6
2.2.1	Stanoviště .....	6
2.2.2	Osevní postup.....	7
2.2.3	Příprava půdy a založení porostu řepy cukrové .....	9
2.2.4	Podzimní příprava .....	9
2.2.4.1	Klasická příprava s podzimní orbou .....	9
2.2.4.2	Příprava pomocí minimalizačních technologií .....	9
2.2.5	Jarní zpracování .....	11
2.2.6	Setí .....	13
2.2.7	Výživa a hnojení .....	16
2.2.7.1	Dusík.....	17
2.2.7.2	Draslík.....	18
2.2.7.3	Fosfor .....	19
2.2.7.4	Hořčík .....	19
2.2.7.5	Síra .....	19
2.2.7.6	Vápník.....	20
2.2.7.7	Bór .....	20
2.2.8	Ochrana před škodlivými činiteli .....	20
2.2.8.1	Škůdci .....	21
2.2.8.2	Choroby .....	21
2.2.8.2	Plevele.....	22
2.3	Půda a půdní organická hmota .....	22
2.3.1	Charakteristika a význam půdní organické hmoty.....	22
2.3.2	Dělení půdní organické hmoty .....	23
2.4	Přeměny organických látek v půdě .....	27
2.4.1	Mineralizace .....	27
2.4.2	Humifikace .....	28
2.4.3	Ulimifiakce.....	29
2.5	Dehumifikace půdy .....	30
2.6	Půdní organická hmota a její kvalita .....	31



3	CÍLE A HYPOTÉZY .....	34
4	MATERIÁL A METODIKA.....	35
4.1	Charakteristika pokusné lokality, založení porostů a agrotechnické zásahy ve zvolených variantách pěstování .....	35
4.2	Odběr a úprava půdních vzorků .....	39
4.3	Stanovení kvality a kvantity primární půdní organické hmoty .....	40
4.3.1	Kvalita primární organické hmoty .....	40
4.3.2	Výpočet množství PPOH a množství humusu .....	40
4.4	Statistické zpracování dat .....	40
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	41
5.1	Vliv měsíce odběru.....	42
5.2	Vliv regulace plevelů.....	45
5.3	Vliv interakce měsíce odběru a varianty regulace plevelů.....	49
5.4	Shrnutí výsledků a doporučení .....	55
6	ZÁVĚR .....	57
7	SEZNAM LITERATURY .....	58
8	PŘÍLOHY .....	62

# 1 ÚVOD

Půda je jeden z primárních zdrojů pro člověka. Je zdrojem energie a surovin, dochází na ní k tvorbě kulturní krajiny. Zároveň je ale také velmi těžko obnovitelným zdrojem. Během posledních let dochází k velkému nárůstu světové populace, a to způsobuje vzrůstající tlak na životní prostředí, půdu nevyjímaje.

Pro člověka má půda význam zejména v souvislosti se svou úrodností. Zhutnění, eroze, snižování biologické aktivity půdy a pokles obsahu půdní organické hmoty jsou jedny z hlavních faktorů způsobujících zhoršování kvality půd. O tom, že je důležité mít k dispozici kvalitní půdu, věděli již zemědělci v dobách dávno minulých. Věděli, že půda, ve které je dostatek organické hmoty, je lépe zpracovatelná, má lepší strukturu, lépe zadržuje vodu. Už od pradávna byl tedy obsah organické hmoty jedním ze základních faktorů půdní úrodnosti.

Na základě výše uvedených skutečností jsem si vybrala téma Vliv technologie pěstování cukrové řepy na množství a kvalitu půdní organické hmoty, které zapadá do aktivit, které dlouhodobě rozvíjím jak v osobním, tak v profesním životě. Ať už se jedná na jedné straně o klasickou konvenční rostlinnou a živočišnou výrobu, tak o trvale udržitelné zemědělství, o které se aktivně zajímám a snažím se jeho principy aplikovat v rámci svého zaměstnání, kde se věnuji přímo rostlinné výrobě. Snažíme nejen o produkci hlavních plodin jako je obilí, sóji a řepka olejná, tak i produkci máku, jahod, česneku, cibule, a křenu, na kterých budujeme co nejpestřejší dodavatelsko - odběratelské řetězce, kdy je prioritou tyto řetězce minimalizovat, respektive co nejvíce zkrátit cestu mezi „polem“ a koncovým zákazníkem. A to jak z pohledu času, tak i počtu subjektů, kteří se vyskytují mezi producentem a cílovým konzumentem. Jinými slovy snažíme se i v rámci konvenčního zemědělství o následování principů trvale udržitelného zemědělství a zároveň ukazujeme zákazníkům cestu, jak lze podpořit lokální zemědělce v jejich činnosti.

Cílem práce je srovnání množství a kvality nezhumifikované primární půdní organické hmoty při dvou odlišných pěstebních technologiích cukrové řepy. Kvalita i kvantita půdní organické je totiž jedním z hlavních témat a to ne jen v oblasti zemědělství.

## **2 LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **2.1 Řepa cukrová v České republice**

Řepa cukrová, lidově označovaná názvem „cukrovka“ se řadí mezi velmi významné okopaniny pěstované v České republice. Pěstování této plodiny má v naší zemi dlouholetou tradici – jako technická plodina byla využívána již od 1. poloviny 19. století. Jedná se o jednu z velmi důležitých plodin, která zajišťuje cca 35 % produkce cukru na světě. Důvodem, proč má cukrová řepa takové zásadně významné postavení, je, že jde o jedinou plodinu pro výrobu cukru v Evropě. Cukrovka se tak stává významnou tržně-technickou plodinou. Evropská unie jako celek je jedním z největších producentů řepného cukru na světě. Pěstování řepy cukrové má ale také jiné výhody než jen tržní. Zařazením řepy do osevního postupu získá zemědělec velmi vhodnou předplodinu pro obilniny. Kromě toho, že je využívána jako výborný přerušovač obilných sledů, je velmi vhodná jako předplodina pro sladovnický ječmen. Dalšími výhodami jsou např. odplevelující účinky a možnost navrácení značného množství živin a organické hmoty do půdy formou zaorání chrástu a posklizňových zbytků (VRTÍLEK, 2019).

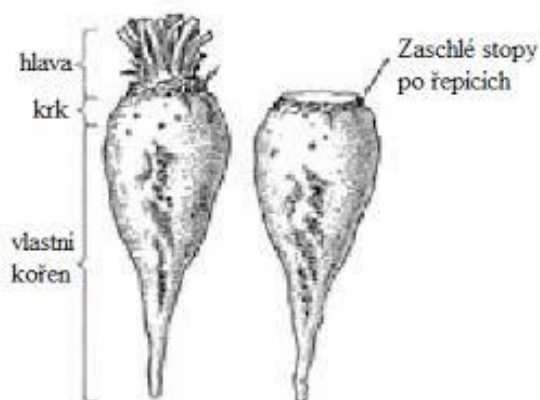
#### **2.1.1 Morfologie řepy cukrové**

Morfologii cukrové řepy popisuje TAUFEROVÁ (2014). Autorka uvádí, že řepa cukrová patří do čeledi merlíkovitých. Jedná se o dvouletou rostlinu, která v prvním vegetačním roce tvoří bulvy, následně ve druhém roce dochází k tvorbě generativních orgánů – semen. U řepy cukrové je bulva z 90 % tvořena kořenem. Barva bulvy je proměnlivá, bílá až nažloutlá. Tvar bulvy je vřetenovitě hranatý.

Bulva cukrovky se dělí na 3 části (Obrázek 1):

1. hlava – epikotyl,
2. krk – hypokotyl,
3. kořen – radix.

**Obrázek 1: Části bulvy řepy**



Zdroj: PULKRÁBEK et al., 2007

### **2.1.2 Ekologická hodnota pěstování řepy cukrové**

PULKRÁBEK et al. (2007) uvádí, že řepa cukrová má ze všech zemědělsky pěstovaných plodin jeden z nejvýznamnějších ekologických efektů – množství uvolněného kyslíku. Kyslík uvolněný z 1ha řepy stačí k dýchání 62 lidí po dobu 1 roku. Cukrovka je velmi výkonnou rostlinou. Díky šlechtění a využití dostupných pěstitelských technologií je v porovnání s divoce rostoucími rostlinami mnohonásobně zvýšen stupeň fotosyntézy.

V dnešní době se moderní technologie pěstování cukrové řepy neobejdou bez použití pesticidů. V souvislosti s nutností používání pesticidů se daří zvyšovat jejich účinnost a snižovat negativní vliv na životní prostředí. Ve Velké Británii porovnávali vliv používání pesticidů u různých plodin na necílové organizmy. Ve vyhodnocení ekologické toxicity ochranných přípravků pro různé plodiny STOCKFISCH (2006) uvádí, že čím vyšší byl Index ekologické toxicity, tím větší bylo riziko dodatečného působení na necílové organizmy. Z hodnot Tabulky 1 tedy vyplývá, že cukrovka má z vybraných plodin nejnižší index. Ostatní plodiny mají index vyšší, například u ozimé pšenice je 35, u hrachu 75 a řepky 85 (tedy více než trojnásobný) (PULKRÁBEK et al., 2007).

I u nás, podobně jako v zahraničí, patří cukrová řepa mezi plodiny s relativně nižší spotřebou pesticidů na jeden hektar. Průměrná spotřeba se pohybuje od 2,5–3 kilogramů či litrů na hektar v závislosti na rozsahu zaplevelení v daném roce, neboť spotřeba herbicidů představuje v posledních letech 85–90 % celkové spotřeby

účinných látek aplikovaných pesticidů. Jen 6–8 % tvoří prostředky fungicidní ochrany. Ještě nižší je podíl insekticidů, který se pohybuje od 2 do 3 % (PULKRÁBEK et al., 2007).

**Tabulka 1: Index ekologické toxicity**

Plodina	Index ekologické toxicity
Brambory	230
Cukrovka	26
Řepka	85
Hrách	75
Pšenice ozimá	35
Ječmen jarní	30

Zdroj: STRNADLOVÁ, 2009

Kromě produkce cukru a bioetanolu jsou cennou obnovitelnou surovinou pro potravinářský a fermentační průmysl i získávané vedlejší produkty. Zaoraný chrást a posklizňové zbytky představují vydatné zelené hnojení, což se ekologicky rovněž cení. PULKRÁBEK et al. (2007) ve své práci shrnuli pozitivní přínosy pěstování řepy takto:

- Díky fotosyntéze poskytuje nejvyšší energetický výkon ve formě cukru, krmiv a průmyslových surovin.
- V porovnání s ostatními plodinami produkuje více kyslíku a ze vzduchu odebírá větší množství oxidu uhličitého.
- Pozitivně ovlivňuje úrodnost půd prokořeněním, které je intenzivní a zasahuje do spodních vrstev ornice, půda zůstává kyprá.
- Obohacuje půdu humusotvorným materiálem (zbytky kořenů a listů zanechané po sklizni).
- Přerušuje infekční tlak chorob v osevních postupech s převahou obilnin.
- Díky schopnosti využívat nitráty chrání spodní vody.

- Dávky hnojení se stanovují podle rozborů půdy, nedochází tedy k eutrofizaci z použití nadbytku hnojiv.

### **2.1.3 Technologické hledisko využití řepy cukrové**

Bulvy řepy cukrové obsahují látky, které můžeme rozdělit na 2 skupiny. Z technologického hlediska látky dělíme na řepnou dřev a řepnou šťávu.

Dřev představuje asi 6 % podílu celé masy řepné bulvy. Nejvíce jsou ve dřev zastoupeny pentozany, celulóza a pektinové látky. Celkem mohou tvořit až 90 % dřev. Zbytkový podíl tvoří bílkoviny, lignin, malé množství organických látek a nerozpustných organických kyselin. Sklizené bulvy obsahují cca 76 % vody a cca 18 % ve vodě rozpustných látek – z nich tvoří 87 % sacharóza. Všechny další rozpuštěné látky označujeme jako necukry – doprovodné látky:

1. Anorganické látky bezdusíkaté,
2. Organické dusíkaté látky,
3. Minerální (anorganické) látky.

Zpracováním cukrové řepy v cukrovaru získáváme v průměru 12,5 % bílého cukru, 5,5 % cukrovarnických řízků a 4,5 % melasy. Pro hodnocení technologické jakosti je nejdůležitější obsah sacharózy a melasotvorných látek. Řepa cukrová obsahuje cca 15-18 % cukru, max. 22 % (TAUFEROVÁ, 2014).

## 2.2 Zásady při pěstování řepy cukrové

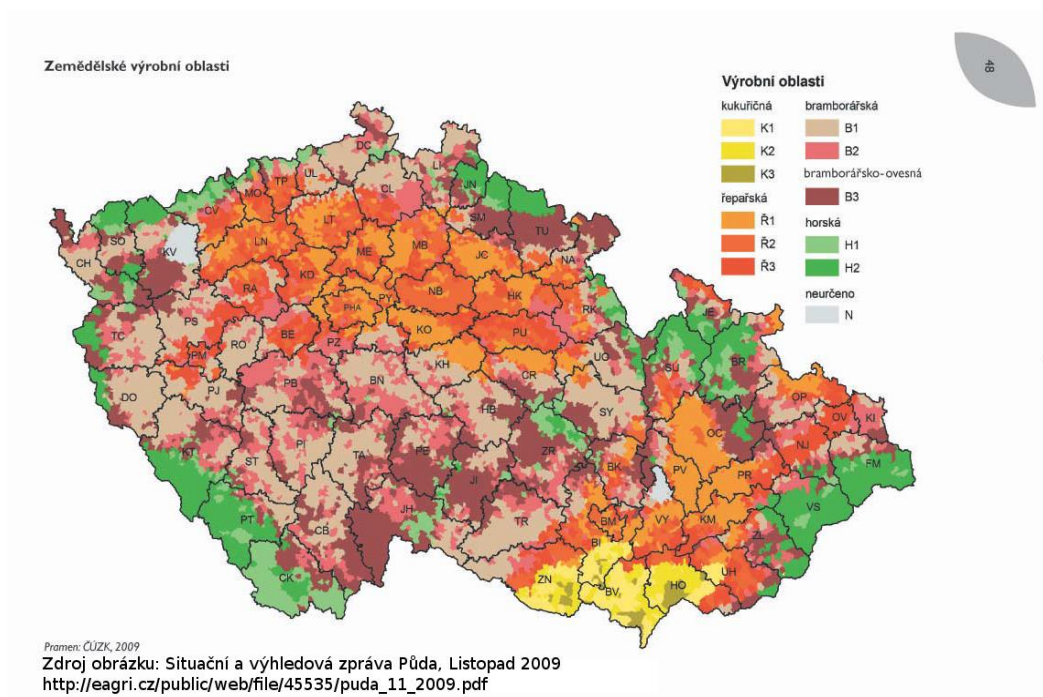
### 2.2.1 Stanoviště

V České republice rozlišujeme několik základních výrobní oblastí (Obrázek 2). Podle NĚMCE et al. (2009) dělíme oblasti takto:

- kukuřičná,
- řepařská,
- bramborářská,
- horská.

Jak je z výčtu oblastí patrné, nejvhodnější pro pěstování je oblast řepařská.

**Obrázek 2: Výrobní oblasti v České republice**



Zdroj: [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz)

Půda vhodná pro pěstování řepy cukrovky by měla mít optimální pórovitost, příznivý vzdušný a vodní režim a neutrální až slabě alkalickou půdní reakci. Obsah humusu by se měl pohybovat nad 2,5 %. Nejvyšších výnosů dosahuje řepa v klimatických regionech T3 a T2 v kombinaci s půdními typy hnědozem, černozem, luvizem a fluvizem. Z hlediska půdních druhů jsou vhodné půdy písčito-hlinité, hlinité až jílovito-hlinité (PULKRÁBEK et al., 2007).

### 2.2.2 Osevní postup

Pro pěstování řepy cukrovky platí určitá pravidla a na zřetel je nutné brát i určitá omezení. Jako vhodné předplodiny lze uvést ozimé obilniny. Naopak velmi nevhodnými jsou kukuřice, vojtěška a jeteloviny. PULKRÁBEK et al. (2007) zde jako důvod uvádí zhoršování jakosti řepy kvůli pozdnímu čerpání uvolňovaného dusíku a také horší vzházivost kvůli nerozloženým rostlinným zbytkům. Jako nevhodné plodiny jsou uváděny zejména kukuřice, řepka a hořčice, a to z důvodu možnosti šíření choroby rizoktonie (v případě kukuřice) a škůdce háďátka (řepka, hořčice). Porovnání vhodných a nevhodných stanovišť je uvedeno v Tabulce 2.

Sama řepa cukrová je využívána jako vhodná předplodina pro sladovnický ječmen. Dnes je ale známo, že zaorávání řepného chrástu může naopak sladovnickou hodnotu ječmene snížit. Chrást obsahuje velké množství dusíku, čímž zvyšuje obsah dusíkatých látek v ječmeni. Tím sice podporuje jeho odnožování, ale zároveň dochází ke zvyšování podílu nedozrálých zrn v klasu. Dalším negativem při pěstování cukrové řepy je riziko poškození herbicidy na bázi sulfonylmočoviny – použití u pšenice, která je předplodinou řepy. A naopak ethofumesát může poškodit následující obilninu. (PULKRÁBEK et al., 2007).

Pěstování řepy cukrové funguje jako významný přerušovač obilných sledů (tím snižuje infekční tlak houbových chorob). Zaorání chrástu zajistí přísun živin a organické hmoty do půdy. Další nespornou výhodou řepy je její schopnost prokořenit půdní profil až do hloubky 150 cm, čímž může odčerpávat nitrátový dusík z hlubších vrstev půdy. Ten je v těchto hloubkách pro jiné rostliny nedostupný a je zde riziko vyplavování do spodních vod (CHOCHOLA, 2010).



**Tabulka 2: Charakteristika vhodných stanovišť pro pěstování řepy cukrové**

Ukazatel	Vhodné stanoviště	Nevhodné stanoviště
<b>Půdní typ</b>	černozemě, hnědozemě nivní půdy (fluvizemě), rendziny (septosol) illimerizované půdy (luvizemě)	pleje, bažinaté půdy, hnědé půdy (kambizemě)
<b>Půdní druh</b>	písčito-hlinité půdy, hlinité půdy, jílovito-hlinité půdy	písčité půdy
<b>Půdní reakce (pH)</b>	6,8 až 7,3	pod 5,6 a nad 7,5
<b>Využitelný profil půdy (cm)</b>	nad 50	do 40
<b>Skeletovitost půdy (obj. %)</b>	do 2	Nad 2
<b>Sklonitost pozemku (%)</b>	Do 3	Nad 5
<b>Klimatický region</b>	T2, T3, MT1, MT2, MT3 průměrné roční teploty	od 7°C průměrná roční teplota vzduchu
<b>Vodní režim</b>	vyrovnaný	trvalá zamokření
<b>Náchylnost k erozi</b>	žádná nebo slabá	větší až vysoká
<b>Počet dní vegetace</b>	nad 180	Do 170
<b>Rezidua herbicidů</b>	žádná	triaziny, sulfonylmočoviny

Zdroj: upraveno, PULKRÁBEK et al., 2007

### **2.2.3 Příprava půdy a založení porostu řepy cukrové**

#### **2.2.4 Podzimní příprava**

Podzimní zpracování půdy má velice důležitý význam z hlediska zlepšení stavu půdy – fyzikální chemické i biologické vlastnosti. V minulých dobách se s podzimní přípravou spojovala hlavně orba. Nově je možno využít i alternativní bezorebné technologie.

##### **2.2.4.1 Klasická příprava s podzimní orbou**

Jde o nejstarší, ale stále využívaný způsob přípravy půdy. Po sklizni předplodiny se provede podmítka na 10-15 cm, střední orba a hluboká orba (až okolo 30 cm). Při tomto podzimním zpracování je vhodné zapravit do půdy i hnojiva – draselná, fosforečná a organická. Po poslední hluboké orbě se doporučuje nahrubo urovnat povrch zpracovávané půdy. K rozhodnutí o vhodnosti orby je důležité mít informaci o půdní vlhkosti. Při orbě za mokra nedochází k rozdrobení půdy, ale spíše k utužení, což vede ke zvyšujícím se nárokům na další jarní přípravu. Kromě větší náročnosti jarní předset'ové přípravy je zde i riziko zhoršení vzcházivosti semen a snížení výnosu až o 8,5 t (pozemky orané po 25.11.) (PULKRÁBEK et al., 2007).

##### **2.2.4.2 Příprava pomocí minimalizačních technologií**

V dnešní době se jedná o často využívaný způsob zpracování půdy. Nejvíce je však využíván v podnicích, kde se hospodář na těžkých mokrých půdách a kde by klasická orba znamenala vysoké zvýšení ekonomických nákladů.

Místo orby se používá pouze kypření. Samotné kypření je prováděno radličkovým kypřičem. První podmítka se provádí klasicky po sklizni na hloubku cca 10-15 cm, následně se provede podzimní kypření do hloubky od 20 do 30 cm. Půda je tedy zkypřena jako při orbě, ale nedochází zde k problémům s větší vlhkostí. Jedna z variant je i provedení hlubokého kypření v kratším časovém sledu po podmítce a následuje setí meziplodiny. V případě využití meziplodin je na jaře důležité rozdrčení zbytků meziplodin. Špatně zapracované zbytky meziplodiny jsou častým důvodem problémů při setí (CHOCHOLA, 2010).

Výhody a nevýhody minimalizačních technologií:

- Výhody
  - omezení utužení podorničí;
  - zlepšení hospodaření s vláhou;
  - omezení eroze (včasné zasetí meziplodin).
- Nevýhody
  - intenzivnější růst plevelů, což má za následek zvýšenou potřebu aplikace herbicidů,
  - pomalejší průběh mineralizace;
  - velké množství slámy v povrchovém horizontu, což u řepy způsobuje větvení kořenů;
  - nebezpečí výskytu slimáčků – opět zvýšená potřeba pesticidů (aplikace moluskocidů);
  - nedostatečná likvidace vytrvalých plevelů – nutnost použití totálních herbicidů (PULKRÁBEK et al., 2007).

Pro zpracování půdy však platí společná pravidla, bez ohledu na to, jaký způsob používáme:

- Půdu je třeba zpracovávat za příznivé vlhkosti – operace prováděné za mokra mají na půdu spíše negativní účinek (utužení půdy, zmenšení hloubky zpracování).
- Rovnání povrchu pole – obtížnost jarního zpracování půdy zvyšuje a vzcházivost semen zhoršuje hřebenovitost a velká hrudovitost, nestejněměrná výška ornice, výskyt rozorů a jakékoliv koleje.
- Rozrušení vrstvy podorničí – velký problém hlavně na souvratích,
- Zabránění opětovnému utužování půdy – lze vyřešit nebo alespoň zmírnit vyloučením pojezdu nákladních aut při sklizni, omezení vjezdů na pole, používat stroje se širšími pneu (CHOCHOLA, 2010).

### 2.2.5 Jarní zpracování

Po podzimním zpracování a využití následných účinků mrazu v zimním období je další agrotechnickou operací jarní zpracování půdy.

Je několik cílů, kterých tím chceme dosáhnout:

- zničení vzejitých plevelů,
- urovnání povrchu půdy,
- vytvoření výsevního lůžka,
- minimalizovat počet přejezdů po pozemku, a tím šetřit strukturu půdy, která se přes zimu vlivem mrazu vytvořila.

Při jarním zpracování je velmi důležité správné načasování. Pokud se s přípravou čeká příliš dlouho, dochází tím ke ztrátám vody v půdě a také zkrácení vegetační doby. Naopak ale každý dřívější vjezd na pozemek za příliš vysoké vlhkosti půdy vede k utužení a zničení půdní struktury.

Na jaře také řešíme problém s pleveli. Podle druhu plevelů a úrovní zaplevelení je třeba rozhodnout, zda bude postačovat mechanická likvidace (v případě nově vyklíčených rostlin), anebo zda bude nutné přistoupit k likvidaci chemické (většinou v případě používání minimalizačních technologií, na vzrostlé vytrvalé plevele přezimující od podzimu) (CHOCHOLA, 2010).

Hlavním cílem veškerého jarního zpracování půdy je tedy urovnání pozemku a příprava seťového lůžka. Půdu je nutné připravit tak, aby osivo vzcházelo stejnoměrně za dosažení co nejvyšší vzcházivosti.

Při předseťové přípravě pracujeme přibližně v hloubce následujícího výsevu – 3-5 cm. Pokud se použije kypření hlubší, je zde riziko nerovnoměrného vzcházení osiva. Samotnému setí by nemělo předcházet zbytečně moc předcházejících pracovních operací, protože půda méně zpracovávaná lépe drží vlhkost a je pórovitější. K této operaci – pokud to stav půdy dovolí – je nejvhodnější použití kombinátoru, na které poté přímo navazuje samotné setí (PULKRÁBEK et al., 2007).

Pro vlastní přípravu výsevního lůžka slouží předseťová kombinace – náradí s kypřícími, urovnávacími a utužovacími orgány. V konkrétním stroji je většinou možno jednotlivé funkce, jako je urovnávání, kypření a utužování, posílit či oslabit. Pro toto nastavení je důležité reagovat na druh a vlhkost půdy. Kombinátor současně

kypří půdu do 6–10 cm, zahrne drobné nerovnosti a prutovými válci vytvoří v hloubce 3–4 cm utužený horizont – ten botka secího stroje dotvoří na výsevní lůžko (CHOCHOLA, 2010).

PULKRÁBEK et al. (2007) shrnují důležité chyby, kterých je třeba se při předseťové přípravě vyvarovat:

- špatné promísení hnojiv s půdou
- špatné načasování přípravy (ať už pozdní, či předčasné);
- špatné zpracování půdy
- nevyužití strojů s nízkým měrným tlakem na půdu.

### 2.2.6 Setí

Optimální počet rostlin čítá 95 000 až 100 000 jedinců na ha. Aby se dosáhlo žádoucí hustoty porostu, je nutné brát při výpočtu výsevku v potaz vzcházivost semen. Ta se dnes pohybuje okolo 70–85 %, pokud je pole dobře připravené (PULKRÁBEK et al., 2007). V Tabulce 3 jsou uvedeny vzájemné vztahy parametrů setí, jako jsou výsevní vzdálenost, počet vysetých semen, vzešlost a počet rostlin po vzejití.

**Tabulka 3: Výsevní vzdálenost, vzešlost a počet rostlin po vzejití (meziřádková vzdálenost 45 cm)**

Výsevní vzdálenost v cm	Počet vysetých semen na ha	Vzešlost v %				
		50	60	70	80	90
16	138 889	69 445	83 333	97 222	111 111	125 000
17	130 719	65 360	78 431	91 503	104 575	117 647
18	123 457	61 726	74 074	86 420	98 766	111 111
19	116 959	58 480	70 175	81 871	93 567	105 263
20	111 111	55 556	66 667	77 778	88 889	100 000
21	105 820	52 910	63 492	74 074	84 656	95 238
22	101 010	50 505	60 606	70 707	80 808	90 909
23	96 618	48 309	57 971	67 633	77 294	86 956
24	92 893	46 297	55 556	64 815	74 074	83 334

Zdroj: CHOCHOLA, 2010

Cílem při zakládání porostu je dosažení kompletně zapojeného porostu, bez výskytu mezer a shluků rostlin. Mezery jsou úseky řádků, které nejsou obsazené na úseku delším, než je dvojnásobek výsevné vzdálenosti. Mezerovitost se poté vypočítá jako procentuální podíl na celkové délce řádku. Shluky jsou naopak místa, kde se vyskytují řepy rostoucí velmi blízko sebe. Oba případy mají na pěstování řepy negativní vliv. Při vysokém podílu mezerovitosti rostou sice bulvy větších rozměrů, ale ztrácejí tím cukernatost. Naopak v místech shluků je větší množství drobných bulev, ale ty jsou nevyzrálé a těžko sklíditelné (PULKRÁBEK et al., 2007).

Pro setí řepy se dnes používají přesné secí stroje pneumatické nebo mechanické. Aby se dosáhlo přesného výsevu, je důležité mít secí stroj správně seřízený. Výsevná botka musí být dostatečně ostrá. V případě, že jsou botky tupé, nedochází ke správnému vytvoření rýhy. Rýha musí být úzká, aby semeno mělo co největší možnost být v kontaktu s plochou půdy. Je to důležité zejména kvůli přívodu půdní vlhkosti kapilárami k semenu. Další důležité zařízení na secím stroji je zahrnovací ústrojí. To musí být seřízeno tak, aby správně zahrnovalo vysetá semena. Při setí je nutné zahrnování průběžně kontrolovat, aby nedocházelo k „vytahování“ semen na povrch půdy. Posledním důležitým faktorem při zakládání porostů je pojezdová rychlost. Obecně se doporučuje cca 6 km/hod, přičemž platí, že čím větší bude pojezdová rychlost, tím horší je přesnost setí (PULKRÁBEK et al., 2007).

Výběr vhodného termínu setí je důležitý pro výnos řepy. Při velmi časných termínech setí mnoho být vzcházející rostliny vystaveny riziku doznívajících mrazů, naopak při pozdním setí, cca po polovině dubna, už chybí půdní vláha. V našich podmínkách je vhodné vysévat řepu v termínech od cca 20. března do 15. dubna. Teplota půdy by v hloubce setí měla dosahovat alespoň 5 °C (PULKRÁBEK et al., 2007).

Proto je důležité jarní operace předset'ové přípravy naplánovat tak, aby se s přípravami začalo ihned, jakmile to stav půdy dovolí (především vlhkost půdy) a ihned po předset'ové přípravě by mělo následovat samotné setí.

Hloubka výsevu se běžně nastavuje na 2–3 cm. Opět se zde musí brát v úvahu momentální stav půdní vlhkosti při setí. Platí zde pravidlo: čím sušší půda, tím větší výsevní hloubku musíme zvolit. Na suchých půdách tedy můžeme set až do hloubky 4 cm. Naopak pokud provádíme setí za časného jara do vlhčí půdy, můžeme zvolit hloubku setí i menší než 2 cm (CHOCHOLA, 2010). Rozdíly viditelné při různých hloubkách setí znázorňují Obrázky 3 a 4.

**Obrázek 3: Správně zvolená hloubka setí**



Zdroj: www.kws.com

**Obrázek 4: Špatně zvolená hloubka setí**



Zdroj: www.kws.com

Řepa cukrová se zpravidla seje na meziřádkovou vzdálenost 45 cm. Velmi důležitá je volba výsevní vzdálenosti. Při jejím stanovení se musí počítat s kvalitou osiva, tím, jak je pozemek vhodně připravený k výsevu, pravděpodobnou vzcházivostí. Dnes se řepa cukrová běžně vysévá na vzdálenost 17–21 cm. Přepočteno se 1 ha rovná počtu 1,31 – 1,06 výsevních jednotek (PULKRÁBEK et al., 2007). Výsevy na kratší vzdálenosti se většinou doporučují na polích, kde byly v minulosti problémy s mezerovitostí. Naopak, tam kde na poli máme k dispozici ideální podmínky a vzcházivost osiva se pohybuje ve vysokých procentech, můžeme volit větší konečnou výsevní vzdálenost (CHOCHOLA, 2010).

Při samotném setí je důležitá důsledná:

- kontrola rovnoměrného úbytku osiva v zásobníku
- kontrola ostrosti botek na výsevním ústrojí
- kontrola sečky a jejich jednotlivých částí
- kontrola vysetého osiva (hloubka, vzdálenost, ...)



### 2.2.7 Výživa a hnojení

Správnou výživou rostlin můžeme u řepy, stejně jako u ostatních plodin, velmi ovlivnit její výnos. V minulých dobách se často používalo hnojení fosforem a draslíkem tzv. do zásoby, z čehož se v nynější době v mnoha podnicích ustupuje. Následkem toho je však možné pozorovat na některých honech snižování výnosů. Hnojení dusíkem a mikroelementy je směřováno přímo k řepě, jelikož ta je na množství živin a jejich správnému načasování aplikace velmi specifická. Cukrová řepa má na hnojení velmi specifické nároky. Při tak velkém výnosu biomasy odebírá z půdy i velké množství živin. Naproti tomu je však jakékoliv nadměrné hnojení neefektivní, až škodlivé – zvyšuje ekonomické nároky a zhoršuje následné zpracování bulev na cukr. Také u hnojení dusíkem je třeba zohlednit jeho zásobu v půdě a zbytečně nepřehnojovat. Nadbytkem dusíku se podporuje růst zelené hmoty – listů a top na úkor velikosti bulev a zároveň se snižuje cukernatost (PULKRÁBEK et al., 2007).

Způsob, jak hnojit řepu cukrovku, nevychází jen z potřeby řepy samotné, ale je nutné brát v úvahu zásobení půdy živinami a tím, jak se vytvářeli podmínky po celou dobu hospodaření na daném pozemku. Zde je třeba uvést důležitost pravidelného provádění agrochemických zkoušek půd. Jedině tak lze docílit vyváženého hnojení a na to navazujícího výnosu dané plodiny. Hnojení vápníkem, fosforem a draslíkem provádíme ideálně ihned po sklizni předplodiny. Hnojiva se tak lépe zapraví do celého půdního profilu. Naopak dusík a hořčík je nutné aplikovat na počátku vegetace, jelikož se z půdy snadno vyplavují (CHOCHOLA, 2010).

Hnojení organickými hnojivy je nezbytnou součástí pěstování řepy cukrovky. Nejčastějšími a také nejvhodnějšími hnojivy jsou hnůj a kompost. Nyní se k těmto 2 druhům hnojiv přidává ještě tzv. zelené hnojení. Dávka hnoje se pohybuje okolo 40t·ha<sup>-1</sup>, nicméně důležitější je termín zaorání. Nejvhodnější pro přeměnu hnoje a vytváření dobré půdní struktury je zaorávka během září. V případě, že se hospodáří na těžkých nebo suchých půdách, využívá se možnost zaorání hnoje k předplodině. Stejně tak můžeme po sklizni přímo na slámu aplikovat kejdu, používají se i lihovarské výpalky (PULKRÁBEK et al., 2007).

V Tabulce 4 je možné porovnat odběr jednotlivých živin řepy cukrové v průběhu celé vegetace.

**Tabulka 4: Odběr hlavních živin řepou cukrovou během vegetace**

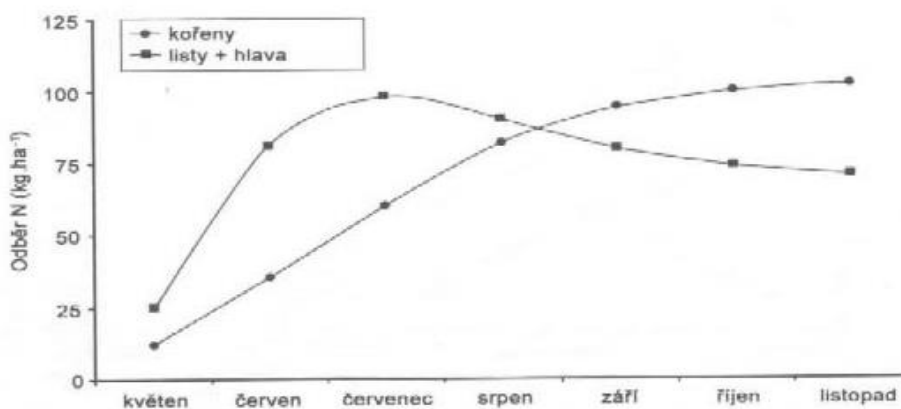
	Dny po vzejití	30	60	90	120	150	180
Dusík v kg·ha <sup>-1</sup>	0	2	10	19	242	257	570
Fosfor v kg·ha <sup>-1</sup>	0	0,2	10,	21,	28,5	34,3	35,5
Draslík v kg·ha <sup>-1</sup>	0	3	14	30	362	363	373

Zdroj: upraveno, PULKRÁBEK et al., 2007

### 2.2.7.1 Dusík

Řepa cukrová je schopna přijímat dusík v nitrátové formě. Na přehnojení je velice citlivá a vede k poklesu výnosu a cukernatosti. Nadbytek dusíku lze poznat vizuálně podle barvy listů, jsou temně zelené s velkým zvlněním čepelí. Nedostatek dusíku je naopak signalizován zesvětlením listů, jejich menší velikostí, ztenčením řapíků a rychleji stárnoucími okraji listů (BARBANTI et al., 2007). Projevy nedostatku dusíku můžeme pozorovat i na půdě prakticky dobře dusíkem zásobené, nicméně vlivem nedostatečně rozložené organické hmoty nebo za výraznějšího sucha nemusí být distribuce dusíku do rostlin stejnoměrná. Dochází zde k tzv. „pásování“ (kopíruje zpracování půdy a zaorávání slámy) (BITTNER, 2012a). Graf na Obrázku č. 5 ukazuje rozdílnou distribuci dusíku do listů a kořenů v závislosti na délce vegetačního období.

**Obrázek 5: Distribuce dusíku do kořenů a ostatních částí rostlin podle Draycott (2008)**



Zdroj: www.kiwi.mendelu.cz

Při použití amonného či amidického dusíku v době vzcházení riskujeme poškození vzcházejících rostlin. Proto je výhodnější dusíkatá hnojiva těsně před setím vynechat a využít možnost hnojení nitrátovým hnojivem – ledky. Vzhledem k tomu, že půdy bývají zásobené dusíkem dostatečně z předešlých operací, postačuje v praxi jedno přihnojení během nástupu jara do počátku května. Pokud je potřeba použít dávku vyšší, je nutné ji rozdělit na 2 aplikace. Je důležité aplikovat poslední dávku nitrátového dusíku maximálně do konce května. Pozdní aplikace už neovlivní výnos, a naopak může podstatně zhoršit jakost sklizené řepy (PULKRÁBEK et al., 2007).

Dusík hraje ve výživě cukrové řepy důležitou roli. Je nezbytný pro růst biomasy cukrové řepy. Pro dostatečnou tvorbu chrástů je potřeba cca 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Proto je nezbytné, aby ho bylo v půdě dostatek hned od počátku vegetace, kdy převládá růst chrástu nad růstem kořene (MALNOU et al., 2008).

Řepa cukrová vykazuje během vegetace rozdílné nároky na odběr dusíku. Nejvíce je dusík z půdy odčerpáván během intenzivního růstu v květnu až červnu. Spotřeba se zde uvádí až 5 kg dusíku·ha<sup>-1</sup>/den. Poté příjem dusíku klesá až na úroveň cca 1 kg dusíku·ha<sup>-1</sup>/den (HŘIVNA et al., 2003).

### 2.2.7.2 Draslík

Draslík je za obvyklých okolností nejrozšířenější živinou. Jeho dostupnost pro cukrovou řepu závisí na jeho koncentraci v půdě. Kationt draslíku ovlivňuje několik důležitých funkcí:

- dýchání
- látkovou výměnu
- vodní režim
- enzymatickou aktivitu
- fotosyntézu (WAKEEL et al., 2010).

Řepa cukrová přijímá draslík během celé vegetace, nejvíce se kumuluje v kořenech a listech (HŘIVNA et al., 2003). Nadbytek draslíku má stejně jako u dusíku negativní vliv na cukernatost. Nedostatek se projevuje nejprve stáčením okrajů listů a jejich žloutnutím až nekrotizací, poté růstem drobných až zakrslých listů (BITTNER, 2012a).

### **2.2.7.3 Fosfor**

Fosfor je řepou přijímán jako ortofosfát, poté se ale uplatňuje jako fosforečná skupina (PULKRÁBEK et al., 2007). Přijímán je v anorganické formě a v organizmu plní důležitou roli přenašeče energie (TERRY et al., 1973). Rostlinami je fosfor přijímán téměř během celé vegetace, zpravidla až do září. Příznaky nedostatku fosforu se neprojevují také často. Pokud je zásobení fosforem nedostatečné, objevují se na listech načervenalé skvrny a řapíky jsou vztyčené. Červenohnědá nekróza vzniká ihned bez předchozího nažloutnutí. Kromě listů je možné pozorovat změny i na kořenech – typická je tzv. vousatost kořenů (BITTNER, 2012a).

### **2.2.7.4 Hořčík**

Hořčík je v rostlinách jedním z významných prvků. Závisí na něm syntéza bílkovin, regulace pH, je součástí syntézy chlorofylu, má vliv na aktivaci některých enzymů. Pokud se hořčík vyskytuje v rostlinách v dostatečném množství, příznivě to ovlivňuje růst a cukernatost. Má také vliv na samotný výnos. Hořčík je přiváděn do všech částí rostlin (HŘIVNA et al., 2003).

Deficit hořčíku můžeme zaznamenat změnou barvy na starších listech. Mění se jak barva samotného listu, tak i jeho žilnatina, a to zejména na okrajích. Oproti projevům nedostatku fosforu se s deficitem hořčíku můžeme v našich zeměpisných šířkách setkat mnohem častěji. Aplikovat hořečnaté hnojivo poté můžeme jak na podzim do půdy, tak i během vegetace postřikem na list (BITTNER, 2012a).

### **2.2.7.5 Síra**

Dalším významným prvkem v oblasti výživy rostlin je síra. Je obsažena v bílkovinách, enzymech, aminokyselinách a vitamínech. Rostliny neumí přijímat síru vázanou, ale pouze tu, která je přeměněna do formy síranové. Kromě síranů obsažených v půdě jsou rostliny schopné také přijímat síru ze vzduchu. V dnešní době jsou ale emise síry ve vzduchu omezeny takovým způsobem, že kvůli tomu může docházet častěji k deficitu tohoto prvku (RYANT et al., 2007). Nedostatek síry, stejně jako jiných důležitých prvků, má negativní vliv na výnos a kvalitu bulev – snížení výtěžnosti cukru (HŘIVNA et al., 2003).

### **2.2.7.6 Vápník**

Vápník má ve výživě rostlin 2 důležité úkoly. Jednak představuje jeden z významných výživových prvků a pak se také podílí na pH půdy. Cukrová řepa se převážně pěstuje na půdách neutrálních až kyselých. Vápník má při pěstování řepy význam především z hlediska regulace iontové rovnováhy, metabolismu sacharidů a např. na osmoregulaci. Aby se řepa správně vyvíjela, je třeba zajistit příjem kontinuální. Deficit vápníku se projevuje špatným vývojem plochy listů (DRAYCOTT, 2008).

### **2.2.7.7 Bór**

Bór je jedním z důležitých mikroprvků podílejících se v rostlinách hlavně na metabolismu cukrů a buněčném dělení. K hromadění bóru dochází zejména v koncích listů, kde může být koncentrace až 10krát vyšší než v ostatních částech listů. Jeho další funkce dále spočívá v přístupnosti vápníku. Pokud totiž mají rostliny nedostatek bóru, nejsou schopny využít vápník i přesto, že je v půdě v dostatečném množství. Naopak příjem bóru je limitován obsahem draslíku (vyšší obsah draslíku = lepší příjem bóru) a také hodnotou pH (kyslejší pH = lepší příjem bóru) (HŘÍVNA et al., 2014). Nedostatek tohoto prvku se projevuje už na mladých listech. Ty jsou „pomačkané“, křehké, zůstávají drobné, později se objevuje skvrnitost na listech i kořenech. Dochází k odumírání listů, v hlavě bulvy dochází ke vzniku dutiny. Obecně se tento jev označuje termínem suchá srdéčková hniloba. V některých případech dochází k nekrotickým prasklinám na čepeli listů (BITTNER, 2012a).

## **2.2.8 Ochrana před škodlivými činiteli**

Řepa cukrová je v průběhu celého vegetačního období ovlivňována různými škodlivými činiteli. Tyto činitele dělíme do 3 skupin: škůdce, choroby a plevel. Klíčové období pro sledování výskytu těchto škodlivých činitelů je zejména během vzcházení a ve velmi raných stádiích vegetace, kdy jsou rostlinky velmi náchylné na napadení škůdci a chorobami a zároveň mají velmi malou konkurenční schopnost vůči plevelům (MINX et al., 1994).

Pro ochranu vzcházející řepy je nejdůležitější aplikace insekticidů a využití mořeného osiva. Tato opatření chrání řepy před prvními nálety škůdců a výskytem

chorob. Pokud je ale výskyt škodlivých činitelů i přes použití mořeného osiva vysoký, musí se přistoupit k aplikaci pesticidů postřikem (PULKRÁBEK et al., 2007).

### 2.2.8.1 Škůdci

Z rostlinolékařského pohledu je řepa náročná na ochranu před škůdci, jelikož je jimi napadána od vzejtí po celou dobu tvorby výnosu. Škůdce řepy můžeme dělit na savé a žravé. V dřívějších dobách byly škody způsobené zejména škůdci napadajícími vzcházející a velmi mladé rostlinky. Tento problém je nyní potlačen možností používání mořeného osiva. I přesto je nutné porosty řepy chránit před zvyšujícím se tlakem škůdců, kteří poškozují rostliny i v pozdějších fázích růstu. Jako ochranu před napadením škůdci je možné využít výše zmíněné moření osiva, dále v průběhu vegetace postřik příslušnými přípravky na ochranu rostlin a zároveň je třeba už jen z preventivních důvodů dodržovat agrotechnické postupy a stanovovat správné osevní postupy. Jako příklady známých škůdců lze uvést rod dřepčίκů, mšice nebo háďátka řepné (TÓTH et al., 2017).

### 2.5.2.2 Choroby

Mezi nejčastěji se vyskytující choroby můžeme zařadit virové žloutenky, kde v našich podmínkách řepu mohou napadnout 2 viry. Jedná se o clostervirus žloutenky řepy a izometrický luteovirus mírného žloutnutí řepy. Dále se zde můžeme setkat s kadeřavostí a rhizománií řepy (BITTNER a BĚHAL, 2010). Kromě virů mohou řepu napadnout i bakterie, které napadají listy i kořeny. Na kořenech způsobují hnilobu a nádorovitost kořenů, například kvůli bakterii rodu *Erwinia*. Dále můžeme u řep pozorovat poškozenou kůru kořenů, která může být zdrojem pro sekundární napadení dalšími patogeny. Toto poškození mají na svědomí aktinomycety (BITTNER, 2012b).

Nově se v porostech řepy vyskytuje choroba nízké cukernatosti. Projevuje se žloutnoucími listy, které později nekrotizují a vyskytují se téměř po celém poli. Choroba je nejspíše přenášena křísem *Pentastiridius beier* (BITTNER a BĚHAL, 2010).

### 2.2.8.2 Plevelle

V porostech řepy cukrové se vyskytuje velmi široké spektrum plevelů, proto je ochrana proti nim velice náročná. Podle BITTNERA a BĚHALA (2010) je při použití herbicidů důležité zohlednit stav porostu, vzít v úvahu vývoj počasí a dodržovat aplikační dávky použitých přípravků. Herbicidy aplikujeme ideálně ve 3 termínech: při vzcházení, ve fázi 2. pravého listu s ve fázi 4. pravého listu. Mezi nejčastěji se vyskytující plevelle v porostech řepy můžeme zařadit merlík bílý, ježatku kuří nohu a kokotici rolní. Dále se v porostu mohou vyskytovat výdroly předplodin. Na rychlost vzcházení plevelů mají vliv hlavně teplota a vlhkost půdy a celkové povětrnostní podmínky (JURSÍK et al., 2014).

## 2.3 Půda a půdní organická hmota

### 2.3.1 Charakteristika a význam půdní organické hmoty

V odborné literatuře můžeme nalézt nepřehledné množství definic půdní organické hmoty. Podle SOTÁKOVÉ (1982) je půda složitým systémem organických látek různého původu, které mají různé složení, různou aktivitu a vyskytují se v půdě ve vzájemných různých interakcích. BALDOCK a NELSON (2000) ji definují 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 globálním pojetí je půdní organická hmota tvořena půdními organismy a dalšími organickými látkami, které lze rozdělit na živou a neživou část a mají zároveň vliv na celkovou biologii půdy, transformaci organických látek na ostatní sloučeniny v půdě atd. (POSPÍŠILOVÁ a VLČEK, 2015).

Pojem půdní organická hmota lze také definovat jako soubor všech neživých organických látek, které se nacházejí v půdě nebo na půdním povrchu a které mají velmi důležitý vliv na půdní vlastnosti a samotnou úrodnost půdy (LEDVINA et al., 1999).

Další definici uvádí KUBÁT et al. (2008), kteří do půdní organické hmoty zahrnují živé organismy, jako jsou kořeny rostlin, mikroorganismy, odumřelé mikro a makro organismy, rozpustné organické látky a humus. Dále zahrnují velmi

významnou skupinu nehumusových látek, jako jsou huminové kyseliny, fulvokyseliny a humin a zuhelnatělé organické látky.

To, že má půdní organická hmota nezanedbatelný význam pro kvalitu půdy a její úrodnost, je známo od nepaměti. Příznivě ovlivňuje chemické a fyzikální vlastnosti půdy a je také podmínkou pro existenci bohatého a rozmanitého půdního života. Z agronomického hlediska má půdní organická hmota příznivý účinek na produktivitu půdy i pro stabilitu výnosů. Dalším z významných pozitiv vysokého obsahu půdní organické hmoty je vyšší schopnost odolávat výkyvům počasí nebo jiným biotickým či abiotickým faktorům (KUBÁT et al., 2008).

Půdní organická hmota také pomáhá k vytvoření drobtovité struktury půdy, zpřístupňuje vodu rostlinám a zlepšuje samotné zadržetí vody v půdě. Kromě zpřístupnění vody zajišťuje také správný koloběh živin. Půdní organická hmota má společně s jílovými minerály důležitou funkci při udržení živin v kořenové zóně. Z hlediska poskytnutí živin je půdní organická hmota hlavním zdrojem dusíku, fosforu a síry. Díky rozkladu půdní organické hmoty dochází k uvolnění živin a ty se stávají pro rostliny přístupnější. Kromě výše vyjmenovaného je půdní organická hmota také zdrojem potravy pro půdní mikroorganismy (BRADY a WEIL, 2002).

Mimo tyto funkce agronomického významu můžeme zmínit i význam půdní organické hmoty z hlediska životního prostředí. Jak uvádí KUBÁT et al. (2008), půdní organická hmota je důležitá zejména z důvodu akumulace organického dusíku a jeho uvolňování do půdy.

### **2.3.2 Dělení půdní organické hmoty**

Organická část půdního systému je tvořena živou a neživou částí. Obě tyto složky jsou významné, jsou na sobě závislé, vzájemně se podmiňují. Působí na celkovou biologii půdy, procesy mineralizace, transformace organických látek na ostatní sloučeniny v půdě (POSPÍŠILOVÁ a VLČEK, 2015).

Podle KOLÁŘE et al. (2014) můžeme půdní organickou hmotu rozdělit na živou část – kořeny rostlin a půdní edafon a část neživou – primární půdní organickou hmotu a humus.

Bakterie, houby, aktinomycety, sinice a další můžeme považovat za nejaktivnější složky živé části půdy. Ty se podílí na rozkladných a transformačních procesech probíhajících v půdě. Kromě výše vyjmenovaných můžeme zmínit ještě samotné



rostliny. Utvářením kořenového systému, prokořeněním profilu půdy a jeho mohutností je ovlivněna celá řada procesů v období vegetace. Velmi důležitý je také vliv kořenových exudátů a působení rhizosféry (prostředí v těsné blízkosti kořenů) (ČERNÝ et al., 2009).

Za primární organickou hmotu můžeme označit rozložené i nerozložené kořenové zbytky, kořenové exsudáty, opady listů, posklizňové zbytky, organická hnojiva i odumřelé mikro a makroorganismy. Primární organická hmota se vyskytuje ve formě nerozložené i ve formě rozložené. Důležité je to, že prozatím nedošlo k humifikaci. Jako největší zdroje primární organické hmoty můžeme uvést právě výše zmíněné kořeny rostlin a jejich exsudáty. Dalším významným zdrojem jsou organická hnojiva, kam patří zelené hnojení, kompost, hnůj, ... (KOLÁŘ et al., 2014).

**Tabulka 5: Obsah organických látek a živin v zeleném hnojení**

Druh hnojiva	Obsah organických látek a živin v čerstvém stavu (%)					
	Org. látky	dusík	Fosfor	draslík	hořčík	vápník
<b>Jetel</b>	18	0,56	0,18	0,31	0,14	0,43
<b>Hořčice</b>	11	0,52	0,05	0,40	0,04	0,39
<b>Lupina/vikev</b>	19	0,53	0,15	0,55	0,16	0,45
<b>Vikev</b>	16	0,56	0,13	0,43	0,10	0,35
<b>jetelotráva</b>	23	0,52	0,07	0,62	0,04	0,13

Zdroj: Kolář et al., 2014

Primární organická hmota je často označována za dynamickou část organické hmoty v půdě, která může vykazovat kolísání obsahu podle přísunu organických látek do půdy a průběhu mikrobiálních procesů. Takže pokud se mění obsah organických látek v půdě, tak je to právě tato část (ČERNÝ, 2009).

Abychom v půdě udrželi nebo zvýšili podíl primární organické hmoty, je třeba dodržovat správné agrotechnické postupy, v osevních sledech zařazovat rostliny zanechávající v půdě větší množství kořenové hmoty a pravidelně do půdy dodávat organická hnojiva (KOLÁŘ et al., 2014).

Dle KOLÁŘE et al. (2014) je humus zásobárnou živin, má vliv na zadržování živin v půdě, na strukturu půdy, na její tepelný režim a chemické vlastnosti. Humus dělíme do dvou skupin: humusové a nehumusové látky.

BRTNICKÝ et al. (2015) uvádí, že nehumusové látky jsou látky organické povahy, lehce odbouratelné a rozložitelné. Do skupiny těchto látek můžeme zahrnout organické kyseliny, glycidy, pektiny atd. Naopak humusové látky se vyznačují vysokou odolností vůči biologickému rozkladu a jsou složeny z organických sloučenin. Do skupiny humusových látek se řadí huminy, huminové kyseliny a fulvokyseliny.

Humusové látky vznikají v procesu humifikace převážně v rozpustné formě a v prostředí se vyskytují v relativně nízkých koncentracích. Pro humusové látky je typické, že se vliv na metabolismus rostlin projeví již při jejich velmi nízké koncentraci v půdním roztoku. Zvýšení koncentrace humusových látek přinese zvýšený efekt na rostliny jen tehdy, zvýší-li se současně úroveň i dalších vnějších faktorů, například minerálních živin nebo slunečního svitu. Humusové látky se podílejí na zlepšení podmínek výživy rostlin i tím, že se zúčastňují chelatizace prvků biologického významu. Tvoří chelátové vazby s mědí, železem i dalšími kovy a optimalizují tak podmínky výživy rostlin stopovými prvky. Kovové kationty se mohou na humáty vázat i povrchově a jejich prostřednictvím se pak mohou vytvářet komplexy, v nichž je molekula humátu přes kov vázána například s aniontem fosfátu. Tyto vazby zabraňují vzniku nerozpustných sloučenin fosforu a zlepšují tak přijatelnost fosfátů pro rostliny (VRBA a HULEŠ, 2006). Vybrané chemické vlastnosti humusových látek shrnuje Obrázek 6.

**Obrázek 6: Chemické vlastnosti humusových látek**

Humusové látky (pigmentované polymery)				
Fulvofyseliny		Huminové kyseliny		Huminy
Světle žlutá	Žluto hnědá	Tmavo hnědá	Šedo černá	Černá
—————		—————		—————
—————		—————		—————
2 000	—————	—————	—————	300 000 ?
45%	—————	—————	—————	62%
48%	—————	—————	—————	30%
1 400	—————	—————	—————	500
—————		—————		—————
Chemické vlastnosti humusových látek (Stevenson 1982).				

Zdroj: web2.mendelu.cz

Huminy vznikají reakcí huminových kyselin a jílových minerálů. Barva huminů je středně až tmavě hnědá. Jedná se o nerozpustné formy huminových kyselin a ze všech složek humusu jsou prozatím nejméně prozkoumané (POSPÍŠILOVÁ, 2015).

Jedná se o vývojově nejstarší složku organické půdní hmoty. Huminy mají v půdě funkci převážně tmelící – tvoří půdní strukturu a organominerální komplex. Ve vysoké koncentraci je můžeme nalézt v černozemích, naopak nízký obsah je v podzolových půdách. Z hlediska výživy rostlin nemají významný vliv. Huminové kyseliny mají velmi tmavou barvu. Jsou ve vodě slabě rozpustné a silně ovlivňují kationtovou výměnou kapacitu, pufrční schopnost půd, a tím i půdní úrodnost. Pokud se vyskytují v nasyceném stavu, jedná se o látky velmi stálé a velmi odolné vůči mineralizaci (JANDÁK et al., 2010).

Prakticky významné a fyziologicky účinné jsou vodorozpustné soli huminové kyseliny, tedy alkalické nebo amonné humáty. Jejich význam spočívá především v přímém ovlivnění rostlinného metabolismu. Rozpustné humáty předávají rostlině energii, kterou rostlinný organizmus dovede využívat k různým metabolickým procesům. V přítomnosti těchto látek rostlina efektivněji využívá podmínek prostředí, především minerálních živin. Ve většině testovaných případů bylo zjištěno, že se vlivem humátů zvyšuje příjmová kapacita rostliny pro minerální ionty. Rostlina také lépe odolává nepříznivým vnějším vlivům a vytváří i více biomasy, což v praxi znamená vyšší výnos (VRBA a HULEŠ, 2006).

Fulvokyseliny jsou látky nižší molekulové hmotnosti se žlutou barvou, jsou dobře rozpustné ve vodě a snadno tvoří rozpustné komplexy. Jsou také ale lehce vymyvatelné z půdního profilu. Jako zajímavost lze uvést fakt, že v laboratorních podmínkách v akvakulturách byl pozorován vysoký stimulační efekt, který se ale v půdních podmínkách v několika experimentech nepotvrdil. (VRBA a HULEŠ, 2006).

Kromě výše zmíněných složek můžeme jako další složku humusových látek zmínit i humusové uhlí. Jedná se o vývojově nejstarší složku organické půdní hmoty, velice tmavé barvy bohatá na uhlík a dusík. Vzniká stárnutím humusu a již se neúčastní žádných chemických ani biologických reakcí v půdě. Proto je pro biologickou funkci půdy a samotnou výživu rostlin nevýznamná.

Složky humusu mají různou stálost. Z Tabulky 6 je zřejmé, že za nejstálejší složku můžeme považovat huminy, zatímco fulvokyseliny jsou složkou nejméně stálou.

**Tabulka 6: Stabilita jednotlivých složek humusu**

Složka	Fulvokyseliny	Huminové kys.	Huminy
<b>Poločas rozpadu</b>	desetiletí	600-300 let	3000 let a více

Zdroj: KOLÁŘ et al., 2014

## 2.4 Přeměny organických látek v půdě

Dle KOLÁŘE et al. (2014) probíhají v půdách rozkladné procesy aerobní a anaerobní. Aerobní procesy převládají ve vrchních vrstvách půdy, anaerobní procesy probíhají typicky v mokřadech a glejovitých půdách, kde je obsah půdního kyslíku velmi malý. Intenzita rozkladu a syntézy závisí na několika faktorech:

- výživném režimu,
- pH,
- zrnitosti půdy,
- biologické aktivitě,
- vodním a tepelném režimu,
- přístupu vzduchu.

Je prokázáno, že v lehčích půdách a při vyšších teplotách (v létě) probíhají přeměny rychle.

Mezi základní procesy přeměn půdní organické hmoty, jež probíhají v půdě, řadíme mineralizaci, humifikaci a ulmifikaci.

### 2.4.1 Mineralizace

Procesem mineralizace se rozumí pomalé spalování, jehož produktem je oxid uhličitý a minerální živiny. Jedná se o exotermický, rozkladný proces (ČERNÝ, 2019).

V půdě má mineralizace různou intenzitu a podléhá jí až 80 % podílu organických látek. Proces mineralizace můžeme rozdělit na primární (závislá na chemickém složení, trvá týdny až několik let) a sekundární (rozklad humifikovaných organických látek, velmi pomalý proces) (GOBAT et al., 2004; JANDÁK et al., 2014).

Při primární mineralizaci dochází k rozkladu cukrů, polysacharidů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Při tomto procesu vznikají plyny  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  a další, které jsou vázány na sorpční půdní komplex a následně slouží jako zdroj výživy rostlin. Průběh mineralizace je poměrně rychlý, jak bylo zmíněno výše, trvá v řádech dnů až let, v závislosti na vnějších podmínkách. Naopak při sekundární mineralizaci, kdy dochází k humifikaci organických zbytků, hovoříme o několika desetiletích až staletích (<http://web2.mendelu.cz>).

#### **2.4.2 Humifikace**

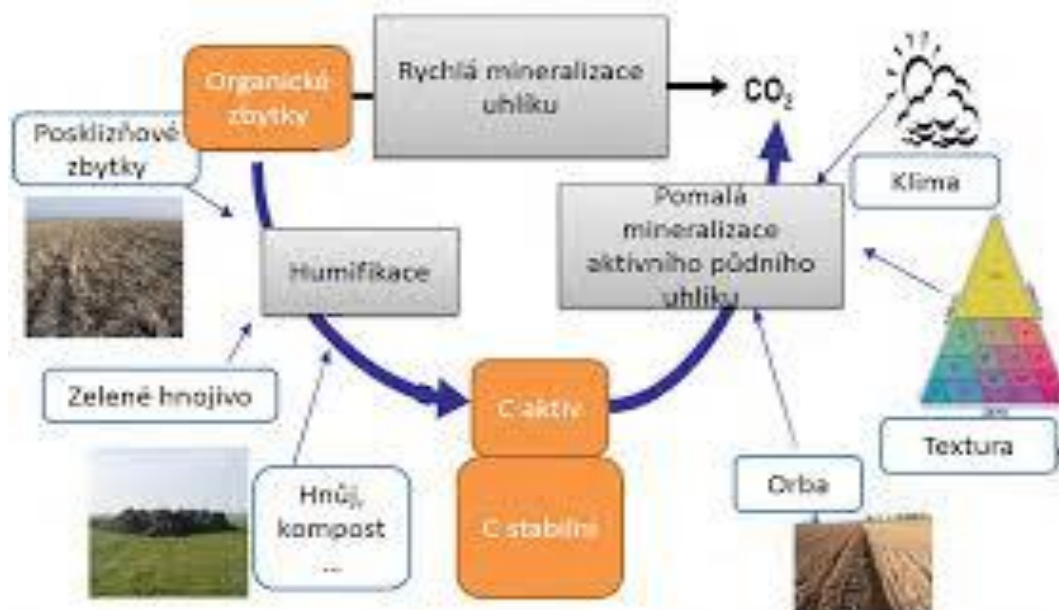
Proces humifikace je velmi těžké zobecnit. Jde totiž o složitě probíhající proces. Jak uvádí KOLÁŘ et al. (2014), jedná se o proces, kde se postupně transformuje primární půdní organická hmota na velmi specifické látky tmavé barvy. Tyto látky mají převážně koloidní charakter a vysokou molekulovou hmotnost a nazýváme je humus. Při samotné humifikaci jsou nejlépe využity kořenové exsudáty. Jde o reaktivní organické látky schopné se účastnit organických reakcí, při kterých humus vzniká. Co se týče rychlosti přeměn ostatních zdrojů organických látek, probíhá u nich syntéza pomaleji. Proces je ovlivňován změnami půdních podmínek, a to zejména střídavým vysycháním a zvlhčováním. Proces probíhá střídavě za anaerobních a aerobních podmínek.

TOMÁŠEK (2007) humifikaci definuje jako mikrobiální a chemický proces, kde dochází k přeměně organických zbytků, přičemž výsledným produktem je humus. Proces humifikace můžeme podle GOBAT et al., (2004) rozdělit na 3 různé způsoby, jak může probíhat:

- zděděním – nejodolnější sloučeniny, které se uvolní během fragmentace organických zbytků, se rovnou začlení do humusového komplexu;
- polykondenzací – jednoduché sloučeniny jsou polykodenzované do větších molekul;
- bakteriální syntézou – organické molekuly jsou za pomoci mikroorganismů přeměněny a vyloučeny jako velmi stabilní polysacharidy.

Rozklad organických zbytků znázorňuje Obrázek 7.

**Obrázek 7: Proces mineralizace a humifikace**



Zdroj: [www.vuchs.cz](http://www.vuchs.cz)

### 2.4.3 Ulimifiakce

Ulimifikace neboli rašelinění je proces, kdy dochází k biochemickým a enzymatickým reakcím. Jelikož se jich účastní anaerobní bakterie, jedná se o anaerobní proces. Dalšími důležitými faktory, které podmiňují proces ulimifikace, jsou:

- nedostatek živin,
- absence vyšších teplot,
- kyselé pH,
- zamokření, vysoká vlhkost.

Následně vzniklé látky mají tmavou barvu, obsahují velmi málo živin, jsou kyselé a obsahují mnoho uhlíku. V návaznosti na tento proces může dojít až ke vzniku humusového uhlí, díky procesu zvanému karbonizace (JANDÁK et al., 2010).

## 2.5 Dehumifikace půdy

Pojmem dehumifikace označujeme úbytek humusu v půdě. Úbytek organické hmoty je způsoben několika faktory. Jako jeden z faktorů můžeme uvést už samotný odvoz plodin a následně rostlinných zbytků po sklizni. Mezi další faktory patří například eroze, trvalejší zamokření a vysoušení. Eroze, a to ať už větrná nebo vodní, způsobuje přímý odnos organických látek z půdy. Vysoká vlhkost nebo naopak suchá období urychlují proces mineralizace (TUF, 2013).

Důsledky dehumifikace půdy podle MZe:

- ztráta stability půdních agregátů;
- větší zranitelnost vodní a větrnou erozí;
- snížení pufrací schopnosti půdy a vzrůst zranitelnosti acidifikací;
- snížení filtrační schopnosti a snížení retenční kapacity;
- snížení poutání kontaminujících látek a obecně zvýšení jejich mobility;
- snížení poutání živin;
- zvýšení obsahu dusičnanů v půdě s časově omezeným vlivem na výživu rostlin a s negativním dopadem na hydrosféru;
- snížení produkční schopnosti půdy v důsledku všech předchozích bodů;
- snížení biologické aktivity v půdě (MZe, 2020).

Abychom předešli těmto výše zmíněným jevům a aby nedocházelo ke snižování půdní organické hmoty, musí být tento úbytek nějakým způsobem vykompenzován. Dle ZÁHORY et al. (2015) můžeme obsah půdní organické hmoty zvýšit například:

- pestrostí osevního postupu,
- zapravením posklizňových zbytků na pozemek,
- do osevního postupu zařadit zlepšující plodiny (leguminózy, víceleté pícniny),
- využívat možnost podsevů, meziplodin a smíšených kultur

## 2.6 Půdní organická hmota a její kvalita

Kvalitu půdní organické hmoty lze hodnotit podle několika kritérií. Jako příklad můžeme uvést celkový obsah uhlíku, dusíku a jejich vzájemný poměr. Dále je možné stanovit obsah huminových kyselin, fulvokyselin a jejich vzájemný poměr, barevný index a barevné křivky.

Množství POH v půdě se vyhodnocuje na základě rozkladu organického uhlíku za podpory oxidačního činidla, kdy se nepřímo stanoví Cox. Zjištěnou hodnotu Cox je pak potřeba přenásobit Welteho koeficientem 1,724 a až poté získáme procentuální obsah humusu. Toto hodnocení celkového obsahu organické hmoty je sice dobrým ukazatelem množství, ale nikoliv kvality (SÁŇKA a MATERNA, 2004).

**Tabulka 7: Hodnocení celkového obsahu organického uhlíku (TOC)**

Hodnocení	TOC
Velmi nízký	>1,0
Nízký	1,12-2,0
Střední	2,0-6,0
Vysoký	>6

Zdroj: Zaujec et al., 2009



Kvalita humusu se nejčastěji posuzuje podle poměru, ve kterém jsou zastoupeny huminové kyseliny a fulvokyseliny (Tabulka 9). Platí zde pravidlo, že se zvyšujícím se podílem huminových kyselin se zvyšuje i kvalita humusu. Druhým možným postupem je také poměr mezi uhlíkem a dusíkem v půdě (Tabulka 8). Čím užší je poměr mezi uhlíkem a dusíkem (10:1 a méně), tím je kvalita humusu vyšší (POSPÍŠILOVÁ a VLČEK, 2015).

**Tabulka 8: Hodnocení kvality humusu dle poměru uhlík/dusík**

Hodnocení	Uhlík/dusík
Velmi vysoký	<5,0
Vysoký	5,0-8,0
Střední	8,00-11,00
Nízký	11,0-14,00
Velmi nízký	>14

Zdroj: Zaujec et al., 2009

**Tabulka 9: Hodnocení podle poměru huminových/fulvokyselin**

Druh humusu	%
Humátová	>2
Fulvato-humátový	2-1
Humáto-fulvátový	1-0,5
fulvátový	<0,5

Zdroj: Sotáková, 1988

**Tabulka 10: Hodnocení podle stupně humifikace**

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

Zdroj: Sotáková, 1988

Podle ŠARAPATKY (2014) lze půdy rozdělit podle obsahu humusu na bezhumózní, slabě humózní, středně humózní až silně humózní (Tabulka 11). Hodnoty % obsahu humusu pro různém půdy jsou uvedeny v následující tabulce:

**Tabulka 11: Rozdělení půd podle obsahu humusu**

Půdy	Lehké	Střední a těžké
Bezhumózní	0 %	0 %
Slabě humózní	<1 %	<2 %
Středně humózní	1-2 %	2-5 %
Silně humózní	>2 %	>5 %

Zdroj: Šarapatka, 2014

Do současné doby se v půdách stanovoval nejprve celkový obsah organického uhlíku. Ten vyjadřoval celkové množství půdní organické hmoty, a to jak zhumifikované, tak i nezhumifikované. Poté se vzorky půdní organické hmoty rozdělily do skupin podle stability při hydrolýze nebo oxidaci. Množství humusu obsaženého v této půdní organické hmotě se stanovilo jako stupeň její humifikace Sh. Sh rozumíme množství uhlíku fulvokyselin a huminových kyselin v celkovém organickém uhlíku daného půdního vzorku. Kvalitu samotného humusu lze zjistit z poměru mezi C huminových kyselin a C fulvokyslein.

Princip nové metody spočívá v odděleném hodnocení humusu a primární organické hmoty. Humus je proti primární organické hmotě při hydrolýze nebo oxidaci stabilnější a má mnohem větší iontovýměnou kapacitu (KOPECKÝ et al. 2016)

### **3 CÍLE A HYPOTÉZY**

Srovnání množství a kvality nezhumifikované primární půdní organické hmoty při dvou odlišných pěstebních technologiích cukrové řepy.

#### **Dílčí cíle:**

- 1) Dohled nad dodržováním naplánovaných agrotechnických zásahů na založeném zkušebním pokusu dle stanovené metodiky.
- 2) Pravidelný odběr, úprava a analýza půdních vzorků.
- 3) Zpracování výsledků a interpretace výsledků.

#### **Hypotézy:**

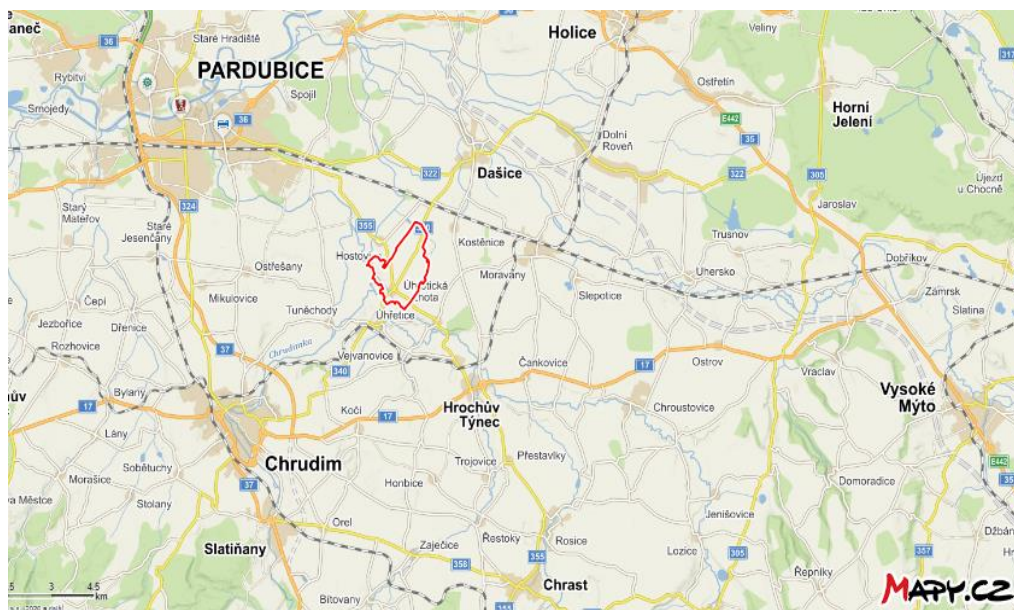
- 1) Kvalita primární půdní organické hmoty se bude v čase měnit.
- 2) Mechanické zásahy vedou k podpoře mineralizace půdní organické hmoty, proto lze očekávat nižší obsah primární půdní organické hmoty ve vzorcích s mechanickou regulací plevelů.

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika pokusné lokality, založení porostů a agrotechnické zásahy ve zvolených variantách pěstování

Vzorky půdy byly odebírány z pole v katastrálním území obce Úhřetická Lhota (Obrázek 8, Obrázek 9). Obec Úhřetická Lhota se nachází v Pardubickém kraji, 5 km jihovýchodně od města Pardubice a 6 km severovýchodně od města Chrudim, v nadmořské výšce 227 m n. m. Lokalita spadá do teplého, mírně suchého regionu s mírnou zimou, s průměrným ročním úhrnem srážek 559 mm. V dané lokalitě se vyskytují půdy typu pararendziny. Pozemek se nachází na severním okraji obce, je rovinný, míra skeletovitosti je slabě skeletovitá až bezskeletovitá. Hloubka půdy je udávána jako středně hluboká až hluboká (<https://mapy.vumop.cz/>).

**Obrázek 8: Katastr obce Úhřetická Lhota v rámci Pardubického kraje**



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Na 20 hektarovém pozemku v současné době hospodaří zemědělská firma Agrospol Hostovice a. s., která se zabývá chovem skotu a vepřů, klasickou rostlinnou výrobou a sadovnictvím. Na DPB, kde byl založen pokus s řepou cukrovou, byl v uplynulých letech využit osevní postup uvedený v Tabulce 12:

**Tabulka 12: Osevní postup**

2010 – řepa cukrová	2011 – ječmen jarní
2012 – kukuřice (na zrno)	2013 – ječmen jarní
2014 – pšenice ozimá	2015 – kukuřice (na zrno)
2016 – ječmen jarní	2017 – slunečnice setá
2018 – pšenice ozimá	2019 – řepa cukrová

Zdroj: vlastní

**Obrázek 9: Ortofotomapa zájmového pozemku**



Zdroj: www.mapy.cz

V průběhu sledovaného období byly na pozemku prováděny následující zásahy: dne 29. července 2018 byla provedena sklizeň pšenice ozimé, následujícího dne byla provedena podmítka celého pole. Dne 3. srpna 2018 byl aplikován hnůj v dávce  $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , který byl následně zaorán a byla zasetá meziplodina – svazenka vratičolistá. 15. září 2019 byla svazenka zaorána, následovalo vláčení branami. Dne 23. září 2019 byla provedena aplikace vápence v dávce  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , 18. října 2019 bylo pole podryto podrývákem Terraland. Na jaře dne 6. března 2020 byla provedena aplikace hnojiva

NPK v dávce 200 kg·ha<sup>-1</sup>, následovalo vláčení. 24. března 2020 bylo provedeno kompaktorování a 26. března 2020 byla zasetá řepa cukrová, odrůda Etalon.

Po založení porostu byly na části pozemku prováděny klasické agrotechnické zásahy zahrnující především aplikaci přípravků na ochranu rostlin. Tato část porostu byla označena jako Varianta A. Souhrn agrotechnických zásahů je zobrazen v Tabulce 13:

**Tabulka 13: Aplikace přípravků na ochranu rostlin ve Variantě A**

Datum	Název přípravku	Dávka	Účel použití
18. 4. 2020	Betana Expert	1 l·ha <sup>-1</sup>	Jednoleté dvouděložné plevelé
	Goltix 700	1,5 l·ha <sup>-1</sup>	Jednoděložné a dvouděložné plevelé
1. 5. 2020	Safari 500 WG	30 g·ha <sup>-1</sup>	Plevelé dvouděložné jednoleté
	Trend	0,1 l·ha <sup>-1</sup>	Smáčedlo
	Betana Expert	1,3 l·ha <sup>-1</sup>	Jednoleté dvouděložné plevelé
21. 5. 2020	Lontrel	0,35 l·ha <sup>-1</sup>	Pcháč oset
31. 5. 2020	Gotix TOP	1 l·ha <sup>-1</sup>	Jednoděložné a dvouděložné plevelé
	Mero	0,6 l·ha <sup>-1</sup>	Adjuvant
	Stemat Super	0,5 l·ha <sup>-1</sup>	Plevelé jednoděložné
	Mix double EC	1,5 l·ha <sup>-1</sup>	Dvouděložné jednoleté plevelé
9. 9. 2020	Eminent 125 EM	0,8 l·ha <sup>-1</sup>	Cerkosporioza řepy, padlí řepné

Zdroj: vlastní

Na stejném pozemku byla po zasetí vytyčena pokusná parcela (varianta B) o rozměrech 3 x 5 m. Na této ploše neprobíhalo po dobu vegetace žádné chemické ošetření rostlin. Prováděna byla pouze pravidelná mechanická likvidace plevelů.

## 4.2 Odběr a úprava půdních vzorků

Půdní vzorky byly odebírány v místech A a B pravidelně každý měsíc od dubna do listopadu, pokaždé 25. den v měsíci. Místo odběrů A se nacházelo v jižní části půdního bloku, kde probíhaly výše zmíněné agrotechnické zásahy včetně hnojení a postřiků pesticidy. Odběrové místo B bylo vyčleněno v severní části půdního bloku, kde na ploše  $3 \times 5$  m bylo vyloučeno používání pesticidů. Tato pokusná plocha byla ošetřována pouze mechanicky plečkováním.

**Obrázek 10: Rozmístění míst odběrů vzorků**



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

K odběru byla používána sondážní tyč, samotné vzorky byly po vysušení na vzduchu skladovány po nejnutnější dobu v igelitových sáčcích a následně byly v laboratoři upravovány do finální podoby. Počátkem úpravy bylo dosušení při  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  do konstantní hmotnosti. Dále byly vzorky pomocí deglomerátoru rozpracovány a zbaveny částic větších než 2 mm. Jemnozeme byla následně rozetřena v achátové misce a prosévána sítím s velikostí ok menších než 0,25 mm. Prosátá zem byla dále využívána k analýze.

## 4.3 Stanovení kvality a kvantity primární půdní organické hmoty

### 4.3.1 Kvalita primární organické hmoty

Půdní vzorky o hmotnosti 0,15 g byly dispergovány ve čtyřech baňkách s roztokem 0,07 M  $K_2Cr_2O_7$  v 12M  $H_2SO_4$ . Baňky byly poté vloženy do vodní lázně přehřáté na 60 °C, čímž byla katalyzována oxidační reakce organických látek dichromanem draselným. U těchto vzorků se po vyjmutí z lázně a následném zchlazení stanovil  $C_{ox}$  (Mettler toledo DL 50). Baňky byly vyjímány po 10, 20, 30 a 45 minutách. Ze změřených hodnot se podle výpočtů uvedených v metodice KOPECKÝ et al. (2016) vypočetla rychlostní konstanta  $k$  proběhlé oxidace. Rychlostní konstanta nepřímo udává stabilitu primární půdní organické hmoty. Čím je hodnota vyšší, tím je PPOH labilnější.

Pátá baňka se stejným množstvím vzorku, která byla vložena spolu s ostatními ve vodní lázni, byla po 45 minutách vložena do termostatu přehřátého na 100 °C. Po třiceti minutách byla vyjmuta, zchlazena a také byl stanoven obsah  $C_{ox}$ . Tato hodnota byla označena jako  $C_1$ . Každý vzorek byl analyzován ve třech opakováních.

### 4.3.2 Výpočet množství PPOH a množství humusu

Množství PPOH je dáno hodnotou  $C_1$ . Za podmínek, kterým byl půdní vzorek vystaven, totiž zoxidují pouze relativně labilní organické látky, stabilní humusové látky v těchto podmínkách oxidaci nepodléhají.

Pro zjištění obsahu humusu bylo nezbytné stanovit celkové množství organického uhlíku ( $C_{org}$ ). Ten byl stanoven „na suché cestě“ pomocí přístroje Skalár. Hodnota byla označena jako  $C_2$ . Odečte-li se od změřené hodnoty  $C_2$  hodnota  $C_1$ , je rozdíl uhlíkem humusu. Stupeň humifikace půdní organické hmoty lze vypočítat podle rovnice:  $S_H = [(C_2 - C_1) / C_2] \times 100$  (%).

## 4.4 Statistické zpracování dat

Data byla statisticky vyhodnocena v programu STATISTICA 12 (StatSoft Inc.). Pro hodnocení dat byla zvolena parametrická metoda ANOVA. Pokud to homogenita dat (Cochranův test, grafy reziduálů) umožňovala, byl následně využit post-hoc HSD Tukeyho test pro porovnání výsledných hodnot.



## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Ještě donedávna se kvalita půdy z hlediska obsahu humusu sledovala pomocí celkového organického uhlíku. Tímto stanovením lze ale získat pouze informaci o množství organické hmoty, ale nikoliv o jejím charakteru. Podle KOLÁŘE et al. (2014) je tedy vhodné rozdělit půdní organickou hmotu na část nezhumifikovanou a část zhumifikovanou. Velmi často se totiž můžeme setkat s informací, že se jedná o shodné pojmy nebo dochází k jejich záměně. Dnes je již ale prokázáno, že tyto 2 části jsou odlišné, a to nejen ve svých vlastnostech, ale především ve svých funkcích (VÁCHALOVÁ et al., 2016).

Kromě množství PPOH a dalších kvantitativních parametrů je důležité posuzovat také kvalitu půdní organické hmoty, a to pomocí ukazatele konstanty  $k$ . Právě obsah labilních frakcí v půdě je považován za jeden z důležitých znaků půdní úrodnosti (GHANI et al., 2003)

Podle stanovených hypotéz jsou faktory ovlivňující kvalitu i kvantitu půdní organické hmoty následující:

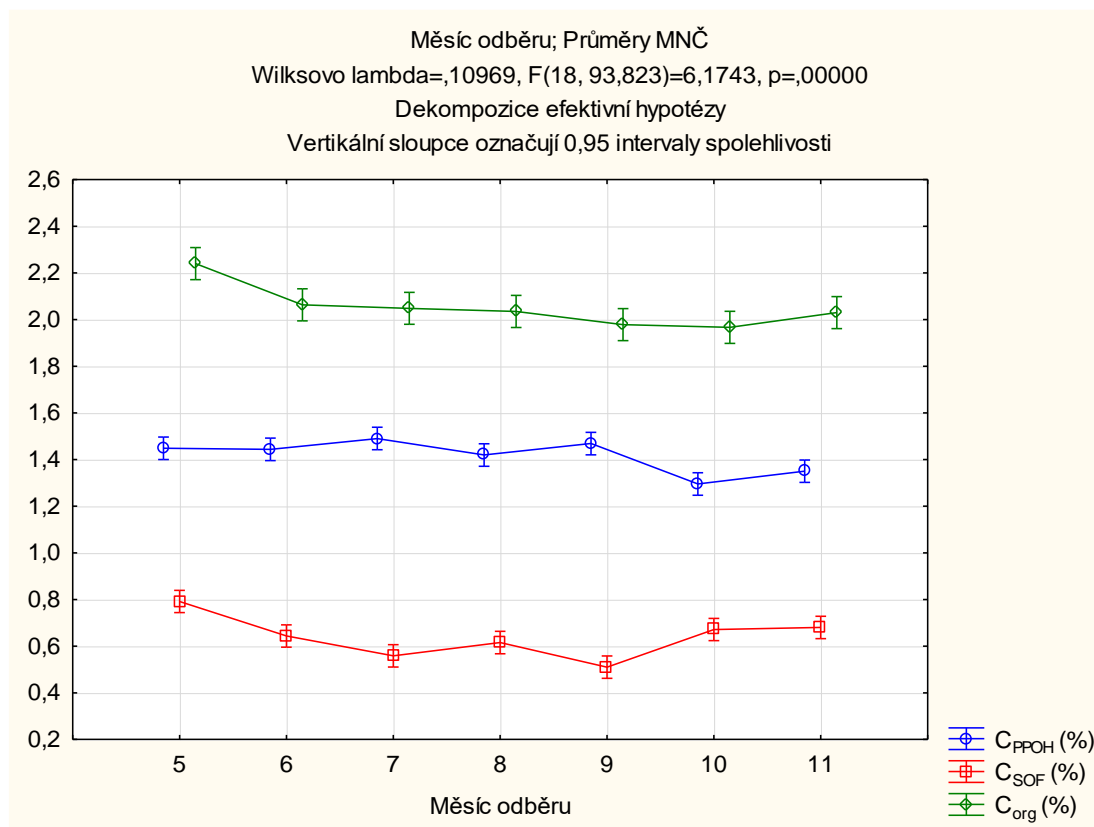
- Měsíc odběru
- Regulace plevelů
- Kombinace a vzájemná provázanost dvou výše uvedených faktorů

## 5.1 Vliv měsíce odběru

V první části výsledků je popisován vliv termínu odběru na sledované parametry ( $C_{\text{PPOH}}$  – uhlík primární půdní organické hmoty,  $C_{\text{SOF}}$  – uhlík stabilních organických frakcí,  $C_{\text{org}}$  – celkový organický uhlík, konstanta  $k$  – indikátor kvality primární půdní organické hmoty).

V Grafu 1 jsou shrnuty výsledky obsahů  $C_{\text{PPOH}}$ ,  $C_{\text{SOF}}$  a  $C_{\text{org}}$ . Z výsledků je zřejmé, že množství primární půdní organické hmoty převažuje nad obsahem stabilních organických frakcí, což je pro zemědělské půdy typické (KOLÁŘ et al., 2014). Mezi stabilní organické frakce patří zejména humusové látky, jimiž jsou huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy (KOPECKÝ et al., 2016). Do této frakce ovšem spadají i další látky, které mají z hlediska chemické stability podobné vlastnosti. Jedná se například o ligniny (KOPECKÝ, 2018). Nelze tedy považovat veškerý uhlík stabilních organických frakcí za uhlík humusových látek.

**Graf 1: Obsah  $C_{\text{PPOH}}$ ,  $C_{\text{SOF}}$  a  $C_{\text{org}}$  v různých termínech odběru**



Zdroj: vlastní

Z grafu lze vyčíst, že celkový obsah organického uhlíku v půdě se příliš neměnil. Zároveň je možné sledovat trend poklesu obsahu  $C_{org}$ . Pouze v posledním odebraném vzorku jeho obsah opět mírně stoupl. S výjimkou měsíců září a října přesahoval obsah  $C_{org}$  hranici 2 %. Tyto hodnoty jsou vyšší než průměrná hodnota obsahu celkového uhlíku v pararendzinách v ČR. SMATANOVÁ a SUŠIL (2018) uvádí hodnotu 1,88 %, jedná se o průměr 245 vzorků. Důležité je také podotknout, že tento uhlík byl stanoven na mokré cestě ( $C_{ox}$ ). Hodnoty  $C_{ox}$  bývají zpravidla nižší než  $C_{org}$ .

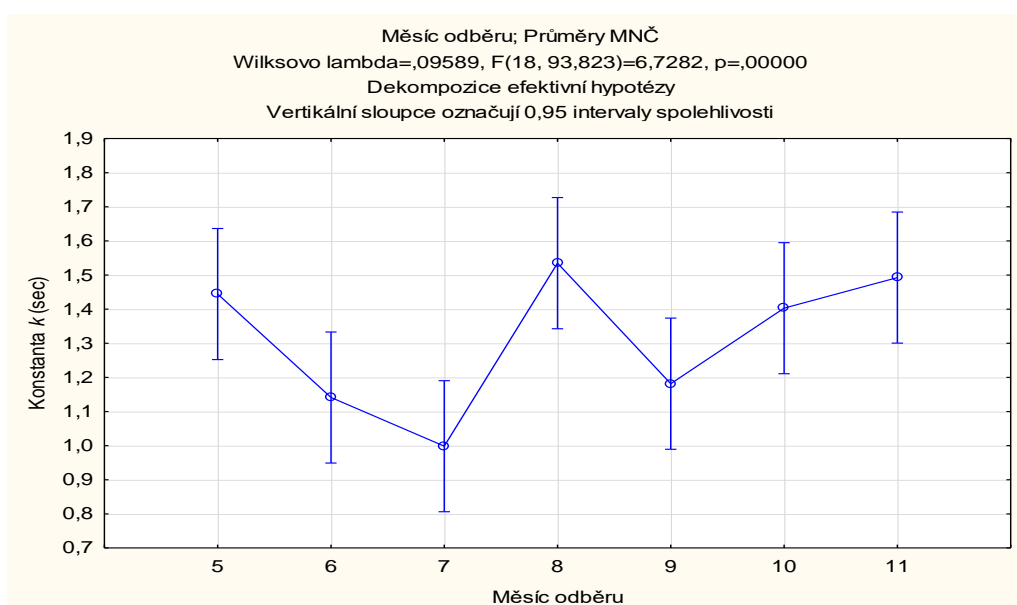
Zajímavým zjištěním bylo, že ani hodnoty obsahu primární půdní organické hmoty se v jednotlivých termínech odběrů příliš nelišily. Přitom při vhodných teplotně-vlhkostních podmínkách roste mikrobiální aktivita půd a mineralizace půdní organické hmoty se zrychluje (LALANDE et al., 2009). V půdě tedy panovala relativní rovnováha mezi vznikem nové primární půdní organické hmoty a její mineralizací prostřednictvím mikroorganismů.

Překvapivě se poměrně výrazně měnil obsah  $C_{sof}$ . Humusové látky jsou velmi stabilní a rozkládají se v půdě v řádu desítek až tisíců let (VÁCHALOVÁ et al., 2016). Proto jsou změny v obsahu této frakce pravděpodobně způsobeny především změnami obsahu ligninů.

Jak je z předchozího odstavce patrné, reálný obsah humusu je nižší než hodnoty  $C_{sof}$ . Obsah humusu ve sledovaných vzorcích by podle SÁŇKY a MATERNY (2004) spadl do kategorie velmi nízký, případně extrémně nízký. Tito autoři však počítají obsah humusu podle staré a velmi kritizované metody, kdy vynásobí obsah  $C_{ox}$  faktorem 1,724 (KOLÁŘ et al., 2014). Proto jsou naměřené hodnoty s daty těchto autorů prakticky neporovnatelné.

V Grafu 2 je zobrazen vývoj kvality půdní organické hmoty v čase. Jedním z hlavních významů primární půdní organické hmoty je to, že působí jako hlavní zdroj energie pro půdní mikroorganismy. Dále je také jedním z důležitých zdrojů rostlinných živin přístupných po jejím zmineralizování. Za kvalitnější primární půdní organickou hmotu je tedy považována ta, která je labilnější (KOPECKÝ et al., 2016). Labilitu primární půdní organické hmoty při oxidaci vyjadřuje rychlostní konstanta  $k$ . Čím vyšší je hodnota konstanty  $k$ , tím je organická hmota labilnější a dochází k jejímu snažšímu rozkladu.

**Graf 2: Kvalita PPOH v různých termínech odběru**



Zdroj: vlastní

Z výsledků je patrné, že kvalita primární půdní organické hmoty se v průběhu roku měnila (v souladu s Hypotézou č. 1). Lze pozorovat trend postupného snižování kvality PPOH z květnové hodnoty až po červencovou. V srpnu došlo k výraznému zvýšení hodnoty konstanty  $k$ . To může být způsobeno značným nárůstem přísunu labilní organické hmoty do půdy, pravděpodobně se jednalo o kořenové exsudáty. Záříjová hodnota poté zaznamenala mírný pokles. Nicméně v dalších odběrech se hodnota  $k$  znovu zvyšovala.

Tabulka 14 uvádí porovnání výsledných hodnot. Nejnižší hodnota, která byla naměřena v červenci, se průkazně liší od tří nejvyšších hodnot, které byly naměřeny v odběrech z května, listopadu a srpna.

**Tabulka 14: Hodnota konstanty  $k$  v závislosti na datu odběru**

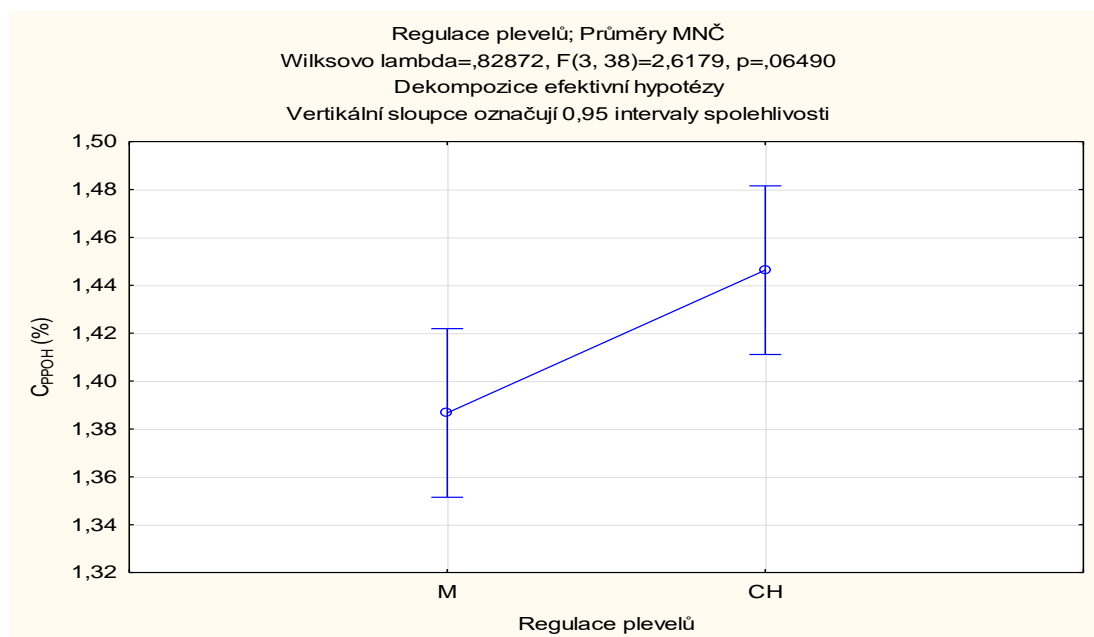
Tukeyův HSD test; proměnná Konstanta $k$ (sec) Homogenní skupiny, alfa = ,05000. PČ = ,05377, sv = 35,000			
Měsíc odběru	Konstanta $k$ (sec)	1	2
7	0,998316		****
6	1,141035	****	****
9	1,181539	****	****
10	1,402933	****	****
5	1,444376	****	
11	1,492585	****	
8	1,534942	****	

Zdroj: vlastní

## 5.2 Vliv regulace plevelů

Podle KOLÁŘE et al. (2014) je obsah uhlíku primární půdní organické hmoty velmi závislý na podmínkách v půdě i na klimatu a průběhu počasí. Je schopna velmi rychle reagovat na změny, které v prostředí probíhají. Měření potvrdilo, že při mechanické likvidaci plevelů a za současného kypření půdy byl obsah primární půdní organické hmoty nižší než při variantě s chemickou likvidací plevelů a bez kypření (Graf 3). Tímto se potvrdila hypotéza č. 2. K tomuto jevu vedla rychlejší mineralizace půdní organické hmoty, která probíhala intenzivněji právě díky vyššímu provzdušnění půdy a vhodnějších podmínkách pro půdní mikroorganismy. Na závěr je nutné podotknout, že rozdíl nebyl statisticky průkazný.

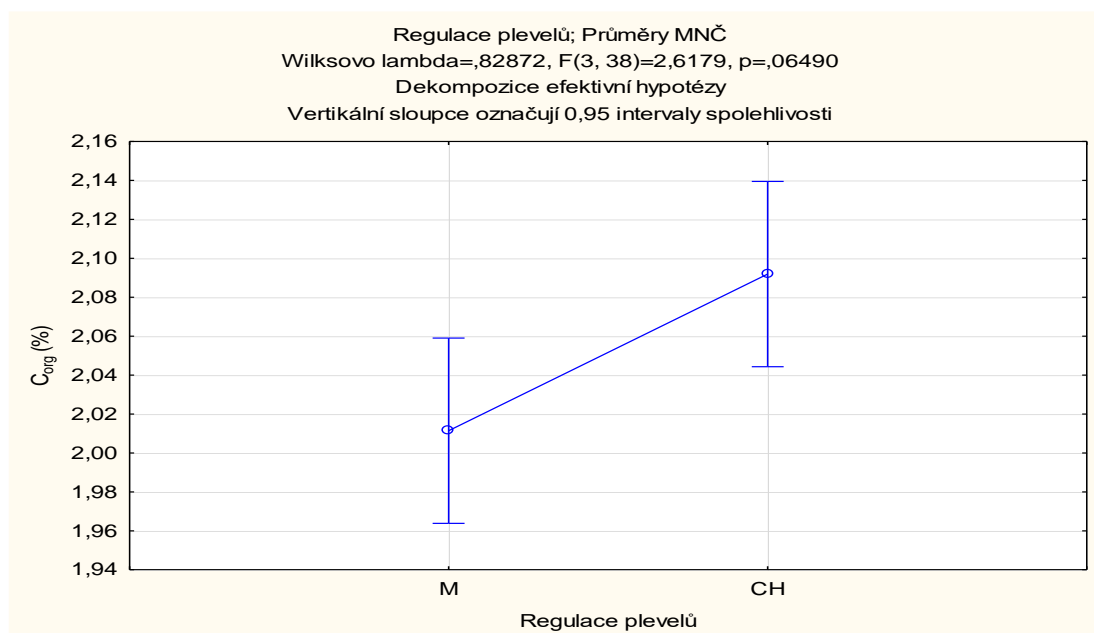
**Graf 3: Množství C<sub>ppoh</sub> v závislosti na metodě regulace plevelů**



Zdroj: vlastní

S obsahem primární půdní organické hmoty je úzce spojena také výše obsahu celkového organického uhlíku C<sub>org</sub>. Zjištění, že méně uhlíku bylo nalezeno ve vzorcích půd z varianty s mechanickou regulací plevelů, tedy není překvapivé (Graf 4). Tabulka 15 prokázala statistickou odlišnost mezi oběma variantami.

**Graf 4: Množství C<sub>org</sub> v závislosti na metodě regulace plevelů**



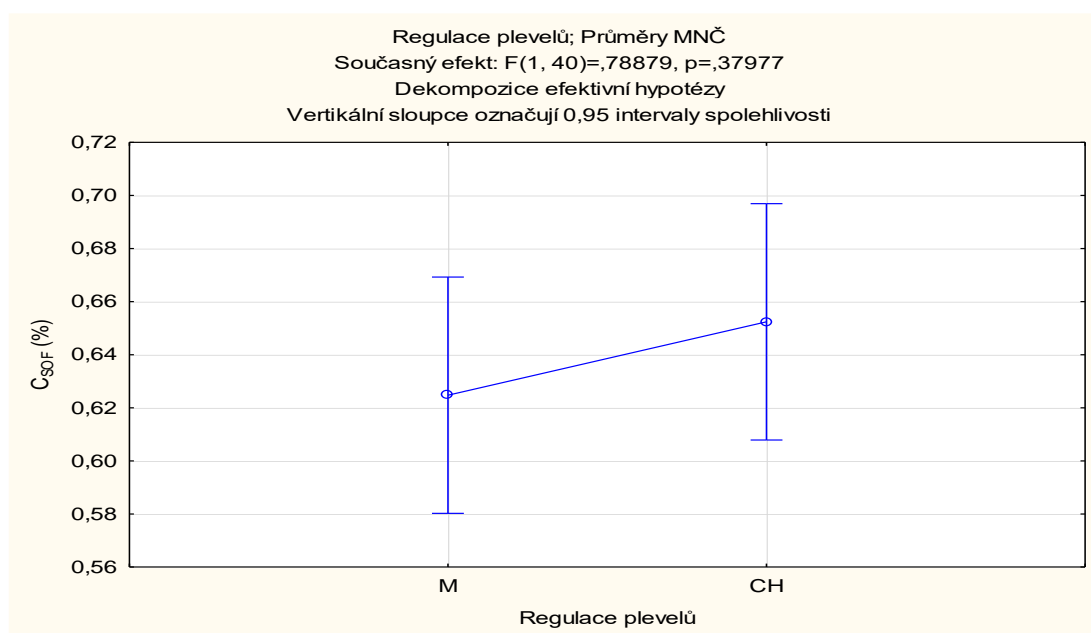
Zdroj: vlastní

**Tabulka 15: Tabulka statisticky odlišných hodnot  $C_{org}$** 

Tukeyův HSD test; proměnná $C_{org}$ (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000. PČ = ,01164, sv = 40,000			
Regulace plevelů	$C_{org}$ (%) Průměr	1	2
Mech.	2,011429	****	
Chem.	2,091905		****

Zdroj: vlastní

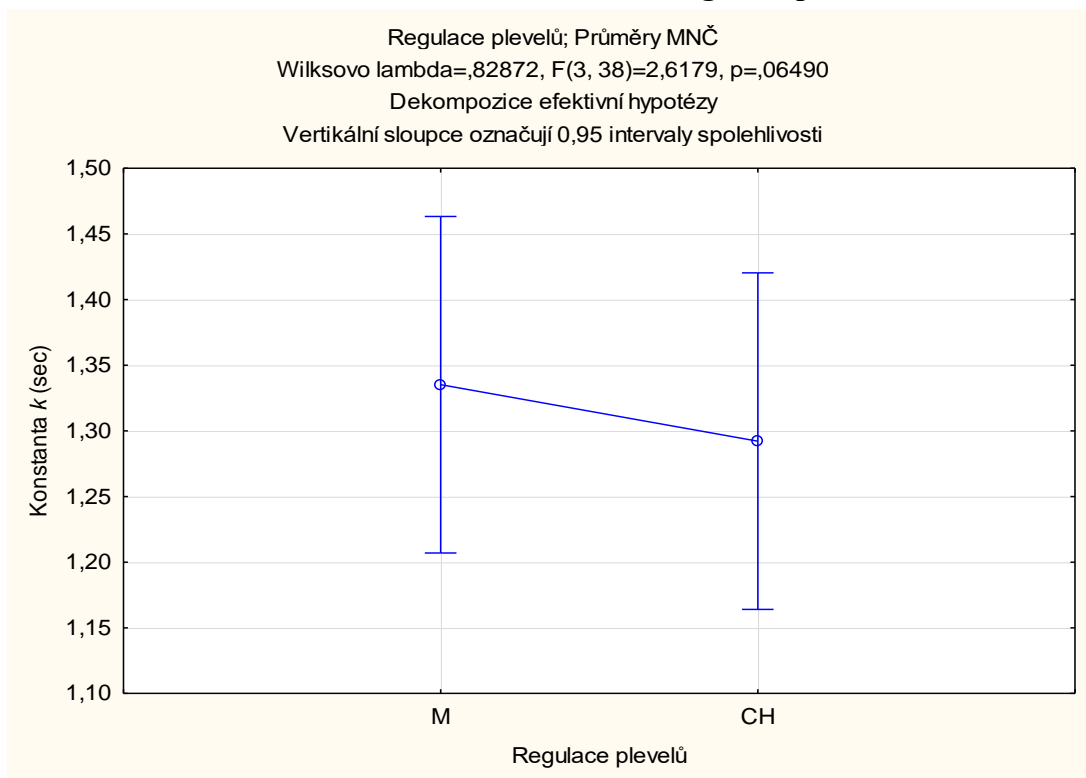
Ve variantě „chemické“ byl také vyšší obsah uhlíku stabilních organických frakcí. Rozdíl mezi oběma variantami byl však téměř zanedbatelný a statisticky neprůkazný (Graf 5). Podle stejné metodiky určovala obsah  $C_{SOF}$  SLÁDKOVÁ (2019). Její pokus probíhal u obce Štěpánovice v jižních Čechách na pseudoglejích, kde zkoumala vliv tří různých technologií zpracování půdy na množství a kvalitu půdní organické hmoty. Vzhledem k odlišnému charakteru pokusu a také jiným půdně klimatickým podmínkám nelze výsledky autorky a výsledky této práce relevantně porovnávat. Nicméně v této práci bylo množství  $C_{SOF}$  větší v obou variantách regulace plevelů než v jakékoli variantě zpracování půdy (diskování, podryvání, orba) v práci zmiňované autorky.

**Graf 5: Množství  $C_{SOF}$  v závislosti na metodě regulace plevelů**

Zdroj: vlastní

Z výše uvedených výsledků vyplynulo, že ve variantě s mechanickou regulací plevelů byl zjištěn nižší obsah  $C_{\text{PPOH}}$ ,  $C_{\text{org}}$  i  $C_{\text{SOF}}$ . Z hodnocení kvality PPOH ovšem vyplývá, že právě v této variantě je primární půdní organická hmota labilnější, a proto kvalitnější (Graf 6).

**Graf 6: Kvalita PPOH v závislosti na metodě regulace plevelů**



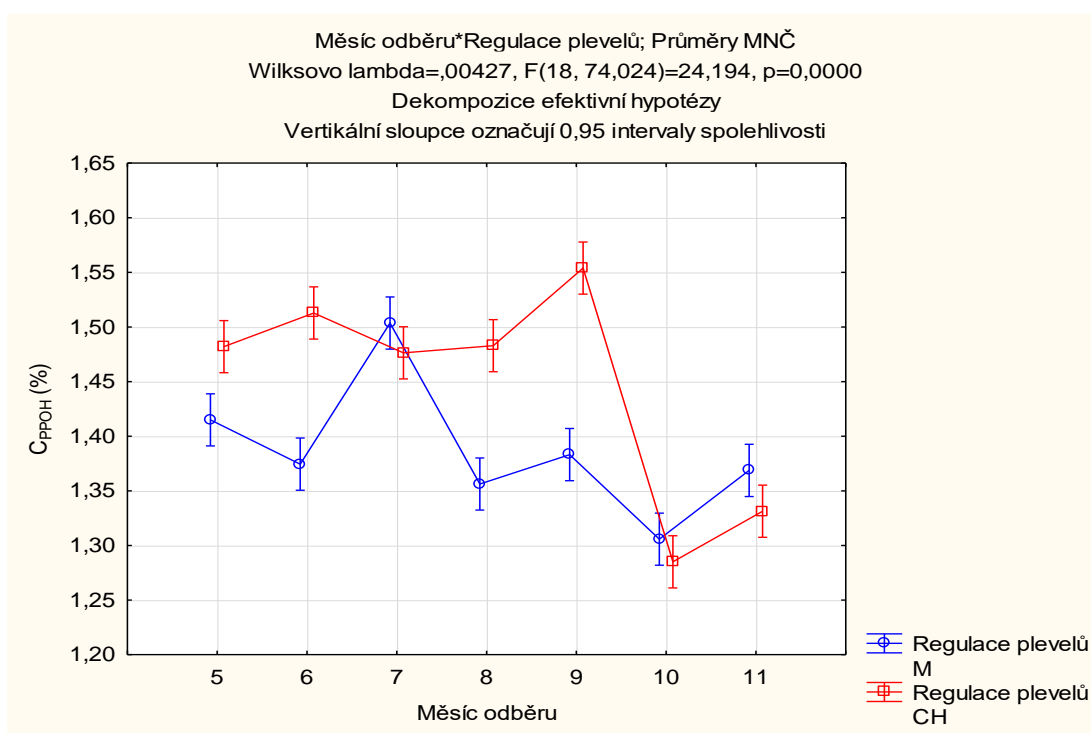
Zdroj: vlastní



### 5.3 Vliv interakce měsíce odběru a varianty regulace plevelů

Výsledky z měření v průběhu vegetační doby ukazují rozdíly mezi variantami. Z grafu 7 je patrné, že větší množství PPOH bylo po většinu sledovaného období ve vzorcích z varianty, kde byly plevely likvidovány chemicky. Zajímavé jsou však změny trendu v měsíci červenci, září a říjnu. V červenci byly hodnoty PPOH mírně vyšší u varianty pokusu s mechanickou likvidací plevelů. Během měsíce září pak můžeme sledovat nejvýraznější rozdíl mezi sledovanými variantami. V říjnu ale naopak dochází k prudkému poklesu množství PPOH ve variantě s chemickou likvidací plevelů, a to až na nejnižší hodnoty zaznamenané z celého měření. V závěru vegetační doby byl zaznamenán v obou variantách mírný vzestup obou hodnot.

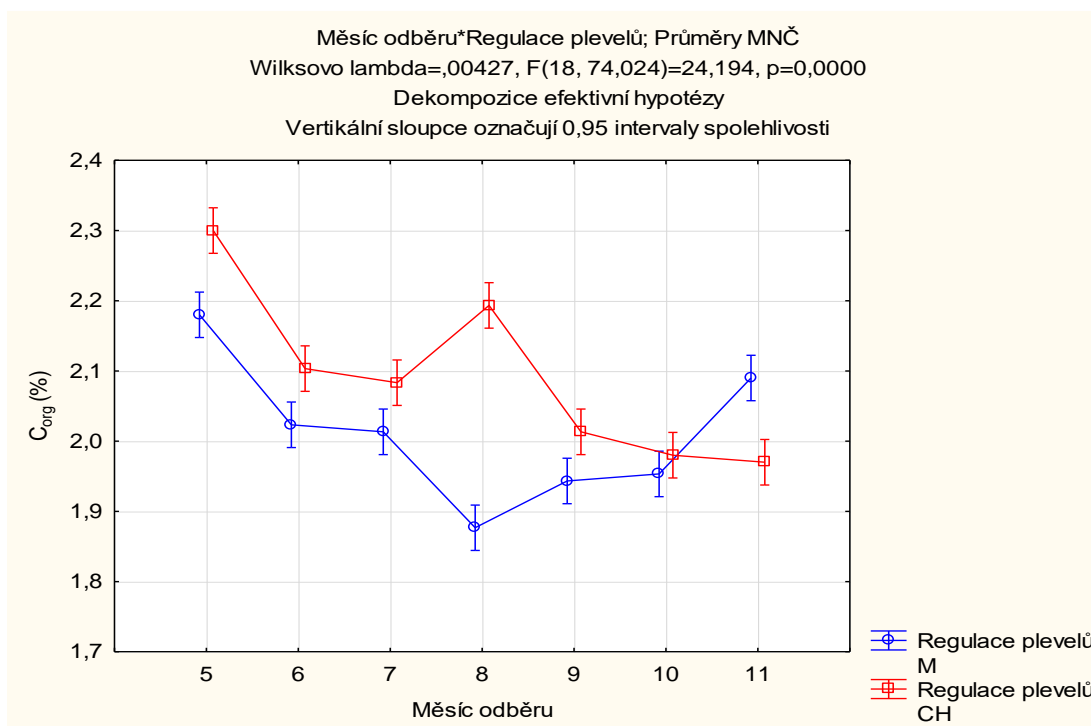
**Graf 7: Množství PPOH v závislosti na měsíci odběru a způsobu regulace plevelů**



Zdroj: vlastní

V Grafu 8 je znázorněn vývoj obsahu celkového organického uhlíku v průběhu vegetace v obou variantách. S výjimkou listopadového odběru byly hodnoty vždy vyšší ve variantě, kde byly plevele regulovány chemicky. Z tohoto lze odvodit, že úprava povrchu půdy ve variantě s mechanickou likvidací plevelů vedla k rychlejší mineralizaci organické hmoty, a tím i k úbytku organického uhlíku. Za zmínku stojí hodnoty ze srpnového odběru, kde došlo k výrazné diferenciaci mezi metodou chemickou a mechanickou. Nízká hodnota by opět mohla být vysvětlena předchozím mechanickým zásahem, tedy podporou mineralizace. Zvýšení obsahu uhlíku ve variantě chemické bude nejspíše souviset s nárůstem živé biomasy nebo zvýšenou tvorbou kořenových vlásků či exsudátů.

**Graf 8: Obsah celkového organického uhlíku v závislosti na měsíci odběru a způsobu regulace plevelů**



Zdroj: vlastní

**Tabulka 16: Hodnoty celkového organického uhlíku v závislosti na měsíci odběru**

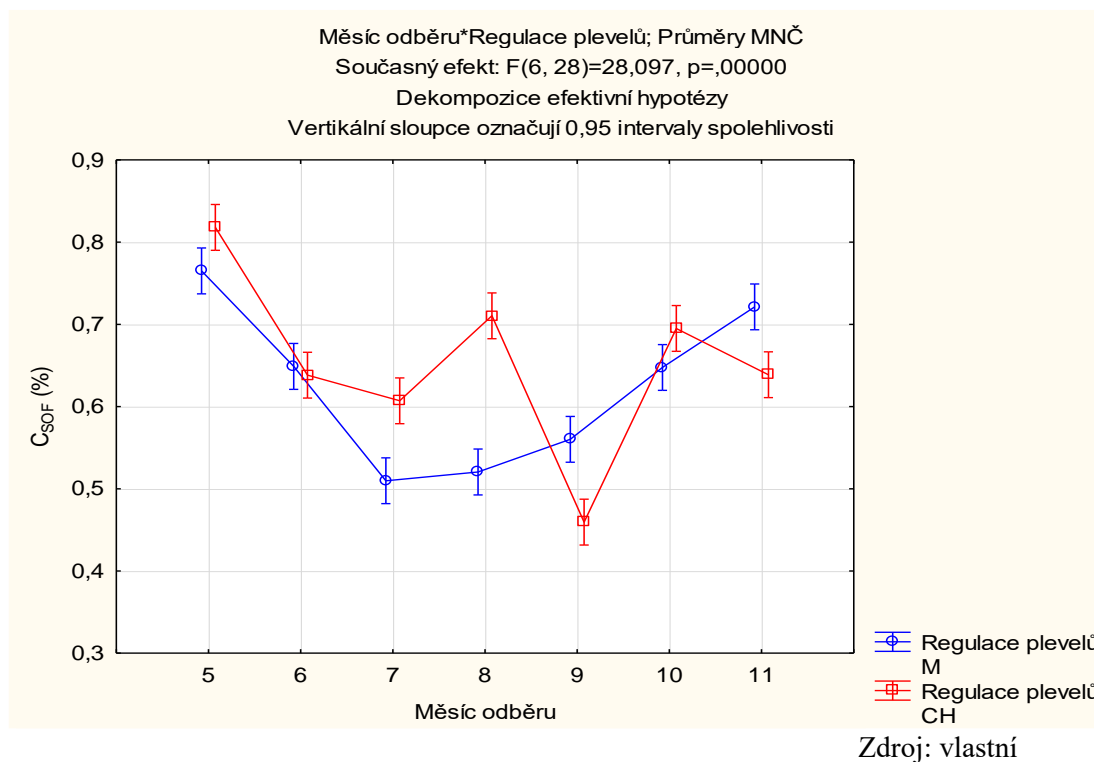
Tukeyův HSD test; proměnná C <sub>org</sub> (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000.									
Měsíc	Regulace	C <sub>org</sub>	1	2	3	4	5	6	7
8	Mech.	1,876667	*						
9	Mech.	1,943333	*	*					
10	Mech.	1,953333	*	*					
11	Chem.	1,970000		*					
10	Chem.	1,980000		*					
9	Chem.	2,013333		*	*				
7	Mech.	2,013333		*	*				
6	Mech.	2,023333		*	*	*			
7	Chem.	2,083333			*	*			
11	Mech.	2,090000			*	*			
6	Chem.	2,103333				*	*		
5	Mech.	2,180000					*	*	
8	Chem.	2,193333						*	
5	Chem.	2,300000							**

Zdroj: vlastní

Tabulka 16 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi odebranými vzorky.

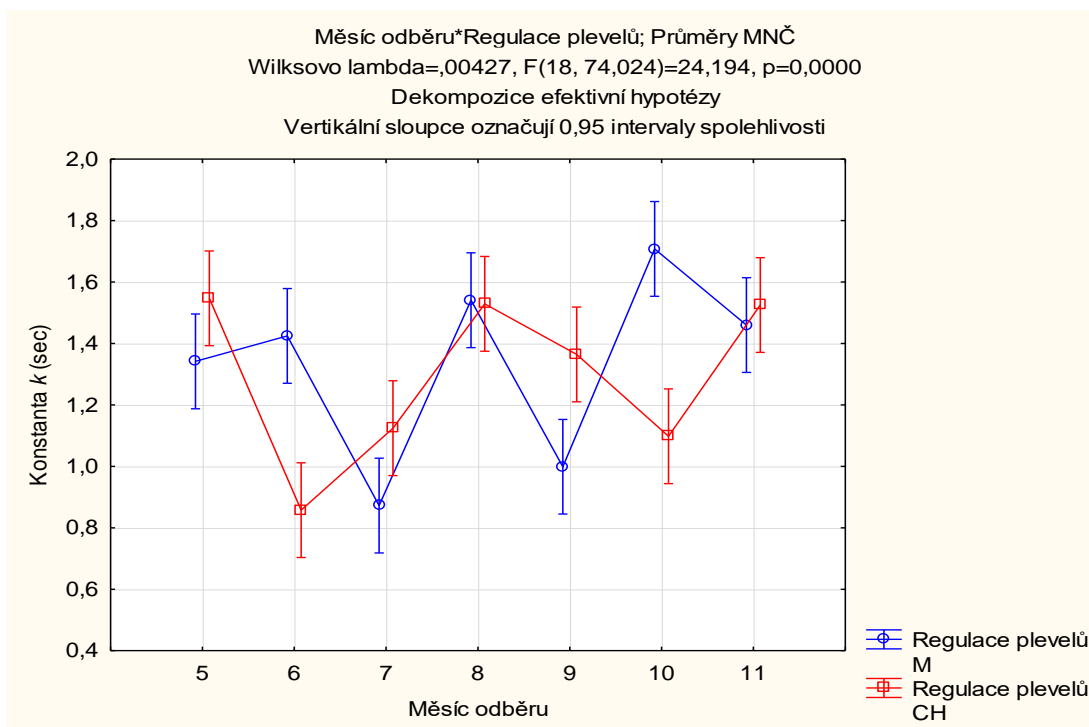
### Graf 9: Vliv měsíce odběru v interakci s formou likvidace plevelů na množství

C<sub>SOF</sub>



Z Grafu 9 je zřejmé, že hodnoty C<sub>SOF</sub> jsou ve variantě s chemickou regulací plevelů vyšší (s výjimkou měsíců září a listopadu, kdy byl zaznamenán pokles hodnot). Naproti tomu ve variantě s mechanickou regulací plevelů je v prvních 2 měsících zřetelný významný pokles následovaný pozvolným nárůstem hodnot směrem ke konci vegetačního období, kdy se hodnoty dostávají téměř na úroveň začátku sledovaného období. I přes tyto výrazné rozdíly mezi jednotlivými variantami je zajímavý fakt, že právě humusové látky jsou velmi stabilní a k jejich rozkladu dochází řádově po desítkách až tisících letech. Jak již bylo zmíněno výše, výsledné hodnoty obsahu C<sub>SOF</sub> mohou být ovlivněny výskytem ligninů v půdě.

**Graf 10: Vliv měsíce odběru v interakci s formou likvidace plevelů na kvalitu primární půdní organické hmoty**



Zdroj: vlastní

Kvalita primární půdní organické hmoty se podle grafu 10 v průběhu času měnila (v souladu s Hypotézou č. 2). V obou variantách byly v průběhu roku zaznamenány rozdíly. Ve variantě s chemickou regulací plevelů můžeme sledovat pokles hodnot již během prvního měsíce sledování, naproti tomu ve variantě s mechanickou regulací plevelů dochází k poklesu až o další měsíc déle. Z grafu je také zřejmé, že v měsíci srpnu byly hodnoty konstanty  $k$  na téměř stejné úrovni (viz hodnoty v Tabulce 17). V následujícím měsíci opět došlo k poklesu hodnot, ovšem v závěru vegetační doby se hodnoty v obou variantách dostaly na vyšší hodnoty. Opět lze ale vysledovat rozdílný trend mezi oběma variantami, kdy hodnota konstanty  $k$  se měnila v závislosti na čase více u varianty s mechanickou likvidací plevelů.

**Tabulka 17: Hodnoty konstanty k v závislosti na měsíci odběru**

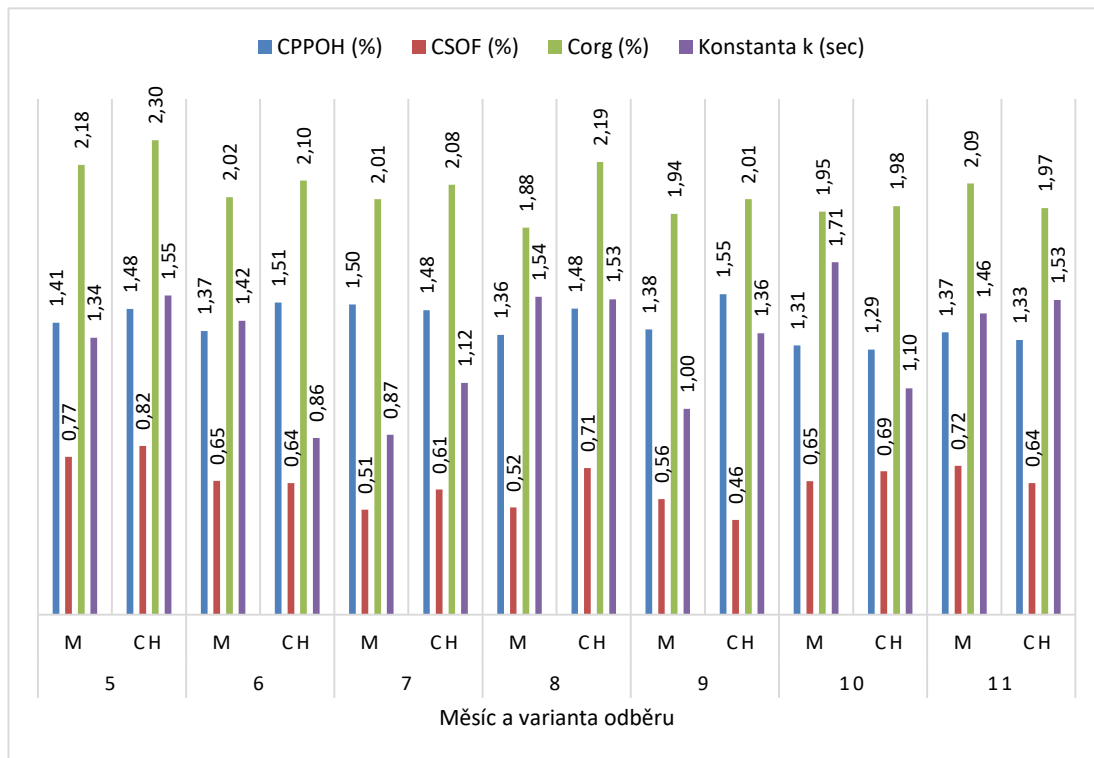
Tukeyův HSD test; proměnná Konstanta $k$ (sec) Homogenní skupiny, alfa = ,05000. PČ = ,01700, sv = 28,000						
Měsíc odběru	Regulace plevelů	Konstanta $k$ (sec)	1	2	3	4
6	Chem.	0,857426	****			
7	Mech.	0,872350	****			
9	Mech.	0,998747	****	****		
10	Chem.	1,098015	****	****	****	
7	Chem.	1,124281	****	****	****	
5	Mech.	1,341701		****	****	****
9	Chem.	1,364332		****	****	****
6	Mech.	1,424645			****	****
11	Mech.	1,459978			****	****
11	Chem.	1,525192				****
8	Chem.	1,529054				****
8	Mech.	1,540830				****
5	Chem.	1,547052				****
10	Mech.	1,707851				****

Zdroj: vlastní

## 5.4 Shrnutí výsledků a doporučení

Souhrnné výsledky jsou znázorněny v Grafu 11.

**Graf 11: Průměrné hodnoty všech sledovaných půdních charakteristik**



Zdroj: vlastní

Z pohledu konvenčního zemědělství se zdá být lepší varianta s využitím chemické likvidace plevelů, ale jen z krátkodobého hlediska. V návaznosti na udržitelné zemědělství je však nutné výsledky měření podrobit hlubšímu rozboru.

Ve variantě s chemickou likvidací plevelů byl zjištěn vyšší obsah C<sub>PPOH</sub>, což potvrzuje Hypotézu č. 2. Mechanické zásahy totiž vedou k podpoře mineralizace půdní organické hmoty, a proto podle očekávání byl vyšší obsah primární půdní organické hmoty ve vzorcích s chemickou regulací plevelů. Nutno ale zdůraznit, že měření nebylo statisticky průkazné. Obsah C<sub>org</sub> potvrdil výsledky měření obsahu C<sub>PPOH</sub>, který je s ním spojen. Zde již byl rozdíl statisticky průkazný. Z pohledu obsahu C<sub>SOF</sub> byla zjištěna skutečnost, že průměrně vyšší hodnoty byly zaznamenány také ve variantě s chemickou likvidací plevelů. Zajímavostí byly na první pohled různé hodnoty C<sub>SOF</sub>, jelikož se jedná o frakce velmi stabilní a jejich obsah se mění řádově během desetiletí až tisíců let. Výsledky byly pravděpodobně ovlivněny výskytem jiných látek v půdě, které mají velmi podobné vlastnosti (např. ligniny). Pohled

na výsledky analýzy  $C_{SOF}$  v porovnání s  $C_{PPOH}$  potvrzuje teorii KOLÁŘE et al. (2014), kteří tvrdí, že pro zemědělské půdy je typický jev, kdy množství primární půdní organické hmoty převažuje nad obsahem stabilních organických frakcí. I zde je důležité zdůraznit, že výsledky byly statisticky neprůkazné.

Naopak z hlediska kvality PPOH se jevila varianta s mechanickou likvidací plevelů jako vhodnější, jelikož výsledky měření ukázaly vyšší hodnoty konstanty  $k$  právě ve variantě mechanické.

Na základě předchozích znalostí a zkušeností, jak z oblasti udržitelného zemědělství, tak postupů uplatňovaných v praxi v konvenčních podnicích, vím, že je důležité usilovat o zachování půdní úrodnosti a ostatních důležitých vlastností. Jelikož se jednalo o krátkodobý pokus, během kterého se varianta s chemickou regulací plevelů bez kypření jevila z pohledu množství sledovaných parametrů jako lepší, lze předpokládat, že z dlouhodobějšího hlediska (a kvůli stylu hospodaření v dnešních zemědělských podnicích) by postupně docházelo k úbytku organické hmoty z půdy. Proto bych jako základní opatření zvolila zvýšený přísun organické hmoty do půdy (např. ve formě statkových hnojiv či zeleného hnojení). Stejným způsobem lze řešit i problém menšího množství obsahu primární půdní organické hmoty ve variantě s mechanickou regulací plevelů, kde je potřeba zvýšit přísun organické hmoty do půdy jako kompenzaci za zrychlený rozklad půdní organické hmoty kvůli kypření, kterým byla podpořena mikrobiální aktivita v půdě.



## 6 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo stanovit množství a kvalitu humusu obsaženého v půdních vzorcích odebíraných na místech s použitím odlišných agrotechnických zásahů. Vzorky byly odebírány na poli, kde v současné době hospodaří podnik Agrospol Hostovice a. s. a které se nachází v katastrálním území obce Úhřetická Lhota v Pardubickém kraji. Jako varianty odlišných způsobů agrotechnických opatření byly zvoleny varianta „chemická“, kde probíhaly všechny klasické agrotechnické zásahy včetně chemické likvidace plevelů a varianta „mechanická“, kde bylo vyloučeno použití pesticidů a likvidace plevelů probíhala pouze mechanicky. Po laboratorním zpracování vzorků byly vyhodnoceny naměřené hodnoty a zpracovány do grafů.

Po komplexním vyhodnocení výsledků je patrné, že varianta s chemickou likvidací plevelů vykazovala vyšší hodnoty parametrů jako jsou  $C_{PPOH}$ ,  $C_{org}$  i  $C_{SOF}$  (v případě  $C_{PPOH}$  a  $C_{SOF}$  byl rozdíl statisticky neprůkazný) Naopak ve variantě s mechanickou likvidací plevelů byla zjištěna vyšší kvalita půdní organické hmoty. Zjištěné hodnoty  $C_{PPOH}$ ,  $C_{org}$ ,  $C_{SOF}$  značí příznivější vliv chemické regulace plevelů na kvantitativní ukazatele oproti mechanické regulaci plevelů, která je spojena s prokypřením vrchní vrstvy půdy. Naopak dle zjištěných hodnot mechanická regulace plevelů přináší efekty spíše v oblasti kvality PPOH.

## 7 SEZNAM LITERATURY

- BALDOCK, J. A., NELSON, P. N. (2000). *Soil organic matter*. In M. E. Sumner (Eds.), *Handbook of Soil Science* (pp. B25–B84). BocaRaton: CRC Přeš
- Borovičková M. (2005): *Procesy agregace huminových látek při úpravě vod: Pojednání k disertační práci – VUT Brno.*
- BARBANTI, L., MONTI, A., VENTURI, G. (2007). *Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in leaves of different ages of sugar beet (*Beta vulgaris*) at variable water regimes*. *Annals of applied biology*, 150(2), 197-205.
- BITTNER, V. (2012). *Nutrient deficiencies in sugarbeet*. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 128(2), 56-59.
- BITTNER, V. (2012). *Bakteriální choroby cukrovky*. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 128.
- BITTNER, V., BĚHAL, R. (2010). *Škodlivé organismy cukrovky*. Slavkov: Maribo Seed ČR.
- BRADY, N. C., WEIL, R. R., BRADY, N. C. (2010). *Elements of the nature and properties of soils* (No. 631.4 B733E.). Upper Saddle River, NJ: Pearson educational international.
- BRTNICKÝ M. et al. (2015). *Půdoznalství v kostce*. Mendelova univerzita v Brně, 79 s.
- ČERNÝ, J. (2009). *Organická hmota v půdě, její obsah, složky a význam* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-v-pude-jeji-obsah-slozky-a-vyznam>
- DRAYCOTT, A. P. (ed.). (2008). *Sugar beet*. John Wiley & Sons.
- 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
- GOBAT, J. M., ARAGNO, M., MATTHEY, W. (2004). *The living soil: fundamentals of soil science and soil biology*. Science Publishers.
- HŘIVNA, L. et al. (2003): *Komplexní výživa cukrovky*. Danisco, 84 s.
- CHOCHOLA, J. (2010). *Průvodce pěstováním cukrové řepy*. KWS Osiva řepářský institut Semčice.
- JANDÁK, J., POKORNÝ, E., PRAX, A. (2010). *Půdoznalství*. Mendelova univerzita v Brně.

- JANDÁK J, et al. (2014). *Vliv půdních pomocných látek na fyzikální a chemické vlastnosti půdy*. Mendelova univerzita v Brně
- JURSÍK, M., HOLEC, J., SOUKUP, J. (2014). *Polní vzcházivost plevelů v průběhu vegetace cukrovky*. Listy Cukrovarnické a Řepářské, 130.
- KOLÁŘ M. et al. (2014) *Kniha o humusu*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta,
- KOPECKÝ, M., KOLÁŘ, L., BOROVIČKA, 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* (pp. 135-142).
- KOPECKÝ, M. (2018). *Environmentální aspekty pěstování vybraných energetických rostlin*. Disertační práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- KUBÁT, J. et al. (2008). *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, vvi, Praha–Ruzyně.
- LALANDE, R., GAGNON, B., ROYER, I. (2009). *Impact of natural or industrial liming materials on soil properties and microbial activity*. Canadian journal of soil science, 89(2), 209–222.
- LEDVINA R., HORÁČEK J., ŠINDELÁŘOVÁ M. (1999) *Geologie a půdoznalství*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- MALNOU, C. S., JAGGARD, K. W., SPARKES, D. L. (2008). *Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer*. European Journal of Agronomy, 28(1), 47-56.
- Ministerstvo zemědělství: *Půda*. [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/dehumifikace-pudy/>
- MINX, L., DIVIŠ, J. (1994). *Rostlinná výroba-III:(okopaniny)*. Vysoká škola zemědělská. Praha
- NĚMEC et al. (2009). *Situační a výhledová zpráva Půda 2009*, Ministerstvo zemědělství, Praha.
- POSPÍŠILOVÁ, L., VLČEK, V. (2015). *Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy*. Mendelova univerzita v Brně.

- Přírodní humusové látky*. Inovace studijních projektů AF Mendelu. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4269&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4269&typ=html).
- PULKRÁBEK, J. (2007). *Řepa cukrová: pěstitelský rádce*. Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent.
- SÁŇKA, M., MATERNA, J. (2004). *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. Ministerstvo životního prostředí.
- SMATANOVÁ, M., SUŠIL, A. (2018). *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2012–2017*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Sekce zemědělských vstupů. Brno
- SOTÁKOVÁ, S. (1982). *Organická hmota a úrodnost půdy*. Příroda. Bratislava.
- STOCKFISH, N. (2006). *Zuckerrüben in der EU. Ertragssicherung mit optimierte Pflanzenschutz*. Auszug aus dem IIRB-Bericht „Sugar Beet in Europe“. s. 212–213.
- STRNADOVÁ, H. (2009). *Dosavadní vývoj a perspektivy trhu s cukrovkou a cukrem (Actual progress and perspective of sugar-beet and sugar market, in Czech)*. Listy cukrovarnické a řepařské, 125, 334-340.
- ŠARAPATKA, B. (2014). *Pedologie a ochrana půdy*. Univerzita Palackého v Olomouci. 232 s.
- TAUFEROVÁ, A. et al. (2014). *Rostlinná produkce*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- TERRY, N., ULRICH, A. (1973). *Effects of phosphorus deficiency on the photosynthesis and respiration of leaves of sugar beet*. Plant Physiology, 51(1), s 43-47.
- Tomášek, M. (2007). *Půdy České republiky*. 4. vydání. Praha: Česká geologická služba. 68 s.+ 41 barevných příloh a mapa. ISBN 978-80-7075-988-1.
- TÓTH, P. et al. (2017) *Škůdci řepy a jejich regulace* [online]. 25.5.2017 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/skudci-repy-a-jejich-regulace>
- TUF, I. H. (2013). *Praktika z půdní zoologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.

VÁCHALOVÁ, R., KOLÁŘ, L., MUCHOVÁ, Z. (2016). *Primární organická hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

VRBA, V., HULEŠ, L. Humus-půda-rostlina (3) Humus a rostlina: Rozpustné humusové látky v ekosystému. Biom.cz. [online]. 2006-11-23 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-3-humus-a-rostlina-rozpustne-humusove-latky-v-ekosystemu>>.

VRTÍLEK, P. (2019). *Vývoj a současný stav pěstování cukrové řepy v České republice*. Úroda, č. 3, s. 79.

*Výroba a využití organických hnojiv – organické látky: Inovace studijních projektů AF Mendelu*. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=4269&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4269&typ=html)

WAKEEL, A., STEFFENS, D., SCHUBERT, S. (2010). *Potassium substitution by sodium in sugar beet (Beta vulgaris) nutrition on K-fixing soils*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 173(1), 127-134.

ZÁHORA J. et al., (2015). *Půda, místo pro život*. Mendelova univerzita v Brně, 107 s.

ZAUJEC, A. et al. (2009). *Pedológia a základy geológie*. Nitra: SPU v Nitre. 399 s.

## 8 PŘÍLOHY

**Příloha č. 1: Odběrové místo B – bez využití chemického ošetření, pouze s mechanickou likvidací plevelů a kypřením**



Zdroj: vlastní

**Příloha č. 2: Zájmové pole o rozloze 20 ha, kde probíhaly všechny klasické agrotechnické zásahy**



Zdroj: vlastní

**Příloha č. 3: Předsoušení odebraných vzorků půdy na vzduchu**



*Zdroj: vlastní*

**Příloha č. 4: Sondážní tyč k odběru vzorků**



Zdroj: vlastní



## Příloha č. 5: Ruční okopávka a kypření



Zdroj: vlastní

**Příloha č. 6: Chlazení vzorků ve vodní lázni před závěrečnou titrací**



Zdroj: vlastní

## Příloha č. 7: Aparatura k chemické analýze vzorků půdy



Zdroj: vlastní

## Příloha č. 8: Příprava jednotlivých sad vzorků půdy



Zdroj: vlastní