

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin  
(FAPPZ)**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Hodnocení kvality půdní organické hmoty v závislosti na  
osevním postupu a systémech hnojení**

**Diplomová práce**

**Bc. Michaela Červená**

**Ochrana a využívání přírodních zdrojů**

**doc. Ing. Martin Kulhánek, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení kvality půdní organické hmoty v závislosti na osevním postupu a systémech hnojení" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci, a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu této diplomové práce panu doc. Ing. Martinu Kulhánkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl v průběhu psaní této práce. Další poděkování patří Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému za poskytnutí informací o pokusech a vzorků k analýzám, a dále projektu Ministerstva zemědělství: NAZV QK21010124: Půdní organická hmota - hodnocení vybraných indikátorů kvality (2021-2025), za finanční zaštitění výzkumu.

# Hodnocení kvality půdní organické hmoty v závislosti na osevním postupu a systémech hnojení

## Souhrn

Tato diplomová práce byla zaměřena na hodnocení vlivů různých systémů hnojení a osevních postupů na složky půdní organické hmoty. V rámci této práce byly vyhodnocovány půdy dlouholetých polních pokusů z řepařské výrobní oblasti (Horažďovice, Jaroměřice, Lípa) a bramborářské výrobní oblasti (Pusté Jakartice, Staňkov a Věrovany). Na lokalitách byl šestihonný osevní postup: cukrovka/brambory (podle výrobní oblasti), ječmen jarní, hrách, řepka ozimá, pšenice ozimá a ječmen jarní. V těchto pokusech bylo použito hnojení minerální (NPK), organické (chlévkový hnůj a zaorávka slámy nebo chrástu) a organominerální (chlévkový hnůj + NPK a zaorávka slámy nebo chrástu + NPK).

Půdní vzorky byly odebrány v roce 2022 po sklizni ječmene jarního a následně v nich byly analyzovány tyto parametry: lehce rozpustný uhlík (DOC), uhlík extrahovatelný horkou vodou ( $C_{HW}$ ), lehce rozpustný glomalin (EEG), celkový glomalin (TG), celkový uhlík ( $C_{TOT}$ ), celkový dusík ( $N_{TOT}$ ), poměr C:N, koeficient kvality půdní organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkový obsah huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlík vázaný ve fluvokyselinách ( $C_{FK}$ ), uhlík vázaný v huminových kyselinách ( $C_{HK}$ ) a poměr  $C_{HK}/C_{FK}$ .

Hlavním cílem práce bylo vyhodnotit stabilní a reaktivní složky půdní organické hmoty v závislosti na systémech hnojení a osevních postupech a následně odhadnout jejich budoucí vývoj. Všemi variantami hnojení došlo k ovlivnění stabilních i reaktivních složek půdní organické hmoty. Je zde však zřetelný trend pro hnojení organické a organominerální. Při čistě minerálním hnojení však nutně nedocházelo k úbytku organické hmoty. Labilní složky půdní organické hmoty (DOC a  $C_{HW}$ ) byly více ovlivňovány variantou hnojení s aplikací slámy. Na stabilních složkách půdní organické hmoty se pak více projevoval vliv hnoje. Výsledky mezi jednotlivými stanovišti byly mimo různých variant hnojení a osevních postupů ovlivňovány i půdně klimatickými podmínkami a docházelo zde ke statisticky průkazným rozdílům. Dá se proto předpokládat, že těmito skutečnostmi bude ovlivněn i budoucí vývoj organické složky půdy na sledovaných lokalitách.

**Klíčová slova:** Půda; Složky půdní organické hmoty; Plodiny; Glomalin

# Evaluation of soil organic matter quality in relationship with crop rotation and fertilizing systems

## Summary

This thesis focused on assessing the impacts of different fertilization systems and cropping sequences on components of soil organic matter. In this study, soils from long-term field experiments in the sugar beet production area (Horažďovice, Jaroměřice, Lípa) and the potato production area (Pusté Jakartice, Staňkov, and Věrovany) were evaluated. At these sites, a six-year cropping sequence was followed: sugar beet/potatoes (depending on the production area), spring barley, peas, winter oilseed rape, winter wheat, and spring barley. The experiments used mineral (NPK), organic (farmyard manure and straw or sugar beets tops incorporation), and organomineral (farmyard manure + NPK and straw or incorporation + NPK) fertilizations.

Soil samples were taken in 2022 after the harvest of spring barley and analyzed for the following parameters: dissolved organic carbon (DOC), hot water-extractable carbon ( $C_{HW}$ ), easily extractable glomalin (EEG), total glomalin (TG), total carbon ( $C_{TOT}$ ), total nitrogen ( $N_{TOT}$ ), C:N ratio, soil organic matter quality coefficient ( $Q_{4/6}$ ), total content of humic substances ( $C_{HL}$ ), carbon bound in fulvic acids ( $C_{FK}$ ), carbon bound in humic acids ( $C_{HK}$ ), and the  $C_{HK}/C_{FK}$  ratio.

The main goal of the thesis was to evaluate the stable and reactive components of soil organic matter depending on the fertilization systems and cropping sequences and to estimate their future development. All fertilization variants influenced both the stable and reactive components of soil organic matter. However, there was a clear trend favoring organic and organomineral fertilization. Purely mineral fertilization did not necessarily lead to a reduction in organic matter. Labile components of soil organic matter (DOC and  $C_{HW}$ ) were more influenced by the fertilization variant with straw application. The influence of manure was more evident on the stable components of soil organic matter. Results between the various sites were also influenced by soil-climatic conditions in addition to different fertilization and cropping practices, leading to statistically significant differences. It can therefore be assumed that these factors will also affect the future development of the organic component of the soil at the monitored sites.

**Keywords:** Soil; Soil organic matter components; Crops; Glomalin

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecké hypotézy a cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Půda.....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Plyná fáze.....	11
3.1.2 Kapalná fáze .....	11
3.1.3 Pevná fáze.....	11
3.1.3.1 Koloběh uhlíku .....	11
3.1.3.2 Sekvestrace uhlíku .....	12
<b>3.2 Organická část půdy .....</b>	<b>13</b>
3.2.1 Primární půdní organická hmota (PPOH).....	14
3.2.1.1 Zdroje PPOH .....	14
3.2.2 Humusové látky .....	15
3.2.2.1 Huminové kyseliny (HK) .....	16
3.2.2.2 Fulvokyseliny (FK).....	16
3.2.2.3 Huminy .....	16
<b>3.3 Ukazatele kvality a obsahu organické hmoty v půdách .....</b>	<b>17</b>
3.3.1 Oxidovatelný uhlík $C_{ox}$ .....	17
3.3.2 Horkou vodou extrahovatelný uhlík (HWEC).....	17
3.3.3 Rozpuštěný organický uhlík (DOC) .....	18
3.3.4 Moderní metody stanovení uhlíku (NIR, FTIR).....	18
3.3.5 Glomalin .....	18
3.3.6 Poměr C:N .....	19
3.3.7 Poměr huminových kyselin a fulvokyseliny HK:FK.....	19
<b>3.4 Půdní úrodnost.....</b>	<b>19</b>
3.4.1 Zvyšování množství a ochrana organické hmoty v půdě.....	20
3.4.1.1 Osevní postupy .....	21
3.4.1.2 Zelené hnojení a meziplodiny .....	21
<b>4 Metodika .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Popis pokusu.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Provedené analýzy.....</b>	<b>24</b>
4.2.1 Reaktivní uhlík stanovený ve výluhu $CaCl_2$ (DOC).....	24
4.2.2 Uhlík stanovený horkou vodou ( $C_{HW}$ ).....	24
4.2.3 Lehce extrahovatelný glomalin (EEG) .....	24
4.2.4 Celkový glomalin (TG).....	25
4.2.5 Koeficient kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ) .....	25
4.2.6 Uhlík vázaný v humusových látkách.....	25

4.2.7	Celkový obsah uhlíku ( $C_{tot}$ ) a dusíku ( $N_{tot}$ ) .....	26
4.2.8	Výpočty poměrů .....	26
4.2.9	Statistické hodnocení .....	26
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>27</b>
5.1	Stanoviště Horažďovice .....	27
5.2	Stanoviště Jaroměřice .....	30
5.3	Stanoviště Lípa .....	33
5.4	Stanoviště Pusté Jakartice .....	37
5.5	Stanoviště Staňkov .....	40
5.6	Stanoviště Věrovany .....	43
5.7	Souhrn pro všechna stanoviště .....	47
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>62</b>

# 1 Úvod

V dnešní době patří mezi největší problémy naší populace znečišťování planety a poškozování všech složek životního prostředí. Nejedná se o novodobý problém, ale s nárůstem lidské populace dochází i ke stále větším dopadům na vnější prostředí. I díky globálnímu přístupu k informacím a lepším vědeckým technologiím, jsou témata spojená s poškozováním životního prostředí v posledních letech více zdůrazňována.

Půda je neobnovitelný přírodní zdroj, a i proto je cenným přírodním bohatstvím. Jedná se o životní prostředí většiny rostlin a velkého množství živočichů. V dnešní době je však půda ovlivňována a ohrožována mnoha vnějšími vlivy a dochází k její degradaci. K ohrožení půdy přispívá hlavně acidifikace, její zhutnění, sesuvy, větrná a vodní eroze, kontaminace, způsob hospodaření a hnojení a s tím spojený úbytek půdní organické hmoty.

Právě půdní organická hmota je důležitým ukazatelem o kvalitě půdy. Funkčnost půdního systému je zásadně spojena s obsahem půdní organické hmoty a závisí především na její kvalitě. Základním stavebním prvkem půdní organické hmoty je uhlík, původně získaný ze vzduchu. Bilance půdní organické hmoty je výsledkem vstupů a výstupů C/CO<sub>2</sub> mezi půdou a vzduchem. Kvalita půdní organické hmoty je tvořena složitějšími mechanismy. Změny v obsahu a kvalitě půdní organické hmoty znamenají změny ve stabilitě/labilitě přírodního prostředí. Současné intenzivní využívání půdy snižuje množství a kvalitu půdní organické hmoty s nežádoucími důsledky. Ochrana půdní organické hmoty je vlastně ochranou půdy.

Tato práce je zaměřena na hodnocení kvality půdní organické hmoty a jejích složek dle osevních postupů a způsobů hnojení. V rámci práce byly hodnoceny výsledky z dlouhodobých polních pokusů z Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského s různými systémy hospodaření a vliv těchto systémů na obsah i kvalitu půdní organické hmoty.



## **2 Vědecké hypotézy a cíle práce**

Hypotézy:

- 1) Různé systémy hnojení ovlivní v dlouhodobém horizontu i stabilní složky půdní organické hmoty.
- 2) Osevní postup a aplikace slámy pravděpodobně ovlivní zejména reaktivní komponenty půdní organické hmoty.
- 3) Minerální hnojení nemusí nutně vést k poklesu obsahu půdní organické hmoty.

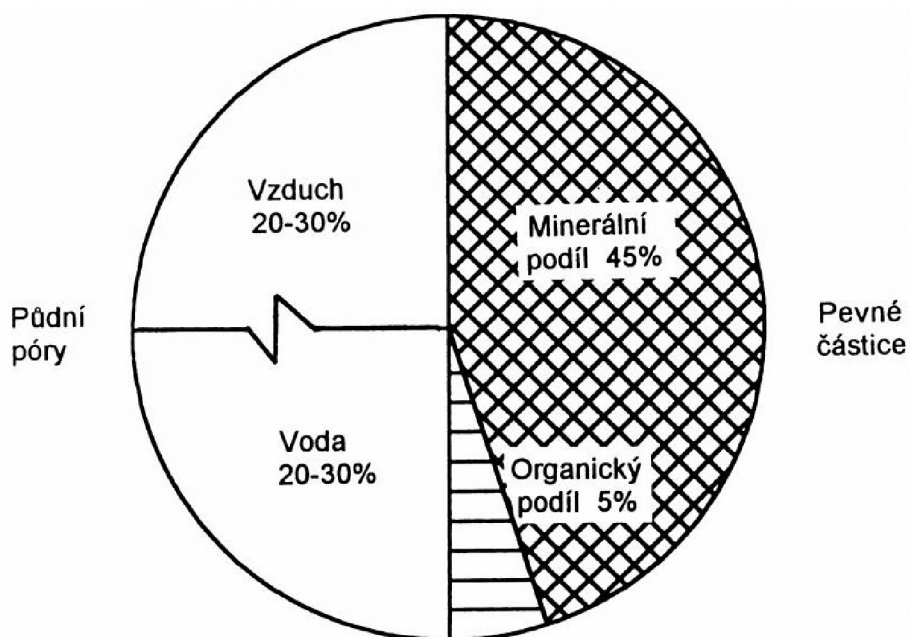
Cílem této práce je vyhodnocení stabilní i reaktivní složky půdní organické hmoty v dlouhodobých přesných polních pokusech s různými systémy hnojení i osevními postupy. Dalším cílem je odhadnutí vývoje jednotlivých složek půdní organické hmoty v závislosti na osevním postupu a systémech hnojení.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Půda

Půda je přirozeným stanovištěm pro většinu rostlin, zajišťuje jim vhodné životní podmínky, vodu a živiny. Zároveň se jedná o životní prostředí mnoha živočichů, které neustále vzniká a vyvíjí se. Vznik půdy je však velmi dlouhodobý proces, jež závisí na podmínkách prostředí a vlastnostech matečné horniny. I přes to, že přeměna matečné horniny v půdu je považována za plynulý proces, dělíme jej do tří fází vývoje. V první fázi je hornina působením fyzikálních jevů zvětrávána a dochází k jejímu rozpadu. Následně rozpadlá hornina podléhá chemickým procesům, čímž dochází k uvolňování živin. Do druhé fáze též patří biologické zvětrávání, to je způsobeno činností mikroorganismů. Nakonec během půdotvorného procesu dochází ke vzniku půdy. Všechna tato stadia vývoje probíhají souběžně, proto je vznik půdy plynulým procesem (Vaněk et al., 2016; Urban a Šarapatka, 2003).

Jedná se o neobnovitelný zdroj, nebo jen obtížně obnovitelný, který je podstatný pro nás i budoucí generace. Na půdě závisí celé zemědělství a jeho produkce, proto musíme půdu chránit. Kutílek a Nielsen (2015) uvádí, že při opakované každoroční produkci stejné plodiny (např. kukuřice nebo pšenice) v kombinaci s intenzivním obděláváním půdy dochází k ničení její struktury. Oproti tomu v případě konzervačního obdělávání půdy, kde nedochází k orbě, je půdní struktura zachovávána. K tomu přispívá i střídání plodin jako jsou čočka, hrách a drobné obiloviny. Výsledkem takového obdělávání půdy není pouze zvýšená stabilita agregátů a vysoká sklizeň, ale i vyšší množství rostlinných zbytků, které tvoří kvalitní základ pro zvýšenou produkci glomalinu. Jak je vidět na Obrázku 1, půda tvoří heterogenní systém, který se skládá ze tří hlavních fází.



**Obrázek 1** Zastoupení jednotlivých fází půdy v obj. % (anonym, 2014)

### 3.1.1 Plynná fáze

Půdní vzduch má stejné složení jako atmosféra, množství jednotlivých plynů se zde však liší. Například oxidu uhličitého může být v půdě až 10x větší množství než v atmosféře. Součástí půdního vzduchu je i vodní pára, jejíž množství je v půdě též vyšší. Póry v půdě bývají zaplněny vzduchem i vodou, jejich obsah závisí na velikosti pórů a celkové pórovitosti (Vaněk et al., 2016; Urban a Šarapatka, 2003).

### 3.1.2 Kapalná fáze

Voda se v půdě vyskytuje v různých fázích. Vlivem srážek, změnou ročních období, nebo aktivitou organismů, dochází v půdním roztoku ke kvalitativním i kvantitativním změnám. Voda v půdě je důležitá pro růst rostlin, ale i pro průběh chemických, fyzikálních i biologických procesů. Představuje transportní médium pro živiny a látky v půdě. To je zásadní pro výživu rostlin, protože jejím prostřednictvím jsou látky z půdního prostředí dopravovány ke kořenům rostlin, kde mohou být přijímány. Množství rozpuštěných sloučenin a látek v půdě je ovlivněno i hodnotou pH půdy (Vaněk et al., 2016; Urban a Šarapatka, 2003).

### 3.1.3 Pevná fáze

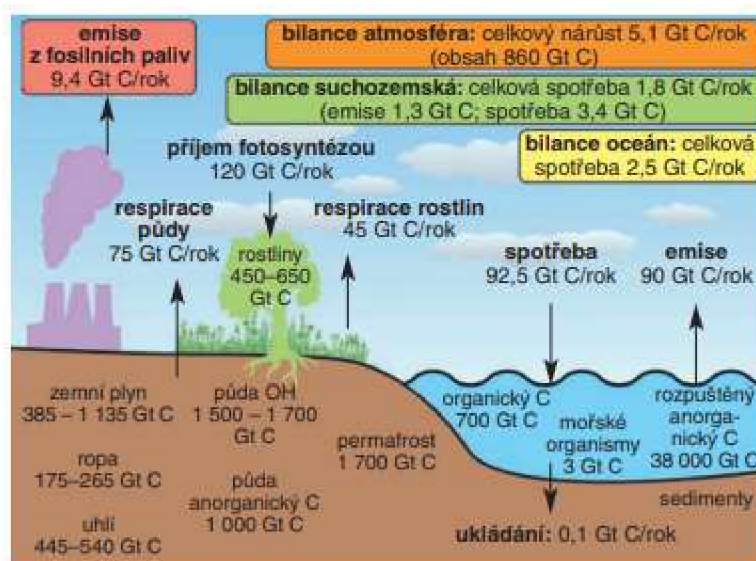
Jak je vidět na Obrázku 1, pevná fáze představuje největší složku půdy a dělí se na organický a minerální podíl. Větší část tvoří minerální podíl, který se dále dělí na primární a sekundární minerály. Vzniká erozí matečné horniny, což vede k tvorbě zbytků hornin a prvotních minerálů. Ty mají vliv primárně na chemické a fyzikální vlastnosti půd. Podle prvků, které jsou obsaženy v matečné hornině, dochází k působení na vývoj půd, tvorbu sekundárních minerálů, pH a další.

Primární minerály jsou obsahově největší částí pevné fáze u většiny půd, ale mají minimální vliv na sorpci jak živin, tak vody. To je způsobeno malým povrchem částic. U sekundárních minerálů je to přesně naopak, jejich vliv na sorpci živin a poutání vody je významný, vzniká zde tzv. půdní sorpční komplex. Jedná se o soubor půdních koloidů, které mají na povrchu záporný náboj, tím dochází k velké sorpci kationtů (Vaněk et al., 2016; Urban a Šarapatka, 2003).

#### 3.1.3.1 Koloběh uhlíku

Uhlík je pro život na Zemi základní složkou. Jak je vidět na Obrázku 2, najdeme ho ve všech složkách životního prostředí – atmosféra, oceány, půda a biosféra – tyto složky jsou zároveň i hlavní aktivní zásobníky uhlíku, mezi kterými dochází k jeho přenosu. V atmosféře se hojně vyskytuje jako oxid uhličitý, ale najdeme ho zde např. i jako metan, oxid uhelnatý a další. Ve velmi malém množství je zde přítomen i ve formě uhlovodíků. Z atmosféry je neustále odčerpáván právě oxid uhličitý, který je pomocí fotosyntézy vázán do biomasy. Dále je uhlík v biosféře ukládán v opadu rostlin a zbytcích živočichů, v půdě a rašelině. Uhlík najdeme v půdě jako prvek ve formě diamantu a grafitu nebo je součástí nerostů kde se vyskytuje jako uhličitán. V zemské kůře se však nejvíce vyskytuje ve formě organických látek, je nedílnou součástí uhlí, ropy a zemního plynu. V oceánech se uhlík nachází jako

rozpuštěný anorganický nebo organický uhlík a organický uhlík v biomase organismů (Šimek, 2021).



**Obrázek 2** Globální cyklus uhlíku a jeho jednotlivé toky v gigatunách (Šimek, 2021)

Uhlík také najdeme ve všech organických látkách, je proto nedílnou součástí biomasy, a to proto, že se jedná o základní rostlinný prvek. I cyklus života všech organismů a rostlin je spojen s koloběhem uhlíku, ten se totiž během životního cyklu ukládá do různých látek tvořících biomasu. Následně je uhlík uvolňován rozkladnými procesy a mineralizací ve formě jednoduchých sloučenin, k tomu dochází po odumření organismů (Šimek, 2021).

Pro rostliny je důležitý příjem uhlíku z atmosférického  $\text{CO}_2$ . Vzhledem k tomu, že ho v atmosféře nikdy není takový nedostatek, aby se stal limitujícím faktorem růstu, nedodává se do půdy v žádné formě jako hnojivo. Uhlík obsažený v organických sloučeninách v půdě také nelze využít jako zdroj živin (Chand, 2014).

Jak bylo již dříve zmíněno, půda je přirozeným zásobníkem uhlíku a zlepšení půdní biodiverzity úzce souvisí se zvýšením množství uhlíku uloženého v půdě. Je to nezbytné pro snížení emisí skleníkových plynů a zmírnění klimatických extrémů. Globální cyklus C zahrnuje významnou zásobu uhlíku v suchozemských půdách, ta je kriticky důležitá pro zemědělskou produkci. Globální degradace půdy je silně spojená s vyčerpáním této zásoby uhlíku (Lal, 2021). Historická ztráta C z fondu půdní organické hmoty (SOM) mezi lety 1850 a 2000 se odhaduje na  $78 \pm 12$  Gt C ve srovnání s emisemi  $270 \pm 30$  Gt C ze spalování fosilních paliv (Lal, 2009).

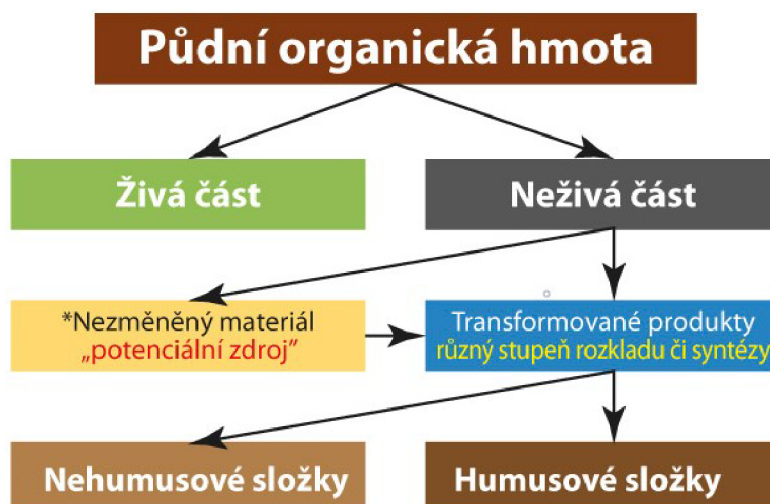
### 3.1.3.2 Sekvestrace uhlíku

Tento pojem je v poslední době dosti zmiňován ve spojení s globálním oteplováním nebo zemědělstvím. Jedná se o proces, kdy je oxid uhličitý odstraňován z atmosféry a dlouhodobě ukládán v organických nebo anorganických zdrojích. Sekvestrace uhlíku je důležitým procesem v rámci cyklu uhlíku a v zemědělství se často diskutuje v souvislosti s agroekologickými praktikami, které mohou zvyšovat obsah organického uhlíku v půdě. Lal (2004) uvedl,

že zvýšení zásoby uhlíku v degradované orné půdě o 1 tunu může zvýšit výnosy plodin o 20 až 40 kilogramů na hektar (kg/ha) u pšenice, 10 až 20 kg/ha u kukuřice a 0,5 až 1 kg/ha u hrachu. Také se zvažuje možnost využití sekvestrace uhlíku ve světových půdách prostřednictvím zvýšení zásoby SOM za účelem stabilizování množství skleníkových plynů v atmosféře (Lal, 2009). Organickým hnojením nebo obecně zvýšením obsahu dodávané organické hmoty do půdy lze zvýšit sekvestraci uhlíku (Šimek, 2021). Míra sekvestrace půdního organického uhlíku (SOC) v půdě je však řízena nejen množstvím, ale také kvalitou, tedy poměrem C:N (Lal, 2021).

### 3.2 Organická část půdy

Jedná se sice o podílově menší část půdy (viz Obrázek 1), ale úzce souvisí s půdní úrodností a půdními vlastnostmi, které velmi významně ovlivňuje. Má vliv na sorpční schopnost půdy, cyklus živin, odolnost vůči erozi a kolísání pH, pevnost půdy a další. Jedná se o velmi heterogenní směs a dělíme ji na živou a neživou část. Rozdělení složek půdní organické hmoty je znázorněno na Obrázku 3.



**Obrázek 3** Rozdělení složek organické hmoty v půdě (Černý et al., 2019)

Živá část půdní organické hmoty se podílí na většině rozkladných, syntetických či transformačních procesů a to díky mikroedafonu, který zahrnuje např. houby, bakterie a sinice. Dále sem řadíme i rostliny, jejichž kořenový systém je v kontaktu s půdními částicemi, čímž dochází k přímému poskytování exsudátů (zdroj energie a živin) mikroorganismům.

Neživá část půdní organické hmoty je tvořena především rostlinnými, živočišnými a mikrobiálními zbytky a můžeme ji dělit na humusové látky a nehumusové látky, tedy „primární“ půdní organickou hmotu (Vaněk et al., 2016; Smatanová, 2021; Jeřábková, 2019). Šantrůčková et al. (2018) uvádí, že hlavním zdrojem půdní organické hmoty je rostlinná biomasa vznikající fotosyntézou vyšších rostlin, řas a sinic. Dle Chand (2014) je organická hmota v půdě zdrojem dusíku, fosforu (5 – 60 %) a síry (snad až 50 %), kromě toho může půdě dodávat i různé stopové prvky, jako je bór, molybden a další. Organická hmota je také hlavním zdrojem energie pro půdní mikroorganismy.

V literatuře chybí přesné definice těchto pojmů, Tan (2003) upozorňoval na problematiku záměny či spojování pojmů humusu a primární půdní organické hmoty. Uvedl, že považovat humus za synonymum primární půdní organické hmoty je nešťastné a v odborné literatuře matoucí a zavádějící. Dle Manlay et al. (2007) je půdní organická hmota chápána jako neživý produkt rozkladu rostlinných a živočišných látek. Z historického hlediska dělí definici pojmu půdní organické hmoty na humusové, mineralizační a ekologické období.

### 3.2.1 Primární půdní organická hmota (PPOH)

Je tvořena veškerým organickým materiálem rostlinného i živočišného původu, který se vyskytuje v půdě jak v nerozloženém stavu, tak v různém stupni rozkladu. Primární půdní organická hmota tvoří z celkového obsahu organické hmoty v půdě zhruba 5 – 15 % (Balík et al., 2019).

Jedná se o původní organickou hmotu, jako jsou cukry, tuky, bílkoviny, organické kyseliny, celulóza a další. Tyto látky jsou v půdě přeměňovány procesy rašelinění, humifikace, mineralizace nebo karbonizace. Při přeměně nerozložených rostlinných a živočišných zbytků mikroorganismy dochází k uvolňování značného množství energie. Ta je pro rozvoj půdního společenstva nezbytná. Konečnými produkty mineralizace jsou voda, amoniak, CO<sub>2</sub>, ionty a mikroelementy. Rychlost jejich rozkladu závisí na půdních podmínkách, jejich složení a dalších faktorech. Pro úplnou transformaci organických látek v půdě je zapotřebí maximální přístup vzduchu (Vaněk et al., 2016; Jeřábková, 2019; Vrba a Huleš 2006). Například organické kyseliny, škrob, fruktóza, laktóza a glukóza se rozkládají poměrně rychle, pomalejší je rozklad bílkovin a tuků. Lignin, vosk a pryskyřice jsou oproti těmto látkám velmi odolné (Kutílek a Nielsen 2015).

#### 3.2.1.1 Zdroje PPOH

Jedním ze zdrojů PPOH je kořenová exsudace, kdy dochází k působení kořenového systému na rhizosféru. Průběh fyziologických procesů je zajištěn přítomností organických látek, a to především sacharózy, která je do kořenů transportována z nadzemních částí rostlin. Významná část uhlíku (až 40 %) je vylučována do oblasti kolem kořenů ve formě jednodušších organických sloučenin, tzv. kořenových sekretů. Ty jsou tvořeny primárně cukry a organickými kyselinami (např. jablečnou, citronovou, vinnou, atd.), dále se zde vyskytují i složitější látky, jako jsou vitamíny nebo enzymy. Exsudáty se proto značně podílejí na obsahu živin v rhizosféře a na vývoji mikroorganismů. Vstupující množství organických látek, které se každým rokem dostane do půdy, se různí v závislosti na okolních podmínkách. V případě částí nadzemních rostlin je množství vstupující organické hmoty relativně dobře známo. To neplatí pro přísun látek z kořenových exsudátů a odumřelých částí rostlin, kde je množství látek většinou dost nejasné (Šimek 2021; Vaněk et al., 2016).

Dalším zdrojem primární půdní organické hmoty jsou odumřelé mikroorganismy a makroedafon. Tyto látky tvoří kvalitní organický substrát, který je využíván dalšími populacemi organismů. Slouží jako zdroj organických látek a při mikrobiálním rozkladu i jako zdroj minerálních živin.

Kořenové zbytky a odumřelé části kořenů (vlasové kořínky, buňky z povrchu kořenů a kořenové čepičky), které se v půdě vyskytují jak během vegetace, tak i po sklizni plodin, jsou

dobře rozložitelným materiálem, který také slouží jako zdroj organických látek. Jednotlivé plodiny zanechávají v půdě různé množství kořenové hmoty. Podle toho je různý i přísun organických látek. Velké množství této hmoty zanechávají v půdě jeteloviny a traviny, o poznání méně poté okopaniny a různé druhy zeleniny. S tímto zdrojem PPOH jsou spojeny také zbytky nadzemních částí rostlin a jejich opad, který je tvořen listy, květy a částmi stonků. Množství posklizňových zbytků, a tedy i následného zdroje živin, opět závisí na rozmanitosti pěstovaných plodin. Nejvíce biomasy bude na stanovišti zůstat po okopaninách nebo košťálovinách.

Jako zdroj PPOH jsou uváděna i statková hnojiva, která jsou součástí koloběhu látek, a to primárně v zemědělství. Jedná se pouze o omezené množství, ale v kombinaci s minerálními hnojivy mají pozitivní vliv na půdní úrodnost (Vaněk et al., 2016).

Obecně však platí, že k intenzivnímu rozkladu organických látek, s čímž souvisí i postupné uvolňování živin, dochází v případě, že má půda tomu odpovídající kvalitu (Kutílek a Nielsen 2015).

### **3.2.2 Humusové látky**

Jedná se o vysokomolekulární humusové látky, které vznikají za omezeného přístupu vzduchu. V kombinaci s přítomností enzymů vyloučených mikroorganismy se tak tvoří složité organické či organominerální látky, ty jsou jinak nazývány jako trvalý humus (Vrba a Huleš 2006). Waksman (1936) definoval humus jako "Složité agregát hnědých až tmavě zbarvených amorfních látek, které vznikly při rozkladu rostlinných a živočišných zbytků mikroorganismy za aerobních a anaerobních podmínek, obvykle v půdě, kompostu, rašeliništích a vodních nádržích". Chand (2014) vymezuje pojem humus pouze jako: „Více či méně stabilní část půdní organické hmoty, která zůstává po rozkladu většiny přidaných rostlinných a živočišných zbytků. Obvykle má tmavou barvu“. Stejný autor upozorňuje i na fakt, že tento termín bývá často použit jako synonymum pro půdní organickou hmotu. Dále proto pokračuje tvrzením, že půdní organická hmota je organická část půdy, která zahrnuje rostlinné a živočišné zbytky v různých stádiích rozkladu, buňky a tkáně půdních organismů a látky syntetizované půdní populací. Manlay et al. (2007) taktéž upozorňuje na to, že i v dnešní době dochází k záměnám pojmů humus a SOM a to hlavně proto, že humus je charakterizován jako neživá, jemně rozdělená organická hmota v půdě, která vzniká mikrobiálním rozkladem živočišných a rostlinných látek.

K tvorbě humusových látek dochází během procesu humifikace a jedná se o stabilní organickou hmotu, která je tvořena fulvokyselinami, huminovými kyselinami a huminy. Tento soubor látek podstatně ovlivňuje obsah živin a půdní úrodnost z čehož dále vyplývá i pozitivní vliv na strukturu půdy. Zároveň jsou tyto sloučeniny schopny vázat těžké kovy a další škodlivé látky z půdy (Vaněk et al., 2016).

Všechny tři výše zmíněné skupiny jsou v půdě relativně stabilní. Fulvokyseliny mají nejnížší poločas rozpadu (v rozmezí 10 až 50 let), zatímco nejdelší poločas rozpadu mají huminy (dosahující až několika staletí). Půdy s černou barvou ve svrchních horizontech patří k nejúrodnějším půdám, říká se jim černozemě, právě díky černé barvě půdy. Humus těchto půd má vysoký obsah huminů (Kutílek a Nielsen 2015).

Obsah humusové složky v půdách je různý a pohybuje se kolem 2 až 12 %, zároveň humusové látky tvoří 85 – 90 % organických látek v půdě. Humus významně ovlivňuje chemické, fyzikální i fyzikálně-chemické vlastnosti půdy (Balík et al., 2019). Oproti tomu Kutílek a Neilsen (2015) uvádí, že v úrodných půdách je množství rozpadlých a humifikovaných zbytků rostlin řádově menší než množství minerálních látek. Procentuálně je pak celkový obsah organické hmoty ve svrchním horizontu mnoha půd kolem 3 % hmotnosti a pohybuje se od méně než 1 % v pouštních půdách až po asi 5 % v préríjných půdách.

#### 3.2.2.1 Huminové kyseliny (HK)

Tvoří nejhodnotnější složku humusových látek, jedná se o velmi heterogenní směs a mají tmavě hnědou až šedou barvu. Huminové kyseliny se vyznačují svou vysokou molekulovou hmotností a tedy i velikostí molekuly. Jsou tvořeny z 52 – 62 % uhlíkem, 30 – 39 % kyslíkem, 2,5 – 5 % vodíkem a 3 – 5 % dusíkem. Dále bývají součástí jejich molekul i zbytky látek, ze kterých huminové kyseliny vznikají. Jedná se například o aminokyseliny, fenoly a další.

Rozpustnost těchto látek ve vodě se zhoršuje s velikostí molekuly, avšak v alkalickém prostředí jsou tyto látky rozpustné. Zároveň jsou huminové kyseliny schopné vázat do špatně rozpustných sloučenin těžké kovy, čímž omezují jejich mobilitu v půdě a zabraňují jejich příjmu rostlinou. Další vlastností těchto látek je jejich pufrací schopnost, to znamená, že udržují stálé pH půdy. Také mají střední odolnost vůči mikrobiálnímu rozkladu.

Velmi významně se podílejí na vzniku a udržení sorpčního komplexu. Jílové minerály s huminovými kyselinami tvoří v půdě organominerální komplexy, ty jsou základem pro vznik pórovitých agregátů, které jsou důležité pro stabilní strukturu půdy (Balík et al., 2019; Vrba a Huleš 2006; Kutílek a Nielsen 2015).

#### 3.2.2.2 Fulvokyseliny (FK)

Jsou to organické kyseliny koloidního charakteru, které jsou tvořeny ze 45 – 48 % uhlíkem, 43 – 48,5 % kyslíkem, 1,5 – 3 % dusíkem a 0,5 – 6 % vodíkem. V porovnání s huminovými kyselinami jsou světle žluté až žlutohnědé barvy, mají menší molekulovou hmotnost a procentuálně menší zastoupení uhlíku a dusíku v molekule, avšak vyšší zastoupení kyslíku.

Jedná se o látky dobře rozpustné v celém rozsahu pH, rozpouští se tedy ve vodě, kyselinách i zásadách a jsou díky tomu dobře pohyblivé v půdním profilu. Dále mají nejnižší kationtovou výměnnou kapacitu a jsou nejnáchylnější k mikrobiálnímu rozkladu. Roztoky fulvokyselin jsou silně kyselé, to je dáno přítomností karboxylových skupin. Díky svému nízkému pH působí agresivně na minerální část půdy a zbavují ji tak živin a koloidních látek. Zvýšené množství fulvokyselin v půdě proto ovlivňuje kyselost půdního roztoku a vede k degradaci půdy (Balík et al., 2019; Vrba a Huleš 2006; Kutílek a Nielsen 2015).

#### 3.2.2.3 Huminy

Huminy mají ze všech humusových látek nejvyšší molekulovou hmotnost a kationtovou výměnnou kapacitu. Charakteristická je pro ně černá barva v roztoku a nerozpustnost ve vodě i v celém rozsahu pH. Oproti huminovým kyselinám a fulvokyselinám obsahují více uhlíku



a méně kyslíku. Pevně se váží na minerální část půdy, díky tomu jsou vysoce odolné proti kyselinám, zásadám i mikroorganismům. V půdě mají tyto látky význam zejména při tvorbě půdní struktury, dále při tvorbě organominerálního sorpčního komplexu a méně pro chemismus půd (Balík et al., 2019; Vrba a Huleš 2006).

### 3.3 Ukazatele kvality a obsahu organické hmoty v půdách

Největším světovým zdrojem uhlíku na souši je organická hmota, přičemž v půdě se vyskytuje dvojnásobné množství uhlíku než v atmosféře. Koloběh organického uhlíku ( $C_{org}$ ) je závislý na jeho uvolňování a poutání rostlinami a mikroorganismy. Organický uhlík v půdě je dělen do tří skupin: na volný, stabilní a aktivní uhlík. Volný uhlík, se už podle svého názvu, neváže a není proto součástí minerálních agregátů. Stabilní uhlík nepodléhá mineralizaci ani biologickému rozkladu a je součástí fulvokyselin, humusových kyselin a huminů. Oproti tomu snadno rozložitelné sloučeniny tvoří aktivní uhlík, kterému se také přezdívá labilní a jeho oxidací dochází ke snižování obsahu humusu v půdách (Šarapatka, 2014).

Labilní frakce C v půdě jsou ty frakce, které se snadno mění v průběhu vegetačního období v důsledku způsobů hospodaření. Tyto frakce jsou považovány spíše za měřítko kvality než kvantitativní SOM a jsou důležitými ukazateli půdního zdraví. Mezi zdroje labilního C patří stabilní humus, rostlinné a kořenové zbytky, půdní organismy, výměšky živočichů a organická hnojiva (Lal, 2021).

K určení organického uhlíku v půdě se využívají parametry  $C_{org}$  a  $C_{ox}$  (oxidovatelný uhlík). Dalšími parametry, které slouží pro kvalitativní popis organické hmoty, jsou poměr HK:FK, barevný kvocient  $Q_{4/6}$ , poměr C:N nebo glomalin. Pro výpočet celkového obsahu humifikované SOM je využíván Bemmelenův konverzní faktor 1,724, který platí v případě, že humus obsahuje 58 % uhlíku. Výsledkem je poté přibližný obsah organické hmoty v půdě a s rostoucí hloubkou půdního profilu tato hodnota klesá. Protože v půdě je možné určit více forem uhlíku, je důležité uvádět jeho typ a metodu stanovení (Smatanová, 2021; Šimek 2021).

#### 3.3.1 Oxidovatelný uhlík $C_{ox}$

Tento parametr vyjadřuje primární půdní organickou hmotu ve formě rozložených i nerozložených látek živočišného i rostlinného původu. Stanovení probíhá např. v kyselém nadbytku kyseliny sírové za přesně definovaných podmínek, kdy je  $C_{ox}$ , který je vázaný v zemině oxidován kyselinou chromovou. Nespotřebovaný nadbytek kyseliny chromové je následně titrován Mohrovou solí  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ . Vynásobením získané hodnoty oxidovatelného uhlíku s přepočítávacím faktorem 1,724 zjistíme přibližnou hodnotu humusu v půdě. V České republice je zavedeno plošné sledování  $C_{ox}$  pomocí systému agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZPP), které provádí ÚKZÚZ za účelem rozšíření informací o stavu půdy (Smatanová, 2021; Pokorný et al., 2007).

#### 3.3.2 Horkou vodou extrahovatelný uhlík (HWEC)

Tvoří jen několik procent z celkové půdní organické hmoty a používá se pro stanovení její labilní frakce. Jedná se o indikátor kvality půdy, který úzce souvisí i s půdní mikrobiální biomasou, dále reaguje na změny vnějších podmínek, jako je např. změna způsobu hospodaření.

Ghani, et al. (2003) uvádí, že různé způsoby využití půdy na stejném půdním typu se na množství HWEC projevovaly mnohem více než na množství  $C_{org}$ . Hamkalo a Bedernichek (2014) během svého výzkumu potvrdili důležitou informační roli parametru HWEC a Šeremešić et al. (2013) považují HWEC za složku organické hmoty, která by mohla obsahovat snadno dostupné živiny pro růst rostlin.

### 3.3.3 Rozpuštěný organický uhlík (DOC)

Jedná se o malou, ale důležitou část celkového půdního uhlíku. Skládá se z mnoha jednotlivých sloučenin s různou velikostí, reaktivitou a funkcí a má zásadní význam pro půdotvorné procesy. Podílí se na velkém množství důležitých interakcí s rostlinami, mikroby a minerály. Chemické složení DOC vznikajícího během rozkladu může ovlivnit množství uhlíku, který se nakonec v půdě zadrží. Stanovení DOC lze provést v roztoku nebo výluhu stanovením organického uhlíku ( $C_{org}$ ) nebo oxidací org. hmoty v kyselém prostředí pomocí roztoku  $K_2Cr_2O_7$  (Tejnecký, et al. 2014; Jason a Harrison, 2023). Jones a Willett (2006) pro stanovení parametru DOC, s cílem přímého srovnávání s dalšími studiemi, navrhuji zavedení extrakčního postupu, kdy je vlhká půda extrahována destilovanou vodou, 0,5 M  $K_2SO_4$  nebo 2 M KCl v poměru 1:5 w/v po dobu 1 hodiny.

### 3.3.4 Moderní metody stanovení uhlíku (NIR, FTIR)

Mezi moderní metody stanovení uhlíku v organické hmotě patří střední infračervená spektroskopie (FTIR) a blízká infračervená spektroskopie neboli NIR. V případě FTIR dochází k měření pohlceného infračerveného záření o různé vlnové délce, které prochází analyzovaným materiálem. Jedná se o moderní možnosti stanovení obsahu SOM ( $C_{TOT}$  nebo  $C_{org}$ ) a její kvality (tzn. humusové látky, huminové kyseliny, fulvokyseliny, dále stupeň humifikace nebo barevného kvocientu  $Q_{4/6}$ ). Jedná se však o sekundární instrumentální metody, to znamená, že u nich vždy bude nižší přesnost než u standardní laboratorní analýzy (Menšík, 2022).

### 3.3.5 Glomalin

Jedná se o stabilní sloučeninu – glykoprotein, která nepodléhá tepelné degradaci a je nerozpustná ve vodě. Je produkován hyfami arbuskulárních mykorhizních hub (AMF), které žijí s rostlinou v symbióze. Houby se vyskytují uvnitř kořenů a v půdě blízko nich, tedy v rhizosféře. Primárně po jejich odumření dochází k uvolňování glomalínu do půdy, kde působí na půdní částice za vzniku agregátů. Symbióza těchto hub s rostlinou ovlivňuje také například obsah živin nebo fyziologii rostliny – hustotu kořenů, jejich strukturu větvení a propletení s půdními částicemi, atd. Zároveň je činností AMF řízena do jisté míry i dříve zmíněná tvorba půdních agregátů. Glomalin je silným pojivem, zvyšuje tak jejich stabilitu (Lal, 2021). Větší pevnější a stabilnější půdní agregáty pak vznikají právě u půd s vysokým obsahem organické hmoty, naopak je to u půd s nízkým obsahem organické hmoty v půdě (Křen et al., 2018).

Zvyšováním zisku živin a zmírňováním stresových podmínek rostlin podporují AMF jejich růst a vývoj, zlepšují strukturu půdy a také hrají klíčovou roli při ukládání uhlíku v půdě. Glomalin se používá jako indikátor kvality půdy, protože se jedná o látku až z 59 % tvořenou uhlíkem, která je v půdě velmi stálá – měsíce až roky. Dále je tento glykoprotein tvořen

z 3 – 5 % dusíkem, 4 – 6 % vodíkem, 33 – 49 % kyslíkem a 0,03 – 0,1 % fosforem. Glomalin také obsahuje 0,8 – 8,8 % železa. Uvádí se, že by to mohlo být příčinou načervenalé barvy glomalinových extraktů (Smatanová, 2021; Singh et al., 2013; Wright a Upadhyaya, 1998).

### **3.3.6 Poměr C:N**

Tento údaj poskytuje informaci o kvalitativním složení humusu. Jedná se o poměr celkového uhlíku k celkovému dusíku, nebo se dá vyjádřit i jako poměr huminových kyselin a fulvokyselin. Za kvalitní humus je považován ten, jehož poměr C:N je 10:1 a méně. S rostoucí hodnotou uhlíku v poměru C:N je humus považován za méně kvalitní (Sáňka a Materna, 2004).

Chand (2014) uvádí, že u pšeničné slámy je poměr C:N téměř 80:1, zatímco v půdě je to 10:1. Když se do půdy aplikuje nerozložená sláma s vysokým poměrem C:N, její poměr C:N se bakteriálním rozkladem sníží. Pro urychlení bakteriálního rozkladu se do půdy v době obracení slámy přidává dusíkaté hnojivo. Například posklizňové zbytky s nižším poměrem C:N, (např. luskoviny), se rozkládají rychleji než zbytky s vyšším poměrem (ostatní plodiny), což má za následek nižší obsah SOC v hloubce 0 – 15 cm u krycích plodin luskovin než u ostatních plodin (Lal, 2021).

### **3.3.7 Poměr huminových kyselin a fulvokyseliny HK:FK**

Pro spolehlivější údaj o kvalitě humusových látek je však využíváno poměru HK:FK. Kvalita humusových látek vzrůstá s vzrůstajícím obsahem huminových kyselin. Poměr 2:1 a více je považován za ukazatel vysoké kvality a je charakteristický pro černozemě. Půdy s tímto poměrem jsou odolnější ke zhutnění a okyselení. Oproti tomu nekvalitní poměr HK a FK nabývá hodnot kolem 0,5:1 a vyskytuje se např. u podzolu (Pokorný et al., 2007; Sáňka a Materna, 2004).

## **3.4 Půdní úrodnost**

Tento pojem lze definovat např. jako schopnost půdy podporovat růst rostlin, ale přesná a výstižná charakteristika je obtížná, navíc se definice tohoto pojmu napříč literaturou liší. Vaněk (2016) uvádí, že půdní úrodnost je komplex příznivých fyzikálních, chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů a vlastností půd určitého stanoviště, které se vzájemně kombinují a ovlivňují a s vnějšími vlivy vytváří podmínky pro růst rostlin. Ellis a Foth (1997) tvrdí, že půdní úrodnost je stav půdy s ohledem na její schopnost dodávat prvky nezbytné pro růst rostlin bez toxické koncentrace některého prvku. Úrodné půdy pak mají přiměřenou a vyváženou zásobu prvků, které jsou dostatečně pohyblivé pro uspokojení potřeb rostlin. Patzel et al. (2000) dále upozorňují na nutnost rozlišovat kvalitu půdy a půdní úrodnost jako samostatné pojmy. Navrhují proto definici půdní úrodnosti jako: „Úrodnost půdy označuje určitou vlastnost půdy, která je však "skrytá". Tuto vlastnost nelze nahradit nebo doplnit dalšími atributy, aniž by se změnil (nahradil) termín. Její pojetí je ovlivněno hodnotovými názory a konkrétní vlastnosti se budou u jednotlivých půdních zdrojů lišit.“ A definici kvality půdy jako: „Kvalita půdy zahrnuje neurčitý (otevřený) soubor hmotných nebo dispozičních vlastností půdy. Tyto atributy mohou být nahrazeny nebo doplněny jinými atributy, aniž by bylo nutné měnit termín. Atributy přiřazené termínu se budou u jednotlivých půd a různých požadavků

lišit, protože termín je ovlivněn hodnotovými názory“. Chand (2014) shrnul pojem půdní úrodnosti jako přirozenou schopnost půdy dodávat rostlinám živiny v dostatečném množství a ve vhodném poměru.

Půdní úrodnost se pro jednotlivá stanoviště liší, to proto, že se jedná o soubor stabilních velmi těžce ovlivnitelných složek (zrnitost, obsah živin, matečná hornina, ...) a soubor složek snadněji ovlivnitelných (např. množství primárních organických látek a činnost mikroorganismů), které spolu vzájemně interagují a vytváří podmínky pro růst biomasy charakteristické pro dané stanoviště. Jednotlivé parametry jsou na sobě vzájemně závislé a půdní úrodnost je definována vždy pro konkrétní nebo obdobná stanoviště, např. pomocí obsahu živin nebo obsahu  $C_{org}$  (Vaněk et al., 2016).

Půda je schopna přítomným rostlinám a organismům poskytnout potřebné životní podmínky, proto je jako ukazatel půdní úrodnosti používána kvalita produkce a výnos. A to hlavně z důvodu, že tyto ukazatele mají větší vypovídací hodnotu pro dané stanoviště než např. někdy používaná biologická aktivita (Vaněk et al., 2016). Lal (2021) uvádí, že výnosy plodin se zvýšily při poklesu SOC v důsledku mineralizace C, ale labilní frakce C se zvýšily díky krycím plodinám. Labilní frakce uhlíku tak souvisely s výnosem plodin lépe než SOC.

### **3.4.1 Zvyšování množství a ochrana organické hmoty v půdě**

V dnešní době je v zemědělství nutné zvyšovat a chránit množství organické hmoty. Zvýšení SOM se pozitivně projevuje na fyzikálních, chemických i biologických vlastnostech půdy. Zvýšený obsah organické hmoty se na fyzikálních vlastnostech půdy projevuje zlepšenou infiltrací vody, zadržovací kapacitou vody a distribucí vody a vzduchu. Z těchto vlastností vyplývá, že dochází ke zvýšení stability půdních agregátů. Na chemických vlastnostech se zvyšování půdní organické hmoty projevuje lepší distribucí živin v půdě, která je způsobena zvýšenou výměnnou kapacitou kationtů. Dopad na biologické vlastnosti je pozorovatelný hlavně v rozmanitosti půdního společenství, které je díky tomu schopno např. potlačovat půdou přenášené choroby (Grand a Michel, 2020).

Dehumifikace je proces ztráty půdní organické hmoty a nastává v situacích, kdy větší množství SOM ubývá, než přibývá. Organická hmota je v půdě během rozkladu zadržována ve formě  $C_{org}$  pouze z 10 až 30 %. Zbylý uhlík je rozkládán a uvolňuje se do ovzduší jako  $CO_2$ . Tento proces může být způsoben řadou faktorů, např.: zvýšeným kypřením a aeraací půdy, větrnou a vodní erozí, pěstováním monokultur, používáním malého množství organických hnojiv, nebo nedostatečným množstvím posklizňových zbytků, ale i změnou využívání půdy nebo změnami ve vodním a tepelném režimu půd. Půdní organická hmota je vlivem těchto faktorů rychleji mineralizována a v půdě jí tak ubývá. Je proto nezbytné zvýšení množství půdní organické hmoty, které lze provést několika způsoby (Jeřábková, 2019).

Většinu složek tvořící půdní úrodnost lze například pozitivně ovlivnit pomocí organického hnojení (Vaněk et al., 2016). Fliessbach et al., (2007) během své dlouhodobé srovnávací studie vyzorovali, že při hnojení hnojem byla půdní organická hmota pozitivně ovlivněna, a to obzvláště oproti nehnojeným pozemkům, kde došlo k největšímu úbytku organické hmoty v půdě. Zároveň biologické parametry kvality půdy byly lepší v systémech ekologického zemědělství ve srovnání s integrovanými systémy. I vliv krycích plodin na výnos byl nejvyšší v systémech ekologického zemědělství s redukováním obděláváním půdy (+24 %)

než v konvenčním zemědělství s obděláváním půdy (2 %). Lze tedy tvrdit, že kvalita půdy se zvyšuje s poklesem intenzity hospodaření (Lal, 2021). Během dlouhodobého polního pokusu s monokulturou kukuřice sledovali Balík et al., (2020) degradaci sloučenin půdního organického uhlíku. Z výsledků jejich pokusu bylo zjištěno, že na pozemcích hnojených minerálním dusíkem došlo k většímu poklesu obsahu uhlíku v ornici (pokles o 26 %) oproti kontrolním pozemkům (pokles o 22 %). K poklesu půdního organického uhlíku došlo i při každoročním hnojení slámou a to o 8 %, oproti tomu při aplikaci hnoje došlo k jeho zvýšení o 16 %. Balík et al., (2020) se během svého dlouholetého pokusu zabývali vlivem organických hnojiv na obsah glomalinu a kvalitu půdní organické hmoty. Byl zjištěn pozitivní vliv na obsah glomalinu jak při pouze minerálním hnojení, tak i v kombinaci hnojení minerálního a organického. Ke zvýšení obsahu glomalinu došlo i při hnojení slámou nebo hnojem.

#### 3.4.1.1 Osevní postupy

Dobrý osevní postup je důležitý pro zdraví půdy. Úzký osevní postup pak může mít dopad na půdní úrodnost. Z historického hlediska je střídání plodin jeden z nejstarších a zároveň i nejúčinnějších postupů, který je využíván primárně za účelem snížení množství škůdců a chorob v půdách. Zároveň dochází i ke zvyšování zdraví půd. Plánování osevu různých plodin v daném pořadí se na poli pozitivně projevuje i na struktuře půdy a úrodnosti, dochází totiž k zisku vysoce kvalitních plodin. Nedostatek půdního pokryvu během úhoru a po sklizni navíc vede ke ztrátě půdní organické hmoty erozí (Houben et al., 2020; Lal, 2021).

Častý výskyt jednoho druhu plodiny vede ke zvýšené potřebě hnojení a používání pesticidů. To je typické pro konvenční zemědělství, kde primárně dochází k pěstování monokultur. Širší osevní postupy jsou tak běžné spíše pro ekologické zemědělství. Zvolení vhodného osevního postupu přispívá ke zvýšení výnosů o 5 – 20 % a snižuje nutnost dodatkových vstupů (Urban a Šarapatka 2003).

#### 3.4.1.2 Zelené hnojení a meziplodiny

Využívání meziplodin (jinak také krycích plodin) a zeleného hnojení je úzce spjata s osevními postupy. Obě tyto varianty jsou založeny na pěstování rostlin, kdy cílem není sklizeň plodiny, ale částečně nebo úplně navracet biomasu zpět do půdy. Hlavním rozdílem je právě konečné použití biomasy.

Pěstováním meziplodin se snižuje vyplavování živin, zamezují erozi, zlepšují strukturu půdy, zvyšují strukturu půdního společenstva a potlačují plevele. Tím dochází ke zvyšování koloběhu živin a zvyšování sekvestrace uhlíku v půdě. Pěstují se v období mezi pěstováním hlavních plodin a důvody jejich použití se různí. Mezi běžně používané meziplodiny patří např. čirok nebo měsíček lékařský. (Vrba a Huleš 2006; Michel et al., 2020). Lal (2021) dělí úlohy krycích plodin do tří skupin: (1) zlepšení struktury a agregace půdy, (2) zvýšení rozmanitosti C v substrátu a (3) podpora biologické aktivity. Dále uvádí, že na lokalitách s použitím krycích plodin byla zásoba půdního organického uhlíku vyšší než na lokalitách bez krycích plodin při stejné vrstvě půdy a způsobu obdělávání.

Při zeleném hnojení je nadzemní část účelně vypěstované rostliny zapracována zpět do půdy na konci vegetačního období. Primárním účelem je navrácení živin a prospěšných sekundárních metabolitů. K zelenému hnojení je možné využít prakticky všechny meziplodiny.

Díky posklizňovým zbytkům, pozůstatkům primární produkce nebo opadu na povrch půdy se na 1 ha půdy může dostat až několik tun organické hmoty v závislosti na pěstované plodině. Množství vyprodukované nadzemní i podzemní biomasy závisí na druhu rostliny, ta tedy ovlivňuje jejich množství i kvalitu. Míra rostlinných zbytků se mezi jednotlivými druhy plodin liší (Vrba a Huleš 2006; Michel et al., 2020).

Chand (2014) uvádí, že nerozložený zelený rostlinný materiál je do půdy zapravován nebo zaoráván nejen za účelem zlepšení fyzikálního stavu půdy, ale i pro dodání dusíku. Systémy ekologického zemědělství v maximální možné míře využívají střídání plodin, rostlinné zbytky, statková hnojiva, luskoviny, zelené hnojení a další možnosti přísunu živin pro rostliny, čímž se zároveň udržuje i produktivita půdy.

## 4 Metodika

### 4.1 Popis pokusu

Dlouhodobý přesný polní pokus byl založen na zkušebních stanicích Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v letech 1993 a 1994. Rozdíly v posunu plodin způsobené postupným zakládáním pokusů byly odstraněny v roce 2003. Půdně klimatické charakteristiky stanovišť jsou znázorněny v Tabulce 1.

**Tabulka 1** Půdně-klimatické charakteristiky pokusných stanovišť

Stanoviště	Výrobní oblast <sup>1)</sup>	Rok založení	Nadm. výška (m)	Dlouhodobý normál		Půdní typ <sup>2)</sup>	Půdní druh <sup>3)</sup>
				Srážky (mm)	Teplota (°C)		
Horažďovice	BVO	1994	472	585	7,8	KA	HP
Jaroměřice	BVO	1994	425	488	8,2	HN	JH
Lípa	BVO	1993	505	594	7,5	KA	PH
Pusté Jakartice	ŘVO	1994	290	584	8,3	LU	H
Staňkov	BVO	1994	370	549	8,3	HN	H
Věrovany	ŘVO	1993	207	502	8,7	CE	H

<sup>1)</sup> BVO – bramborářská výrobní oblast, ŘVO – řepařská výrobní oblast; <sup>2)</sup> KA – kambizem, HN – hnědozem, LU – luvizem, CE – černozem, <sup>3)</sup> HP – hlinitopísčítá, JH – jílovitohlinitá, PH – písčitohlinitá, H – hlinitá

Osevní postup je šestihonný pro všechny výrobní oblasti. Výměry hnojených a sklizňových parcel byly stanoveny podle zavedeného systému příslušné výživářské báze. Pro jednotlivé výrobní oblasti byly zvoleny následující osevní postupy:

Výrobní oblast řepařská:

- 1) 2017 cukrovka
- 2) 2018 ječmen jarní
- 3) 2019 hrách
- 4) 2020 řepka ozimá
- 5) 2021 pšenice ozimá
- 6) 2022 ječmen jarní

Výrobní oblast bramborářská:

- 1) 2017 brambory
- 2) 2018 ječmen jarní
- 3) 2019 hrách
- 4) 2020 řepka ozimá
- 5) 2021 pšenice ozimá
- 6) 2022 ječmen jarní

Na uvedených stanovištích bylo realizováno 9 – 11 variant hnojení, z čehož následujících 5 + nehnojená kontrola bylo zvoleno pro tuto diplomovou práci:

- 1) Kontrola
- 2) Minerální hnojení N, P a K (NPK)
- 3) Chlévský hnůj
- 4) Chlévský hnůj + NPK
- 5) Zaorávka slámy nebo chrástu
- 6) Zaorávka slámy nebo chrástu + NPK

Všechny varianty byly 4x opakovány ve znáhodněném blokovém systému. Dávky živin v minerálních hnojivech byly stanoveny podle průměrných výnosů jednotlivých plodin, při dosahování střední výnosové úrovně, udržení „dobrého obsahu“ přístupné živiny v půdě a průměrného odběru živin sklizní. Ke hnojení dusíkem byl používán při přípravě půdy k seti nebo sázení síran amonný a k přihnojování ledek amonný s vápencem. Fosforečná hnojiva byla dodávána v granulovaném superfosfátu a draslík v draselné soli. Hnojení kvalitním chlévským hnojem bylo prováděno dvakrát během osevního postupu (v ŘVO k cukrovce a řepce ozimé, v BVO k bramborám a řepce ozimé).

Na variantách 5 a 6 bylo zaoráno 4 t/ha řezané slámy obilovin pěstovaných v osevním postupu a doplněno hnojením dusíkem v dávce 40 kg/ha v ledku amonném s vápencem. Na uvedených variantách byla v osevním postupu zaorávána rovněž hrachová sláma v množství 1 t/ha. Posklizňové zbytky ozimé řepky jsou zaorávány na všech variantách v dávce přibližně 4 t/ha s přídatkem 20 kg N/ha v ledku amonném s vápencem na podpoření mineralizace organické hmoty. V řepařské výrobní oblasti je zaoráván rovněž chrást cukrovky. Vápnění bylo v případě potřeby zajišťováno mletým vápencem na všech pokusných variantách na podzim před setím hrachu. Dávky byly stanoveny na základě hodnoty výměnného pH a druhu půdy podle kritérií agrochemického zkoušení půd.

## **4.2 Provedené analýzy**

Vzorky půd byly odebrány v roce 2022 vždy po sklizni ječmene jarního, to je 28, respektive 29 let od založení pokusu. Pokud není uvedeno jinak, byly analyzovány usušené vzorky jemnozeme proseté přes síto s velikostí otvorů 2 mm.

### **4.2.1 Reaktivní uhlík stanovený ve výluhu $\text{CaCl}_2$ (DOC)**

Extrakty 0,01 mol/l  $\text{CaCl}_2$ , modifikovaná extrakce podle Houba et al. (2008), byly provedeny v poměru 1:10 hmotnost půdy/objem vyluhovačla (w/v). Po 2 hodinách třepání byla suspenze centrifugována při 5000 g po dobu 5 minut. Obsahy DOC byl měřen fotometricky pomocí přístroje SKALAR SAN<sup>PLUS</sup> SYSTEM (Nizozemsko). Všechny výsledky byly přepočítány na suchou hmotnost půdy.

### **4.2.2 Uhlík stanovený horkou vodou (Chw)**

Byla použita zjednodušená modifikace dle Körschens et al. (2012). Vysušený půdní vzorek (< 2 mm) byl zalit demineralizovanou vodou v poměru 1:5 (w/v). Tato suspenze se vařila po dobu jedné hodiny. Po vychladnutí se oddělila půda od roztoku odstředěním při 5000 g. Obsah uvolněného uhlíku byl ve výsledném supernatantu měřen po převedení do formy  $\text{CO}_2$  digescí za účasti UV světla a persíranu vedoucí k oxidaci uhlíku. Minerální uhlík byl odstraněn z roztoku acidifikací kyselinou sírovou. Tento princip byl využit při fotometrickém měření pomocí přístroje SKALAR SAN<sup>PLUS</sup> SYSTEM (Nizozemsko).

### **4.2.3 Lehce extrahovatelný glomalin (EEG)**

Snadno extrahovatelný glomalin byl stanoven dle Wright et Upadhayaya (1998) pomocí 20 mmol/l citronanu sodného při pH 7,0 po dobu 30 minut při 121 °C. Poměr na vzduchu



vysušené půdy a roztoku byl 1:8 w/v. Po extrakci byly vzorky centrifugovány při 5000 g po dobu 5 minut. Obsah EEG byl měřen kolorimetricky pomocí barevného činidla Dye brilliant blue a hovězího albuminu (BSA) jako standardu (Protein assay kit II; Bio-Rad; USA). K analýze bylo pipetováno 10  $\mu$ l extraktu do mikrodestičky a přidáno 200  $\mu$ l barevného činidla (ředěné 1:4). Ihned poté byla mikrodestička vložena do fotometru TECAN (Německo), horizontálně protřepána po dobu 30 sekund při 593 ot/min a měřena po 5 minutách stabilizace při vlnové délce 590 nm.

#### 4.2.4 Celkový glomalin (TG)

Pro stanovení celkového glomalínu byl postup obdobný jako pro EEG. Vzorek byl také v poměru 1:8 (w/v) extrahován citronanem sodným, ale při koncentraci 50 mmol/l; pH 8,0 a po dobu 60 minut (121 °C). Supernatant s extraktem byl oddělen od vzorku. Nicméně na rozdíl od EEG se extrakce na stejném vzorku opakovala, dokud nebyl veškerý TG uvolněný a supernatanty se postupně slévaly dohromady. Postup je u konce v momentě, kdy byl poslední výsledný extrakt čirý a nabýval světle žluté barvy. Měření probíhalo stejným způsobem jako u EEG,

#### 4.2.5 Koeficient kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ )

Navážka 5 g suché jemnozeme byla v třepací lahvi zalita 100 ml roztoku 0,1 mol/l pyrofosfátu sodného ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) a 0,1 mol/l hydroxidu sodného, vyluhovací poměr 1:20 w/v. Po 1 hodině třepání byl vzorek zfiltrován (filtrační papír KA4, fialový pruh). Získaný filtrát byl pak spektrofotometricky proměřen při dvou vlnových délkách v oblasti viditelného světla ( $\lambda_{Q4} = 465$  nm a  $\lambda_{Q6} = 665$  nm). Ze získaných hodnot absorbancí byl dělením vypočten poměr  $Q_{4/6}$ .

#### 4.2.6 Uhlík vázaný v humusových látkách

Celkový obsah huminových látek ( $C_{HL}$ ). Stanovení těchto frakcí uhlíků vychází z úprav původní metodiky dle Kononova (1966). Nejprve byl půdní vzorek (5 g) extrahován v poměru 1:20 (w/v) pomocí směsi 0,1 mol/l NaOH a 0,1 mol/l  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  po dobu 24 hodin. Tím došlo k oddělení nerozpustných huminů od fulvokyselin a huminových kyselin, které byly převedeny do roztoku. Roztok byl filtrován a část filtrátu byla odebrána a uschována pro stanovení uhlíku v humusových látkách ( $C_{HL}$ ). Ve zbylém filtrátu bylo sníženo pH na hodnoty 1,0 až 1,5 pomocí koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a byl zahříván po dobu 30 minut. Po 24 hodinách se oddělily vysrážené huminové kyseliny ( $C_{HK}$ ) od fulvokyselin ( $C_{FK}$ ) filtrací za přítomnosti 0,05 mol/l kyseliny sírové a byl tak získán čistý roztok fulvokyselin. Dále bylo nutné převést do roztoku vysrážené huminové kyseliny z filtračního papíru pomocí horkého 0,05 mol/l NaOH. Takto byly získány roztoky pro stanovení uhlíku v huminových a fulvokyselinách. Všechny získané roztoky byly následně odpařeny do sucha. Získané suché vzorky byly následně zality směsí  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  a  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a zahřáty, přičemž došlo k oxidaci uhlíku pomocí  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Zbytek nezreagovaného  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  byl titrován pomocí KI do bodu ekvivalence.

#### **4.2.7 Celkový obsah uhlíku ( $C_{tot}$ ) a dusíku ( $N_{tot}$ )**

V rámci diplomové práce byl dále stanoven celkový obsah uhlíku a dusíku pomocí tzv. CN analyzáru. Principem této analýzy je spalování vzorků při vysokých teplotách a následné měření uvolněného oxidu uhličitého a dusíku. U vzorků s vysokým obsahem anorganických uhličitánů bylo před samotnou analýzou nutné provést odstranění těchto uhličitánů pomocí 10% roztoku HCl.

#### **4.2.8 Výpočty poměrů**

V rámci hodnocení kvality organické hmoty byly rovněž vypočteny poměry huminových kyselin a fulvokyselin a poměry celkového uhlíku a dusíku.

#### **4.2.9 Statistické hodnocení**

Pro statistické vyhodnocení byly využity základní popisné charakteristiky vypočtené v programu Microsoft Excel (Excel, 2019) a pokročilé statistické vyhodnocení: 1) korelační analýza za pomoci Pearsonova testu při hladinách významnosti  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  a  $p < 0,001$ , 2) analýza variance ANOVA, Tukey post-hoc test při  $p < 0,05$ . Pokročilejší analýzy byly realizovány prostřednictvím programu Statistica 12 (StatSoft, Inc., 2023).

## 5 Výsledky

### 5.1 Stanoviště Horažďovice

Tabulka 2 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou (C<sub>HW</sub>), lehce rozpustného a celkového glomalínu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku (C<sub>TOT</sub> a N<sub>TOT</sub>) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 2** Výsledky DOC, C<sub>HW</sub>, EEG, TG, C<sub>TOT</sub>, N<sub>TOT</sub> a C:N ze stanoviště Horažďovice

Varianta	DOC [mg/kg]	C <sub>HW</sub> [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	C <sub>TOT</sub> [%]	N <sub>TOT</sub> [%]	C:N
<b>Kontrola</b>	84,4ab*	548	812a	1838b	1,05	0,12	9,20a
<b>NPK</b>	66,1a	493	912c	1945bc	1,11	0,12	9,38ab
<b>Hnůj</b>	76,4a	526	869a	2216a	1,11	0,12	9,46ab
<b>Hnůj + NPK</b>	81,8ab	565	987c	2031abc	1,20	0,12	9,79b
<b>Sláma</b>	119bc	543	621b	2081ac	1,20	0,11	10,6c
<b>Sláma + NPK</b>	138c	588	684b	2190a	1,20	0,11	10,6c

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test, P<0,05). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

V případě DOC byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Hodnoty u variant NPK a Hnůj byly průkazně nižší než hodnoty u obou variant hnojených slámou (Sláma a Sláma + NPK). Varianta Sláma + NPK pak dále vykazovala průkazně vyšší hodnotu i ve srovnání s Kontrolou a variantou Hnůj + NPK.

U EEG byly taktéž zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. U variant hnojených slámou (Sláma a Sláma + NPK) byly průkazně nižší hodnoty než hodnoty u Kontroly a všech zbylých variant hnojení (NPK, Hnůj, Hnůj + NPK). Pro varianty NPK a Hnůj + NPK byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty než pro Kontrolu a variantu Hnůj.

Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami byly zjištěny i v případě celkového glomalínu. Varianty hnojené hnojem a slámou dosahovaly statisticky podobných hodnot. Výsledky u variant Kontrola a NPK byly statisticky průkazně nižší ve srovnání s variantami Hnůj a Sláma + NPK.

V případě C:N byly také zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Hodnoty u variant hnojených slámou (Sláma a Sláma + NPK) byly průkazně vyšší než u Kontroly a variant Hnůj, Hnůj + NPK a NPK. A zároveň byla hodnota získaná pro variantu Hnůj + NPK statisticky průkazně vyšší než Kontrola.

V případě celkového uhlíku a dusíku nebyly zaznamenány průkazné rozdíly mezi variantami. U celkového uhlíku je však patrná tendence zvýšeného obsahu způsobeného hnojením organickými i minerálními hnojivy.

Tabulka 3 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK/FK}$ ).

**Tabulka 3** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK/FK}$  pro stanoviště Horažďovice

Varianta	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK/FK}$
<b>Kontrola</b>	6,26*	0,35a	0,19b	0,15ab	0,78
<b>NPK</b>	6,12	0,49c	0,27c	0,18a	0,65
<b>Hnůj</b>	5,86	0,43b	0,23a	0,18a	0,80
<b>Hnůj + NPK</b>	6,05	0,46bc	0,23a	0,19a	0,83
<b>Sláma</b>	6,14	0,37a	0,18b	0,11b	0,63
<b>Sláma + NPK</b>	6,24	0,33a	0,24a	0,15ab	0,61

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

V případě  $C_{HL}$  byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Hodnoty u Kontroly a variant hnojených slámou (Sláma a Sláma + NPK) byly prokazatelně nižší než u zbylých variant. Varianty Hnůj a Hnůj + NPK si byly statisticky vzájemně podobné. Totéž platí i pro varianty Hnůj + NPK a NPK. Varianta NPK pak vykazovala dokonce průkazně vyšší hodnotu ve srovnání s variantou hnojenou pouze hnojem.

U  $C_{FK}$  byly také zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Hodnoty u variant hnojených hnojem (Hnůj a Hnůj + NPK) a Slámy + NPK byly prokazatelně vyšší než u Kontroly a varianty hnojené pouze Slámou. Zároveň byly hodnoty u kontroly a varianty hnojené pouze slámou průkazně nižší ve srovnání s variantou NPK.

Pro  $C_{HK/FK}$  byly hodnoty u varianty Sláma průkazně nižší ve srovnání s variantami NPK, Hnůj a Hnůj + NPK. Kontrola a Sláma + NPK si byly statisticky podobné se všemi zbývajícími variantami.

Tabulka 4 zobrazuje korelační vztahy mezi parametry na stanovišti Horažďovice. Vysoce průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,01$  byly získány mezi DOC a C:N, EEG a  $C_{HL}$ , EEG a  $C_{HK}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ . Mezi DOC a EEG, DOC a  $C_{HL}$ , EEG a C:N,  $C_{HL}$  a  $C_{FK}$  i  $C_{HK}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ,  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ ,  $C_{TOT}$  a C:N byly získány méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$ .

Tam, kde byly zjištěny průkazné korelační vztahy, byla v případě všech stanovišť provedena i regresní analýza. V Tabulce 5 jsou tedy uvedeny parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Horažďovice. Zde bylo dosaženo nejtěsnějšího vztahu mezi hodnotami EEG a  $C_{HK}$ , kde regresní koeficient dosahoval hodnoty 0,596. Z toho se dá vyvodit, že změny obsahu EEG souvisí se změnami  $C_{HK}$  s 60% spolehlivostí. Dále byl i těsný vztah mezi hodnotami EEG a  $C_{HL}$ , kde regresní koeficient dosahoval hodnoty 0,557, což odpovídá změnám s 55,7% spolehlivostí a mezi hodnotami DOC a C:N, kde byla hodnota regresního koeficientu 0,5227, z čehož vyplývá, že změny obsahu DOC souvisí se změnami C:N s 52% spolehlivostí.

**Tabulka 4** Korelace pro stanoviště Horažďovice

	DOC	CHW	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	CHL	CFK	CHK	CHK/CFK	CTOT	NTOT	C:N
DOC	x											
CHW	0,466	x										
EEG	<b>-0,678*</b>	-0,126	x									
TG	0,205	-0,004	-0,232	x								
Q <sub>4/6</sub>	0,501	0,287	-0,173	-0,433	x							
CHL	<b>-0,632*</b>	-0,224	<b>0,746**</b>	-0,069	-0,318	x						
CFK	-0,279	-0,095	0,492	0,190	-0,086	<b>0,591*</b>	x					
CHK	-0,434	-0,163	<b>0,772**</b>	-0,017	-0,023	<b>0,615*</b>	<b>0,566*</b>	x				
CHK/CFK	-0,328	-0,184	0,540	-0,179	0,060	0,248	-0,097	<b>0,758**</b>	x			
CTOT	0,474	0,198	-0,162	0,231	0,258	-0,061	0,115	0,023	-0,107	x		
NTOT	-0,203	-0,164	0,424	-0,194	0,113	0,326	0,170	0,486	0,425	<b>0,603*</b>	x	
C:N	<b>0,723**</b>	0,307	<b>-0,674*</b>	0,478	0,141	-0,438	-0,122	-0,469	-0,498	<b>0,634*</b>	-0,197	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 5** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Horažďovice

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
DOC:EEG	-3,0617	1103	0,4591	CHL:CFK	0,2884	0,1053	0,3491
DOC:CHL	-0,0014	0,5373	0,3994	CHL:CHK	0,3111	0,0334	0,3778
DOC:C/N	0,0148	8,4365	0,5227	CFK:CHK	0,5868	0,0286	0,3204
EEG:CHL	0,0004	0,1053	0,5571	CHK:CHK/CFK	2,8772	0,2604	0,5741
EEG:CHK	0,0002	0,0026	0,596	CTOT:NTOT	0,0509	0,0583	0,3632
EEG:C/N	0,0031	12,317	0,4545	CTOT:C/N	4,1206	5,1197	0,4025

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

## 5.2 Stanoviště Jaroměřice

Tabulka 6 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou (CHW), lehce rozpustného a celkového glomalínu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku (CTOT a NTOT) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 6** Výsledky DOC, CHW, EEG, TG, CTOT, NTOT a C:N pro stanoviště Jaroměřice

Varianta	DOC [mg/kg]	CHW [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	CTOT [%]	NTOT [%]	C:N
Kontrola	83*	416c	682ab	1659	1,06ab	0,12ad	9,21ab
NPK	99	467ac	671ab	1965	1,18bcd	0,13ab	9,17a
Hnůj	86	496a	724a	1947	1,23cd	0,13ab	9,52ab
Hnůj + NPK	105	530ab	740a	1695	1,30d	0,14b	9,62ab
Sláma	86	511ab	611b	1681	1,01a	0,10c	9,90b
Sláma + NPK	91	585b	656ab	1965	1,09abc	0,11cd	9,68ab

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

Ze získaných hodnot CHW jsou patrné statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Varianta NPK spolu s Kontrolou vykazovala průkazně nižší hodnoty než zbylé varianty. Varianta hnojená NPK si byla statisticky vzájemně podobná s variantami hnojenými hnojem (Hnůj a Hnůj + NPK) a Slámou. Varianta Sláma + NPK vykazovala podobnost s variantami Hnůj + NPK a Sláma a je jí hodnota byla vyšší než u zbylých variant.

U EEG byly průkazně vyšší hodnoty u variant hnojených hnojem (Hnůj a Hnůj + NPK) ve srovnání s variantou Sláma. Se zbývajícími varianty si byly obě varianty hnojené hnojem a varianta Sláma statisticky podobné.

V případě CTOT byly rovněž zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Varianta hnojená Slámou vykazovala průkazně nižší hodnoty než varianty hnojené hnojem a NPK. Zároveň varianty Hnůj a Hnůj + NPK vykazovaly průkazně vyšší hodnoty než Kontrola a varianta Sláma.

U celkového dusíku byly zaznamenány statisticky průkazně nižší hodnoty u variant Sláma a Sláma + NPK než u variant NPK, Hnůj a Hnůj + NPK. Dále varianta Hnůj + NPK vykazovala statisticky průkazně vyšší hodnoty i v porovnání s Kontrolou. Oproti tomu varianta Sláma v porovnání s Kontrolou vykazovala statisticky průkazně nižší hodnoty.

V případě C:N vykazovala varianta Sláma statisticky průkazně vyšší hodnoty než varianta NPK. Kontrola a varianta Sláma si byly statisticky vzájemně podobné se všemi zbývajících variantami.

Tabulka 7 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK}/C_{FK}$ ).

**Tabulka 7** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$  pro stanoviště Jaroměřice

Varianta	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK}/C_{FK}$
<b>Kontrola</b>	6,12bc*	0,45a	0,29	0,16a	0,55a
<b>NPK</b>	5,88ab	0,65b	0,24	0,16a	0,69ab
<b>Hnůj</b>	6,68d	0,63b	0,22	0,14a	0,66ab
<b>Hnůj + NPK</b>	5,72a	0,68b	0,26	0,22b	0,90b
<b>Sláma</b>	6,02abc	0,47a	0,27	0,15a	0,57a
<b>Sláma + NPK</b>	6,31cd	0,43a	0,24	0,12a	0,48a

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

U výsledků  $Q_{4/6}$  vykazovala varianta Hnůj + NPK průkazně nižší hodnotu než varianta Hnůj a Sláma + NPK. Zároveň varianty Sláma a NPK vykazovaly také průkazně nižší hodnoty než varianta Hnůj.

V případě  $C_{HL}$  byly také zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Varianty Hnůj, Hnůj + NPK a NPK vykazovaly statisticky průkazně nižší hodnoty než varianty Sláma a Sláma + NPK. Zároveň byla mezi variantami Sláma a Sláma + NPK a Kontrolou statisticky vzájemná podobnost.

U  $C_{HK}$  byla zaznamenána statisticky průkazně vyšší hodnota pro variantu Hnůj + NPK v porovnání se všemi ostatními variantami.

V případě  $C_{HK}/C_{FK}$  byly zaznamenána statisticky průkazně vyšší hodnota pro variantu Hnůj + NPK v porovnání s Kontrolou a variantami Sláma a Sláma + NPK. Varianty NPK a Hnůj si byly statisticky vzájemně podobné se všemi zbývajících variantami.

Tabulka 8 znázorňuje korelační vztahy sledovaných parametrů na stanovišti Jaroměřice. Vysoce průkazných vztahů při hladině významnosti  $p > 0,01$  bylo dosaženo mezi EEG a  $C_{TOT}$ ,  $C_{HK}/C_{FK}$  a  $C_{HL}$ ,  $C_{HL}$  a  $N_{TOT}$ ,  $C_{HK}/C_{FK}$  a  $C_{HK}$ . Nejtěsnější vztah při hladině významnosti  $p > 0,001$  byl zaznamenán mezi  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde hladina korelačního koeficientu dosáhla dokonce 0,902. Méně průkazných vztahů při hladině významnosti  $p > 0,05$  bylo dosaženo mezi  $C_{HW}$  a C:N, EEG a  $N_{TOT}$ ,  $C_{HL}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ ,  $C_{HL}$  a  $C_{TOT}$ .

**Tabulka 8** Korelace pro stanoviště Jaroměřice

	DOC	CHW	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	CHL	CFK	CHK	CHK/CFK	CTOT	NTOT	C:N
DOC	x											
CHW	0,169	x										
EEG	0,338	0,071	x									
TG	0,080	0,343	0,399	x								
Q <sub>4/6</sub>	-0,440	-0,044	-0,102	0,146	x							
CHL	0,335	-0,086	0,469	0,102	-0,213	x						
CFK	0,002	-0,142	0,055	-0,077	-0,250	-0,396	x					
CHK	0,183	-0,122	0,386	-0,266	-0,493	<b>0,592*</b>	0,229	x				
CHK/CFK	0,181	-0,054	0,323	-0,208	-0,346	<b>0,796**</b>	-0,357	<b>0,819**</b>	x			
CTOT	0,523	0,219	<b>0,774**</b>	0,328	-0,161	<b>0,694*</b>	-0,187	0,333	0,425	x		
NTOT	0,495	-0,070	<b>0,686*</b>	0,212	-0,163	<b>0,776**</b>	-0,292	0,370	0,546	<b>0,902***</b>	x	
C:N	0,042	<b>0,618*</b>	0,150	0,198	-0,098	-0,280	0,287	-0,081	-0,286	0,095	-0,320	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$



V tabulce 9 jsou uvedeny parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Jaroměřice. Mezi hodnotami EEG a C<sub>TOT</sub> i C<sub>HL</sub> a N<sub>TOT</sub> bylo dosaženo těsného vztahu, kde regresní koeficient dosahoval hodnot 0,5995 a 0,6023. Můžeme tedy předpokládat, že změny EEG s C<sub>TOT</sub> a změny C<sub>HL</sub> s N<sub>TOT</sub> spolu souvisejí s 60% spolehlivostí. Nejtěsnějšího vztahu bylo dosaženo mezi hodnotami C<sub>TOT</sub> a N<sub>TOT</sub>, kde byla hodnota regresního koeficientu 0,8137. To znamená, že změny C<sub>TOT</sub> souvisí se změnami N<sub>TOT</sub> s 81% spolehlivostí. Dále byl těsný vztah i mezi hodnotami C<sub>HL</sub> a C<sub>HK</sub>:C<sub>FK</sub>, kde byla hodnota regresního koeficientu 0,6338 (63% spolehlivost). Obdobně tomu bylo u C<sub>HK</sub>:C<sub>HK</sub> s C<sub>FK</sub> (hodnota regresního koeficientu byla 0,6708, což odpovídá 67% spolehlivosti).

**Tabulka 9** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Jaroměřice

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
C <sub>HW</sub> :C/N	0,0039	7,5713	0,3818	C <sub>HL</sub> :C <sub>TOT</sub>	0,7563	0,7283	0,4815
EEG:C <sub>TOT</sub>	0,0017	0,016	0,5995	C <sub>HL</sub> :N <sub>TOT</sub>	0,092	0,0695	0,6023
EEG:N <sub>TOT</sub>	0,0002	0,0114	0,4705	C <sub>HK</sub> :C <sub>HK</sub> /C <sub>FK</sub>	3,633	0,061	0,6708
C <sub>HL</sub> :C <sub>HK</sub>	0,211	0,0433	0,3508	C <sub>TOT</sub> :N <sub>TOT</sub>	0,0981	0,0078	0,8137
C <sub>HL</sub> /C <sub>HK</sub> :C <sub>FK</sub>	1,2579	-0,053	0,6338				

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

### 5.3 Stanoviště Lípa

Tabulka 10 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou (C<sub>HW</sub>), lehce rozpustného a celkového glomalínu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku (C<sub>TOT</sub> a N<sub>TOT</sub>) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 10** Výsledky DOC, C<sub>HW</sub>, EEG, TG, C<sub>TOT</sub>, N<sub>TOT</sub> a C:N pro stanoviště Lípa

Varianta	DOC [mg/kg]	C <sub>HW</sub> [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	C <sub>TOT</sub> [%]	N <sub>TOT</sub> [%]	C:N
Kontrola	72a*	540b	854abc	2165a	1,36ab	0,130ab	10,4ab
NPK	88a	605ab	981ac	2381abc	1,46abc	0,139ab	10,5ab
Hnůj	87a	639ab	994a	2759bc	1,50abc	0,148ab	10,1b
Hnůj + NPK	108a	680a	1010a	2797c	1,56bc	0,150b	10,4ab
Sláma	97a	641ab	771b	2341ab	1,32a	0,126a	10,6a
Sláma + NPK	155b	704a	821bc	2508abc	1,58c	0,148ab	10,6a

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

U parametru DOC byla zaznamenána průkazně vyšší hodnota u varianty Sláma + NPK v porovnání se zbývajících variantami.

V případě  $C_{HW}$  byly získány průkazně vyšší hodnoty u variant Hnůj + NPK a Sláma + NPK v porovnání s kontrolou. Varianty NPK, Hnůj + NPK a Sláma si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Pro parametr EEG byly zjištěny průkazně vyšší hodnoty pro varianty Hnůj a Hnůj + NPK v porovnání s variantami Sláma + NPK a Sláma. Dále varianta NPK vykazovala průkazně vyšší hodnotu než varianta Sláma.

Ze získaných hodnot TG je patrné, že pro variantu Hnůj + NPK byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota v porovnání s Kontrolou a variantou Sláma. Pro variantu Hnůj byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota v porovnání s Kontrolou.

U celkového uhlíku byla pro variantu Sláma získána statisticky průkazně nižší hodnota než pro varianty Hnůj + NPK a Sláma + NPK. Zároveň vykazovala varianta Sláma + NPK statisticky průkazně vyšší hodnou i v porovnání s Kontrolou.

U celkového dusíku byla taktéž hodnota u varianty Sláma statisticky průkazně nižší než u varianty Hnůj + NPK. Tyto varianty si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

V případě poměru C:N byly sledovány statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant Sláma a Sláma + NPK v porovnání s variantou Hnůj. Tyto varianty si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Tabulka 11 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK}/FK$ ).

**Tabulka 11** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/FK$  pro stanoviště Lípa

Variant	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK}/FK$
<b>Kontrola</b>	6,91ab*	0,47ac	0,24a	0,18ab	0,74ab
<b>NPK</b>	6,95ab	0,53ab	0,24a	0,22a	0,88b
<b>Hnůj</b>	7,08b	0,55ab	0,24a	0,21a	0,88b
<b>Hnůj + NPK</b>	6,51a	0,73d	0,38c	0,32c	0,83ab
<b>Sláma</b>	3,57c	0,43c	0,23a	0,13b	0,58a
<b>Sláma + NPK</b>	3,91c	0,57b	0,31b	0,18ab	0,58a

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

U koeficientu  $Q_{4/6}$  byla hodnota u varianty Hnůj + NPK statisticky průkazně vyšší než u variant Sláma + NPK a Sláma a zároveň statisticky průkazně nižší v porovnání s variantou Hnůj. Pro variantu NPK byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota než pro varianty Sláma a Sláma + NPK.

V případě  $C_{HL}$  byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. U varianty Sláma + NPK byly sledovány statisticky průkazně vyšší hodnoty v porovnání s Kontrolou a variantou Sláma a zároveň statisticky průkazně nižší hodnoty v porovnání s variantou Hnůj + NPK. Varianty Hnůj a NPK měly statisticky průkazně nižší hodnoty

než varianta Hnůj + NPK a zároveň měly statisticky průkazně vyšší hodnoty než varianta Sláma.

Pro parametr  $C_{FK}$  byly také zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. U varianty Sláma + NPK byly statisticky průkazně nižší hodnoty v porovnání s variantou Hnůj + NPK a zároveň statisticky průkazně vyšší hodnoty v porovnání s Kontrolou a variantami NPK, Hnůj a Sláma.

U parametru  $C_{HK}$  byly statisticky průkazně nižší hodnoty u variant NPK a Hnůj v porovnání s variantou Hnůj + NPK. Zároveň byly hodnoty u varianty Sláma statisticky průkazně nižší než hodnoty u variant NPK, Hnůj a Hnůj + NPK. V případě Kontroly a varianty Sláma + NPK byly hodnoty statisticky průkazně nižší než u varianty Hnůj + NPK.

V případě parametru  $C_{HK/FK}$  byly statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant NPK a Hnůj v porovnání s variantami Sláma + NPK a Sláma. Varianta Hnůj + NPK a Kontrola si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Tabulka 12 zobrazuje korelační vztahy mezi parametry pro stanoviště Lípa. Vysoce průkazné vztahy (hladina významnosti  $p > 0,01$ ) byly získány mezi parametry  $C_{HL}$  a  $C_{HK}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ . Nejtěsnější vztah při hladině významnosti  $p > 0,001$  byl zaznamenán mezi  $C_{HL}$  a  $C_{FK}$ ,  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ . V tabulce jsou dále zvýrazněny méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$ .

Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Lípa jsou uvedeny v Tabulce 13. Mezi hodnotami  $C_{HL}$  a  $C_{HK}$  dosahoval regresní koeficient hodnoty 0,6837. Z toho můžeme vyvodit, že změny obsahu  $C_{HL}$  souvisí se změnami  $C_{HK}$  s 68% spolehlivostí. Pro  $C_{HL}$  a  $C_{FK}$  dosahoval regresní koeficient hodnoty 0,784, změny obsahu parametrů spolu souvisí se 78% spolehlivostí. Nejtěsnějšího vztahu mezi hodnotami bylo dosaženo u  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ . Regresní koeficient zde dosahoval hodnoty 0,9221, z toho se dá vyvodit, že změny obsahu  $C_{TOT}$  souvisí se změnami  $N_{TOT}$  s 92% spolehlivostí.

**Tabulka 12** Korelace pro stanoviště Lípa

	DOC	CHW	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	CHL	CFK	CHK	CHK/CFK	CTOT	NTOT	C:N
DOC	x											
CHW	0,515	x										
EEG	-0,174	0,014	x									
TG	0,148	0,446	0,474	x								
Q <sub>4/6</sub>	-0,523	-0,354	<b>0,688*</b>	0,151	x							
CHL	0,319	0,424	0,444	<b>0,552*</b>	0,275	x						
CFK	0,474	0,445	0,293	0,478	-0,001	<b>0,885***</b>	x					
CHK	0,076	0,132	<b>0,589*</b>	0,423	0,486	<b>0,827**</b>	<b>0,711**</b>	x				
CHK/CFK	-0,314	-0,282	0,544	0,094	<b>0,689*</b>	0,291	0,004	<b>0,698*</b>	x			
CTOT	0,505	0,408	0,320	0,449	0,091	<b>0,642*</b>	<b>0,577*</b>	0,535	0,214	x		
NTOT	0,388	0,402	0,414	<b>0,567*</b>	0,191	<b>0,597*</b>	0,517	0,542	0,265	<b>0,960***</b>	x	
C:N	0,353	-0,018	-0,407	-0,397	-0,489	-0,023	0,111	-0,170	-0,338	-0,178	-0,405	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 13** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Lípa

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
EEG:Q <sub>4/6</sub>	0,0092	-2,4629	0,4729	CHL:CTOT	0,7997	1,0265	0,4119
EEG:CHK	0,0003	0,0875	0,3472	CHL:NTOT	0,0751	0,0991	0,3561
TG:CHL	0,0002	0,0596	0,3045	CFK:CHK	0,7824	0,009	0,5053
TG:NTOT	0,00003	0,0772	0,3215	CFK:CTOT	1,2749	1,1135	0,333
Q <sub>4/6</sub> :CHK/CFK	0,0755	0,3097	0,4744	CHK:CHK/CFK	1,857	0,3684	0,4874
CHL:CFK	0,4994	0,0015	0,784	CTOT:NTOT	0,0969	0,0018	0,9221
CHL:CHK	0,5134	0,0747	0,6837				

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

#### 5.4 Stanoviště Pusté Jakartice

Tabulka 14 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou (CHW), lehce rozpustného a celkového glomalinu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku (CTOT a NTOT) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 14** Výsledky DOC, CHW, EEG, TG, CTOT, NTOT a C:N pro stanoviště Pusté Jakartice

Varianta	DOC [mg/kg]	CHW [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	CTOT [%]	NTOT [%]	C:N
Kontrola	96*	388b	617	1853b	1,04	0,114ac	9,27
NPK	94	444ab	642	1996ab	1,07	0,111abc	9,51
Hnůj	93	516a	663	2098ab	1,12	0,120a	9,35
Hnůj + NPK	95	503ab	676	2045ab	1,10	0,121a	9,21
Sláma + řepný chrást	104	516a	634	2375a	0,96	0,098b	9,80
Sláma + ř. ch. + NPK	104	533a	661	2298a	0,96	0,100bc	9,52

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

Na stanovišti v Pustých Jakartících byly pro parametr CHW získány statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant Hnůj, Sláma + řepný chrást, Sláma + ř. ch. + NPK a to v porovnání s Kontrolou, kde byla získaná hodnota statisticky průkazně nižší. Varianty NPK a Hnůj + NPK si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Dále pak byly získány statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení pro parametr TG, kde byly statisticky průkazně vyšší hodnoty pro varianty Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK opět v porovnání s Kontrolou. Varianty NPK, Hnůj, Hnůj + NPK si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

U parametru NTOT byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty u Kontroly a variant Hnůj + NPK a Hnůj, a to v porovnání s variantou Sláma + řepný chrást. Varianty Hnůj a Hnůj + NPK vykazovaly statisticky průkazně vyšší hodnoty také v porovnání s variantou Sláma + ř. ch. + NPK.

Tabulka 15 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK}/FK$ ).

Pro parametr  $C_{HL}$  byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota u varianty Hnůj v porovnání se zbývajícími variantami. Statisticky průkazně nižší hodnota byla získána pro Kontrolu a variantu Hnůj + NPK v porovnání se zbývajícími variantami. Pro variantu Sláma + řepný chrást byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota než pro Kontrolu a variantu Sláma + ř. ch. + NPK.

U parametru  $C_{FK}$  byla získána hodnota u varianty NPK statisticky průkazně nižší než u Kontroly a zbývajících variant. Pro Kontrolu a variantu Hnůj + NPK byly získány statisticky průkazně nižší hodnoty než u varianty Sláma + řepný chrást.

V případě  $C_{HK}$  byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota pro variantu Sláma + řepný chrást v porovnání se zbývajícími variantami. Pro variantu Hnůj + NPK byla získána statisticky průkazně nižší hodnota v porovnání s variantou NPK. Varianta Hnůj si byla statisticky vzájemně podobná s Kontrolou a variantou Sláma + ř. ch. + NPK.

Z poměrů  $C_{HK}/FK$  byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty pro Kontrolu a variantu Hnůj + NPK v porovnání s variantami Sláma + ř. ch. + NPK a Hnůj. Pro varianty NPK a Sláma + řepný chrást byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty v porovnání se zbývajícími variantami.

**Tabulka 15** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/FK$  pro stanoviště Pusté Jakartice

Varianta	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK}/FK$
<b>Kontrola</b>	5,04*	0,36ab	0,198a	0,127bc	0,64b
<b>NPK</b>	5,07	0,44ac	0,155c	0,156d	1,01c
<b>Hnůj</b>	5,08	0,65d	0,224ab	0,107ab	0,49a
<b>Hnůj + NPK</b>	5,36	0,30b	0,199a	0,129c	0,65b
<b>Sláma + řepný chrást</b>	5,12	0,52c	0,238b	0,232e	0,98c
<b>Sláma + ř. ch. + NPK</b>	5,35	0,40a	0,203ab	0,097a	0,48a

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

Tabulka 16 znázorňuje korelační vztahy sledovaných parametrů na stanovišti Pusté Jakartice. Vysoce průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,01$  byly sledovány mezi parametry  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ ,  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ . Méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$  byly zaznamenány pro parametry  $C_{HW}$  a EEG,  $C_{HW}$  a TG.

Tabulka 17 přináší parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Pusté Jakartice. Pro parametry  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$  byl získán regresní koeficient o hodnotě 0,704. Na základě toho můžeme předpokládat, že změny  $C_{HK}$  souvisí se změnami  $C_{HK}/C_{FK}$  se 70% spolehlivostí. V případě  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$  se na základě regresního koeficientu 0,715 jedná o 72% spolehlivost.

**Tabulka 16** Korelace pro stanoviště Pusté Jakartice

	DOC	CHW	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	CHL	CFK	CHK	CHK/CFK	CTOT	NTOT	C:N
DOC	x											
CHW	0,094	x										
EEG	-0,218	<b>0,581*</b>	x									
TG	0,045	<b>0,644*</b>	0,248	x								
Q <sub>4/6</sub>	0,129	0,417	0,166	0,270	x							
CHL	-0,055	0,237	-0,010	0,172	-0,327	x						
CFK	0,052	0,415	0,068	0,377	0,076	0,387	x					
CHK	0,027	0,027	-0,186	0,334	-0,249	0,133	0,238	x				
CHK/CFK	-0,023	-0,174	-0,180	0,107	-0,306	-0,020	-0,306	<b>0,839**</b>	x			
CTOT	-0,374	0,174	0,472	-0,128	0,045	0,020	-0,066	-0,251	-0,123	x		
NTOT	-0,326	-0,017	0,443	-0,336	-0,031	-0,040	-0,220	-0,411	-0,238	<b>0,846**</b>	x	
C:N	-0,009	0,277	-0,095	0,331	0,140	0,069	0,369	0,389	0,227	0,105	-0,413	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 17** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Pusté Jakartice

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
CHW:EEG	0,2829	511,93	0,3376	CHK:CHK/CFK	4,0659	0,1325	0,704
CHW:TG	2,1569	1068,1	0,4143	CTOT:NTOT	0,0975	0,0092	0,7154

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

## 5.5 Stanoviště Staňkov

Tabulka 18 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou ( $C_{HW}$ ), lehce rozpustného a celkového glomalínu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku ( $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ ) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 18** Výsledky DOC,  $C_{HW}$ , EEG, TG,  $C_{TOT}$ ,  $N_{TOT}$  a C:N pro stanoviště Staňkov

Varianta	DOC [mg/kg]	$C_{HW}$ [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	$C_{TOT}$ [%]	$N_{TOT}$ [%]	C:N
<b>Kontrola</b>	89*	533b	544	1768b	1,26a	0,13a	9,74
<b>NPK</b>	104	613ab	604	2118ab	1,30a	0,13a	9,89
<b>Hnůj</b>	99	622ab	658	2435a	1,51b	0,15b	10,1
<b>Hnůj + NPK</b>	103	634a	664	2362a	1,57b	0,16b	9,90
<b>Sláma + řepný chrást</b>	121	638a	631	2035ab	1,20a	0,12a	10,0
<b>Sláma + ř. ch. + NPK</b>	123	686a	640	2084ab	1,26a	0,13a	9,75

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

Pro parametr  $C_{HW}$  byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant hnojení Hnůj + NPK, Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK v porovnání s Kontrolou. Varianty NPK a Hnůj si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

V případě parametru TG byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty pro varianty Hnůj a Hnůj + NPK a to opět v porovnání s Kontrolou. Varianty NPK, Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK si byly statisticky vzájemně podobné se všemi zbývajícími variantami.

U  $C_{TOT}$  byly pro varianty Hnůj a Hnůj + NPK získány statisticky průkazně vyšší hodnoty než u zbylých variant.

Statisticky průkazně rozdílné hodnoty mezi variantami byly získány i pro  $N_{TOT}$ . To se týká variant Hnůj a Hnůj + NPK, pro které byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty než pro Kontrolu a zbývající varianty.

Tabulka 19 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK/FK}$ ).

V případě parametru  $Q_{4/6}$  byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota pro variantu Sláma + ř. ch. + NPK v porovnání s Kontrolou a variantou NPK. Pro variantu NPK byla získána statisticky průkazně nižší hodnota v porovnání s variantami Hnůj a Hnůj + NPK, Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK.

Pro parametr  $C_{HK}$  byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant Hnůj a Hnůj + NPK v porovnání s Kontrolou a zbylými variantami.

U poměru  $C_{HK/FK}$  byla statisticky průkazně vyšší hodnota získána pro variantu Hnůj v porovnání s Kontrolou a variantami NPK, Sláma + ř. ch. + NPK a Sláma + řepný chrást. Varianta Hnůj + NPK si byla statisticky vzájemně podobná se zbývajícími variantami.



**Tabulka 19** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK/FK}$  pro stanoviště Staňkov

Varianta	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK/FK}$
<b>Kontrola</b>	5,39ac*	0,553	0,25	0,17a	0,73a
<b>NPK</b>	4,41c	0,401	0,27	0,19a	0,71a
<b>Hnůj</b>	5,80ab	0,503	0,23	0,28b	1,38b
<b>Hnůj + NPK</b>	6,30ab	0,540	0,27	0,28b	1,03ab
<b>Sláma + řepný chrást</b>	6,07ab	0,364	0,30	0,2a	0,71a
<b>Sláma + ř. ch. + NPK</b>	6,83b	0,459	0,24	0,16a	0,67a

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

Tabulka 20 znázorňuje korelační vztahy sledovaných parametrů na stanovišti Staňkov. Vysoce průkazných vztahů při hladině významnosti  $p > 0,01$  bylo dosaženo mezi EEG a TG, TG a  $C_{HK}$ ,  $C_{HK}/C_{FK}$ ,  $C_{TOT}$  i  $N_{TOT}$ , dále mezi  $C_{HK}$  s  $C_{HK}/C_{FK}$ ,  $C_{TOT}$  i  $N_{TOT}$ . Nejtěsnější vztah při hladině významnosti  $p > 0,001$  byl opět zaznamenán mezi  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde hladina korelačního koeficientu dosáhla dokonce 0,939. V tabulce jsou dále zvýrazněny méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$ .

V Tabulce 21 jsou uvedeny parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Staňkov. Zde bylo dosaženo nejtěsnějšího vztahu právě mezi hodnotami  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde regresní koeficient dosahoval hodnoty 0,8823. Na základě toho můžeme vyvodit, že změny obsahu  $C_{TOT}$  souvisí se změnami  $N_{TOT}$  s 88% spolehlivostí. Dále byl těsný vztah i mezi hodnotami  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ , kde regresní koeficient nabýval hodnot 0,647. To znamená, že změny obsahu  $C_{HK}$  souvisí se změnami  $C_{HK}/C_{FK}$  s 65% spolehlivostí.

**Tabulka 20** Korelace pro stanoviště Staňkov

	DOC	C <sub>HW</sub>	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	C <sub>HL</sub>	C <sub>FK</sub>	C <sub>HK</sub>	C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	C <sub>TOT</sub>	N <sub>TOT</sub>	C:N
DOC	x											
C <sub>HW</sub>	0,506	x										
EEG	0,193	<b>0,658*</b>	x									
TG	-0,102	0,438	<b>0,703**</b>	x								
Q <sub>4/6</sub>	0,256	0,350	0,160	0,046	x							
C <sub>HL</sub>	-0,521	-0,184	-0,007	0,165	0,266	x						
C <sub>FK</sub>	0,294	0,004	-0,179	-0,322	-0,029	<b>-0,560*</b>	x					
C <sub>HK</sub>	-0,187	0,154	0,428	<b>0,725**</b>	-0,061	0,291	-0,165	x				
C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	-0,288	0,107	0,514	<b>0,703**</b>	-0,032	0,429	<b>-0,608*</b>	<b>0,804**</b>	x			
C <sub>TOT</sub>	-0,345	0,063	0,415	<b>0,765**</b>	0,070	0,440	-0,255	<b>0,760**</b>	<b>0,670*</b>	x		
N <sub>TOT</sub>	-0,270	0,145	0,463	<b>0,744**</b>	0,207	0,500	-0,307	<b>0,726**</b>	<b>0,675*</b>	<b>0,939***</b>	x	
C:N	-0,186	-0,121	0,069	0,333	-0,180	0,001	0,114	0,315	0,164	0,428	0,122	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 21** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Staňkov

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
CHW:EEG	0,7847	135,96	0,4326	CFK:CHK/CFK	-4,1043	1,9298	0,3701
EEG:TG	2,8568	352,37	0,4945	CHK:CHK/CFK	4,5136	-0,0855	0,6471
TG:CHK	0,0001	-0,1	0,5252	CHK:CTOT	2,1096	0,9006	0,5783
TG:CHK/CFK	0,0008	-0,827	0,4942	CHK:NTOT	0,183	0,0969	0,5278
TG:CTOT	0,0004	0,4344	0,5849	CHK/CFK:CTOT	0,331	1,0591	0,4482
TG:NTOT	0,00005	0,0551	0,5531	CHK/CFK:NTOT	0,0303	0,1093	0,455
CHL:CFK	-0,2461	0,374	0,3141	CTOT:NTOT	0,0853	0,207	0,8823
CHL:CHK/CFK	1,2719	0,2714	0,1844				

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

## 5.6 Stanoviště Věrovany

Tabulka 22 zobrazuje výsledky lehce rozpustného uhlíku (DOC), uhlíku extrahovatelného horkou vodou (CHW), lehce rozpustného a celkového glomalínu (EEG a TG), celkového uhlíku a dusíku (CTOT a NTOT) a jejich poměr (C:N).

**Tabulka 22** Výsledky DOC, CHW, EEG, TG, CTOT, NTOT a C:N pro stanoviště Věrovany

Varianta	DOC [mg/kg]	CHW [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	CTOT [%]	NTOT [%]	C:N
Kontrola	95*	533a	596a	2932ab	1,42abc	0,15ab	9,44ab
NPK	98	613ab	656ab	2889a	1,47a	0,16a	9,28a
Hnůj	99	622ab	605a	2966ab	1,43ac	0,15ab	9,58ab
Hnůj + NPK	101	634ab	674b	3125ab	1,46a	0,16a	9,52ab
Sláma + ř. chrást	75	641ab	658ab	3159ab	1,31b	0,13c	9,92b
Sláma +ř.ch.+NPK	82	704b	717b	3315b	1,33bc	0,14bc	9,64ab

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

U parametru CHW byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota pro variantu Sláma + ř. ch. + NPK v porovnání s Kontrolou. Varianty NPK, Hnůj, Hnůj + NPK a Sláma + řepný chrást si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

V případě EEG byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty pro varianty Hnůj + NPK a Sláma + ř. ch. + NPK v porovnání s hodnotami u Kontroly a varianty Hnůj. Varianty NPK a Sláma + řepný chrást si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Pro parametr TG byla u varianty NPK získána statisticky průkazně nižší hodnota než u varianty Sláma + ř. ch. + NPK. Tyto varianty si byly statisticky vzájemně podobné s Kontrolou a zbývajícími variantami.

V případě parametru  $C_{TOT}$  byla pro variantu Sláma + řepný chrást získána statisticky průkazně nižší hodnota v porovnání s variantami NPK, Hnůj a Hnůj + NPK. Dále byly pro varianty Hnůj + NPK a NPK byly získány statisticky průkazně vyšší hodnoty než pro variantu Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK.

U  $N_{TOT}$  byla stejně jako u  $C_{TOT}$  získána statisticky průkazně nižší hodnota pro variantu Sláma + řepný chrást v porovnání s variantami NPK, Hnůj a Hnůj + NPK. Nižší hodnota byla získána i v porovnání s Kontrolou. Pro variantu Sláma + ř. ch. + NPK byla získána statisticky průkazně nižší hodnota než pro varianty NPK a Hnůj + NPK.

U parametru C:N byla v případě varianty Sláma + řepný chrást získána statisticky průkazně vyšší hodnota než u varianty NPK. Tyto varianty si byly statisticky vzájemně podobné se zbývajícími variantami.

Tabulka 23 zobrazuje výsledky koeficientu kvality organické hmoty ( $Q_{4/6}$ ), celkového obsahu huminových látek ( $C_{HL}$ ), uhlíku vázaného ve fluvokyselinách a huminových kyselinách ( $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) a jejich poměr ( $C_{HK/FK}$ ).

**Tabulka 23** Výsledky  $Q_{4/6}$ ,  $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK/FK}$  pro stanoviště Věrovany

Varianta	$Q_{4/6}$	$C_{HL}$ [%]	$C_{FK}$ [%]	$C_{HK}$ [%]	$C_{HK/FK}$
<b>Kontrola</b>	4,98d*	0,51abc	0,20bc	0,21	1,06ab
<b>NPK</b>	4,35c	0,50abc	0,12e	0,21	1,82c
<b>Hnůj</b>	4,19bc	0,46ab	0,16a	0,21	1,38ac
<b>Hnůj + NPK</b>	3,94b	0,45a	0,17ab	0,23	1,37ac
<b>Sláma + řepný chrást</b>	3,50a	0,55c	0,25d	0,23	0,90b
<b>Sláma + ř. ch. + NPK</b>	3,24a	0,54bc	0,23cd	0,23	1,01ab

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

V případě koeficientu  $Q_{4/6}$  byla získána pro variantu Hnůj + NPK statisticky průkazně vyšší hodnota než pro varianty Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK. Pro variantu NPK byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota v porovnání s variantami Hnůj + NPK, Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK. Pro kontrolu byla získána statisticky průkazně nejvyšší hodnota v porovnání se všemi hnojenými variantami.

U parametru  $C_{HL}$  byla získána statisticky průkazně nižší hodnota pro variantu Hnůj + NPK v porovnání s variantami Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK. Pro variantu Sláma + řepný chrást byla zároveň získána statisticky průkazně vyšší hodnota i v porovnání s variantou Hnůj. Kontrola a varianta NPK si byly statisticky vzájemně podobné se všemi zbývajícími variantami.

Pro parametr  $C_{FK}$  byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota u variant Sláma + řepný chrást a Sláma + ř. ch. + NPK než u variant Hnůj, Hnůj + NPK a NPK. Pro variantu NPK byla získána statisticky průkazně nižší hodnota v porovnání se zbývajícími variantami. Pro Kontrolu byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota také v porovnání s variantou Hnůj a statisticky průkazně nižší hodnota v porovnání s variantou Sláma + řepný chrást.

I pro parametr  $C_{HK/FK}$  byly získány statisticky průkazně rozdílné hodnoty. Pro variantu NPK byla získána statisticky průkazně vyšší hodnota než pro variantu Sláma + řepný chrást, Sláma + ř. ch. + NPK a Kontrolu. Pro variantu Sláma + řepný chrást byla získána statisticky průkazně nižší hodnota také v porovnání s variantami Hnůj a Hnůj + NPK.

Korelační vztahy sledovaných parametrů pro stanoviště Věrovany jsou uvedeny v Tabulce 24. Velmi významné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,01$  byly získány pro  $C_{FK}$  a  $C_{TOT}$ ,  $C_{FK}$  a  $N_{TOT}$ . Nejtěsnější vztahy při hladině významnosti  $p > 0,001$  zde byly získány pro parametry  $C_{FK}$  a  $C_{HK/FK}$ ,  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ . V tabulce jsou dále zvýrazněny méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$ .

V tabulce 25 jsou uvedeny parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Věrovany. Těsný vztah byl získán pro hodnoty  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde regresní koeficient dosahoval hodnoty 0,8317. Na základě toho můžeme vyvodit, že změny obsahu  $C_{TOT}$  souvisí se změnami  $N_{TOT}$  s 83% spolehlivostí. Nejtěsnější vztah byl získán pro  $C_{FK}$  a  $C_{HK/C_{FK}}$ , kde regresní koeficient nabýval hodnot 0,8823. V tomto případě se tak dá vyvodit, že změny obsahu  $C_{FK}$  budou souviset se změnami  $C_{HK/C_{FK}}$  s 88% spolehlivostí.

**Tabulka 24** Korelace pro stanoviště Věrovany

	DOC	C <sub>HW</sub>	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	C <sub>HL</sub>	C <sub>FK</sub>	C <sub>HK</sub>	C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	C <sub>TOT</sub>	N <sub>TOT</sub>	C:N
DOC	x											
C <sub>HW</sub>	-0,441	x										
EEG	-0,001	0,469	x									
TG	-0,173	0,321	<b>0,655*</b>	x								
Q <sub>4/6</sub>	0,277	<b>-0,632*</b>	<b>-0,689*</b>	<b>-0,608*</b>	x							
C <sub>HL</sub>	-0,382	0,217	0,330	0,333	-0,266	x						
C <sub>FK</sub>	-0,479	0,188	0,261	0,486	-0,513	0,502	x					
C <sub>HK</sub>	0,156	0,373	0,450	0,311	<b>-0,576*</b>	-0,033	0,315	x				
C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	0,463	-0,041	-0,112	-0,373	0,305	-0,361	<b>-0,928***</b>	-0,073	x			
C <sub>TOT</sub>	0,487	-0,252	-0,162	-0,367	0,518	-0,535	<b>-0,704**</b>	-0,095	<b>0,602*</b>	x		
N <sub>TOT</sub>	0,374	-0,294	-0,186	-0,364	<b>0,555*</b>	-0,410	<b>-0,715**</b>	-0,291	<b>0,593*</b>	<b>0,912***</b>	x	
C:N	-0,266	0,389	0,157	0,272	-0,440	0,103	0,440	0,406	-0,322	-0,328	<b>-0,628*</b>	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 25** Parametry lineární regresní funkce pro stanoviště Věrovany

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
CHW:Q <sub>4/6</sub>	-0,0053	7,345	0,3988	CFK:CTOT	-1,1319	1,6134	0,4963
EEG:TG	2,8989	1176,6	0,4295	CFK:NTOT	-0,1628	0,1776	0,5112
EEG:Q <sub>6/4</sub>	-0,0083	9,4204	0,4751	CHK/CFK:CTOT	0,1279	1,247	0,3621
TG:CFK	0,0001	-0,1397	0,2367	CHK/CFK:NTOT	0,0179	0,1246	0,3521
Q <sub>4/6</sub> :CHK	-0,0162	0,2851	0,3319	CTOT:NTOT	0,1292	0,034	0,8317
Q <sub>4/6</sub> :NTOT	0,0102	0,1059	0,3077	NTOT:C/N	-0,2595	9,8897	0,104
CFK:CHK/CFK	-7,0133	2,5696	0,8823				

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

## 5.7 Souhrn pro všechna stanoviště

V Tabulce 26 jsou uvedeny průměrné hodnoty ze všech šesti sledovaných stanovišť s tím, že varianty s aplikací samotné slámy byly do průměrů započteny spolu s variantami se slámou a řepným chrástem. To platí i pro výpočty u ostatních tabulek (27 – 29) včetně korelační a regresní analýzy. V Tabulce 26 byly zaznamenány průkazné rozdíly pouze ve dvou případech, a to u DOC a CHW. V obou případech byla hodnota u Kontroly průkazně nižší než u Slámy (chrástu) + NPK. V ostatních případech lze vyvodit pouze nejednoznačné tendence, např. k vyššímu obsahu EEG, TG, CTOT a NTOT u variant s aplikací hnoje.

**Tabulka 26** Průměrné obsahy jednotlivých složek POH pro všechna stanoviště

Varianta	DOC [mg/kg]	CHW [mg/kg]	EEG [mg/kg]	TG [mg/kg]	CTOT [%]	NTOT [%]	C:N
Kontrola	86a	493a	684	2036	1,20	0,13	9,55
NPK	92ab	539ab	744	2216	1,26	0,13	9,62
Hnůj	90ab	570ab	752	2403	1,32	0,14	9,69
Hnůj + NPK	99ab	591ab	792	2342	1,36	0,14	9,74
Sláma (řepný chrást)	100ab	582ab	654	2278	1,16	0,12	10,13
Sláma (ř.ch.) + NPK	116b	633b	697	2393	1,24	0,12	9,96

\* Varianty označené rozdílným písmenem jsou statisticky průkazně odlišné (Tukey test,  $P < 0,05$ ). Mezi neoznačenými hodnotami nejsou průkazné rozdíly.

V Tabulce 27 jsou uvedeny průměrné hodnoty pro zbylé sledované parametry. Zde nebyl ani v jednom z případů zaznamenán průkazný rozdíl mezi variantami. V případě Q<sub>4/6</sub> a CHL však byly patrné tendence k širšímu poměru Q<sub>4/6</sub> a vyššímu obsahu CHL. U varianty Hnůj + NPK pak byly výsledky ve většině případů lepší než u samotného hnoje. Neprůkazné hodnoty ukazují, že průměrování výsledků pravděpodobně není vhodným systémem pro vyhodnocení pokusu. Jako lepší se z tohoto pohledu jeví individuální přístup k jednotlivým stanovištím, popřípadě alespoň ke skupinám stanovišť s podobnými vlastnostmi.

**Tabulka 27** Průměrné obsahy jednotlivých složek POH pro všechna stanoviště

Varianta	Q <sub>4/6</sub>	C <sub>HL</sub> [%]	C <sub>FK</sub> [%]	C <sub>HK</sub> [%]	C <sub>HK/FK</sub>
Kontrola	5,78	0,45	0,23	0,16	0,75
NPK	5,46	0,50	0,22	0,18	0,96
Hnůj	5,78	0,54	0,22	0,19	0,93
Hnůj + NPK	5,64	0,53	0,25	0,23	0,93
Sláma	5,07	0,45	0,24	0,18	0,73
Sláma + NPK	5,31	0,46	0,24	0,15	0,64

Tabulka 28 znázorňuje korelační vztahy sledovaných parametrů pro všechna stanoviště. Nejtěsnější vztah při hladině významnosti  $p > 0,001$  byl získán pro  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde hladina korelačního koeficientu dosahovala hodnoty až 0,926. Velmi průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,01$  byly získány pro parametry  $C_{HW}$  a  $C_{TOT}$ ,  $TG$  a  $C_{TOT}$ ,  $TG$  a  $N_{TOT}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{HK/C_{FK}}$ ,  $C_{HK}$  a  $C_{TOT}$ ,  $C_{HK}$  a  $N_{TOT}$ ,  $C_{HK/C_{FK}}$  a  $N_{TOT}$ . V tabulce jsou dále zvýrazněny méně průkazné vztahy při hladině významnosti  $p > 0,05$ .

V Tabulce 29 jsou uvedeny parametry lineární regresní funkce pro všechna stanoviště. Zde bylo dosaženo nejtěsnějšího vztahu mezi hodnotami  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$ , kde regresní koeficient dosahoval hodnoty 0,8575. Z toho se dá vyvodit, že změny obsahu  $C_{TOT}$  souvisí se změnami  $N_{TOT}$  s 86% spolehlivostí.



**Tabulka 28** Souhrnné korelace pro všechna stanoviště

	DOC	C <sub>HW</sub>	EEG	TG	Q <sub>4/6</sub>	C <sub>HL</sub>	C <sub>FK</sub>	C <sub>HK</sub>	C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	C <sub>TOT</sub>	N <sub>TOT</sub>	C:N
DOC	x											
C <sub>HW</sub>	0,254	x										
EEG	-0,141	0,197	x									
TG	-0,003	<b>0,537*</b>	0,120	x								
Q <sub>4/6</sub>	-0,053	-0,188	0,341	<b>-0,500*</b>	x							
C <sub>HL</sub>	-0,098	0,133	0,222	0,174	0,050	x						
C <sub>FK</sub>	0,138	0,197	0,306	-0,144	0,252	0,266	x					
C <sub>HK</sub>	-0,001	0,396	0,246	<b>0,490*</b>	-0,076	<b>0,425*</b>	0,267	x				
C <sub>HK/C<sub>FK</sub></sub>	-0,054	0,229	-0,050	<b>0,541*</b>	-0,293	0,155	<b>-0,497*</b>	<b>0,637**</b>	x			
C <sub>TOT</sub>	0,161	<b>0,594**</b>	0,271	<b>0,579**</b>	-0,112	0,367	0,144	<b>0,615**</b>	<b>0,461*</b>	x		
N <sub>TOT</sub>	0,071	<b>0,482*</b>	0,188	<b>0,592**</b>	-0,168	0,391	-0,009	<b>0,601**</b>	<b>0,576**</b>	<b>0,926***</b>	x	
C:N	0,250	<b>0,438*</b>	0,261	0,164	0,081	0,004	0,364	0,185	-0,124	<b>0,449*</b>	0,097	x

\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,05$ ; \*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,01$ ; \*\*\* statisticky průkazný vztah při  $p > 0,001$

**Tabulka 29** Souhrnné regresní rovnice pro všechna stanoviště

Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )	Vztah parametrů	a*	b*	regresní koeficient (R <sup>2</sup> )
<b>CHW: TG</b>	2,7371	723,21	0,2883	<b>CHL: CHK</b>	0,211	0,0801	0,1803
<b>CHW: CTOT</b>	0,0012	0,5506	0,3524	<b>CFK: CHK/CFK</b>	-2,9828	1,5178	0,2469
<b>CHW: NTOT</b>	0,00009	0,0755	0,2321	<b>CHK: CHK/CFK</b>	3,7384	0,1403	0,4059
<b>CHW: C/N</b>	0,0025	8,3833	0,1922	<b>CHK: CTOT</b>	2,1852	0,8573	0,3777
<b>TG: Q<sub>4/6</sub></b>	-0,0011	8,1186	0,2503	<b>CHK: NTOT</b>	0,1972	0,0923	0,3614
<b>TG: CHK</b>	0,00006	0,0537	0,2403	<b>CHK/CFK: CTOT</b>	0,2794	1,0266	0,2127
<b>TG: CHK/CFK</b>	0,0004	-0,012	0,2926	<b>CHK/CFK: NTOT</b>	0,0322	0,1018	0,3315
<b>TG: CTOT</b>	0,0002	0,7148	0,3354	<b>CTOT: NTOT</b>	0,0854	0,021	0,8575
<b>TG: NTOT</b>	0,00002	0,0772	0,3502	<b>CTOT: C/N</b>	1,2034	8,2685	0,2016

\* Parametry lineární regrese  $y = ax + b$

## 6 Diskuze

Práce se zaměřovala na změny ve složení půdní organické hmoty v závislosti na různých systémech hnojení a osevních postupech. Ke sledování změn mezi reaktivními a labilními složkami půdní organické hmoty byly využity půdy z 6 lokalit (Horažďovice, Jaroměřice, Lípa, Pusté Jakartice, Staňkov a Věrovany) v rámci dlouholetých přesných polních pokusů ÚKZÚZ, kde byly testovány různé systémy organického a minerálního hnojení nebo jejich kombinace a osevní postupy.

Rozpuštěný organický uhlík představuje malou část celkového půdního uhlíku. Jedná se o mnoho jednotlivých sloučenin s různými vlastnostmi, které mají vliv na půdotvorné procesy. Liu et al. (2020) ve svém výzkumu uvádějí, že dlouhodobá aplikace organických hnojiv významně zvýšila obsah DOC v půdě. Gonet a Debska (2006) došli ke stejnému závěru. Průměrné hodnoty se pohybují v rozmezí 86 mg/kg – 116 mg/kg a již zde je patrný vliv všech variant hnojení, nejvyšší nárůst byl však u varianty Sláma + NPK. Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení však byly zaznamenány pouze na lokalitách Horažďovice a Lípa. V Lípě byla získána nejvyšší hodnota pro variantu Sláma + NPK. V Horažďovicích došlo ke zvýšení obsahu DOC při hnojení Slámou a Slámou + NPK, u ostatních variant hnojení došlo k poklesu v porovnání s kontrolou. Dále zde byla zaznamenána významná korelace mezi obsahem DOC a C:N.

Uhlík extrahovatelný horkou vodou je využíván pro stanovení labilní frakce organické hmoty, souvisí s půdní mikrobiální biomasou a zároveň je citlivý na změny vnějšího prostředí. Šeremešić et al. (2013) uvádí ve svém výzkumu hodnoty  $C_{HW}$  pro zemědělskou půdu v rozmezí 125 mg/kg až 226 mg/kg. Jedná se o hodnoty výrazně nižší v porovnání s výsledky v tomto výzkumu, které se dle průměrných hodnot pohybují v rozmezí 493 mg/kg až 633 mg/kg. Rozdíly v hodnotách by mohly souviset s mikrobiologickou aktivitou. Dá se předpokládat, že aplikace hnojiva ve formě minerálního dusíku může zvyšovat mikrobiální aktivitu a tím zvyšovat i asimilaci labilní organické hmoty (Šeremešić et al., 2013). Na sledovaných lokalitách došlo k nárůstu  $C_{HW}$  při všech variantách hnojení, s výjimkou varianty NPK v Horažďovicích (došlo k poklesu v porovnání s Kontrolou), nejvyšší pak u varianty Sláma + NPK. Na sledovaných lokalitách (mimo Horažďovice) byly sledovány statistické rozdíly mezi variantami hnojení. Šimon (2008) taktéž uvádí nižší hodnoty  $C_{HW}$  (252 mg/kg – 336 mg/kg). Tyto hodnoty pochází z dlouhodobého polního pokusu při variantách hnojení NPK, hnůj a hnůj + NPK. Uvádí, že aplikace hnoje a jeho kombinace s NPK významně zvýšila obsah  $C_{HW}$ , v případě minerálního hnojení k významnému nárůstu nedošlo.

Glomalin slouží jako indikátor kvality půdy a hraje důležitou roli při tvorbě a stabilizaci půdních agregátů. Získané koncentrace EEG se v půdě pohybovaly v rozmezí od 654 mg/kg do 792 mg/kg. Například Balík et al. (2020) uvádějí nižší hodnoty lehce rozpustného glomalinu, a to v průměru 462 mg/kg, které byly získány v rámci dlouhodobého pokusu s minerálním i organickým hnojením. Dále uvádějí, že všechny varianty hnojení zvýšily obsah glomalinu oproti nehnojené kontrole. To je možné sledovat i v tomto výzkumu mimo stanoviště Lípa (pokles při variantě hnojení Sláma + NPK), Jaroměřice (pokles při variantách hnojení Sláma + NPK, NPK a Sláma) a Horažďovice (pokles při variantách hnojení Sláma + NPK a Sláma). Balík et al. (2020) také tvrdí, že mezi jednotlivými variantami hnojení nebyly pozorovány významné rozdíly, což v tomto případě platí pouze pro lokality Staňkov a Pusté Jakartice.

V souladu s jejich výsledky, byl i zde sledován pozitivní vliv výhradně minerálního hnojení na obsah glomalinu (toto neplatí pro Jaroměřice). Zároveň zjistili, že mezi obsahem EEG a TG existuje významná korelace, která byla v našem případě rovněž sledována a to na stanovištích Věrovany a Staňkov. Další autoři Dai et al. (2013) uvádějí nižší získané hodnoty EEG, a to v rozmezí 170 mg/kg až 510 mg/kg a nacházejí statisticky významné rozdíly v systémech hnojení.

V případě TG se průměrné hodnoty pohybovaly v rozmezí 1838 mg/kg až 2216 mg/kg pro jednotlivé varianty hnojení, a blíží se hodnotám ostatních autorů. Balík et al. (2020) uvádí mírně vyšší hodnoty, v průměru měly obsah TG 2563 mg/kg, obdobně je tomu tak u Luna et al. (2016). Podobně jako u EEG i zde bylo možné sledovat, že všechny varianty hnojení zvýšily obsah TG oproti nehnojené kontrole. Pouze ve Věrovanech došlo k poklesu obsahu TG oproti kontrole při ošetření minerálním hnojivem. Z průměrných hodnot (viz Tabulka 26) je patrné, že k největšímu nárůstu obsahu TG docházelo při hnojení hnojem. Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami však bylo možné sledovat pouze na stanovištích Lípa, Pusté Jakartice, Staňkov a Věrovany. Autoři jako Dai et al. (2013) nebo Wright a Upadhyaya (1998) zmiňují pozitivní korelaci obsahu glomalinu a uhlíku v půdní organické hmotě. Balík et al. (2020) zmiňuje korelaci obsahu glomalinu (EEG, TG) s huminovými látkami. V tomto výzkumu byla zaznamenána méně významná pozitivní korelace mezi obsahem TG a  $C_{HK}$  nebo  $C_{HK/FK}$ , z toho vyplývá, že glomalin lze využít jako indikátor změn kvality půdní organické hmoty (Balík, 2020). Dále, stejně tak jako ve výzkumu Šarapatky et al. (2019) i zde bylo možné sledovat významné korelace mezi glomalinem a zásobami celkového C a N (viz Tabulka 28).

Poměr C:N informuje o kvalitativním složení humusu. Na sledovaných lokalitách byly pro tento parametr získány průměrné hodnoty od 9,55:1 do 10,1:1. Šimek (2008) získal během svého výzkumu obdobné hodnoty (od 9,96 do 10,46). Sářka a Materna (2004) uvádějí, že za kvalitní humus je považován ten, jehož hodnoty jsou v poměru 10:1 a méně. V případě C:N byla pro variantu hnojení Sláma získána nejvyšší hodnota (viz Tabulka 26), dá se tedy říct, že podle poměru C:N byl u varianty hnojení Sláma získán méně kvalitní humus než pro ostatní varianty. Na lokalitách Horažďovice, Jaroměřice, Lípa a Věrovany byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení. Pro lokality Věrovany, Jaroměřice a Horažďovice byly získány vyšší hodnoty obsahu uhlíku v poměru C:N v případě organického nebo organominerálního hnojení než u hnojení pouze minerálního. Dle Körschens (2012) bude mít zvyšování podílu organických hnojiv v celkovém přísunu uhlíku a dusíku nepříznivý vliv na bilanci C a N. Z průměrných hodnot (viz Tabulka 26) je zřejmé, že při variantě hnojení Sláma došlo u celkového uhlíku i dusíku k poklesu obsahu v porovnání s Kontrolou. V případě  $C_{TOT}$  byly sledovány průkazné rozdíly mezi variantami hnojení (mimo stanoviště Horažďovice a Pusté Jakartice), obdobně tomu bylo i u varianty  $N_{TOT}$ , kde byly také sledovány rozdíly mezi variantami hnojení (mimo stanoviště Horažďovice). Dále bylo zjištěno, že mezi obsahem  $C_{TOT}$  a  $N_{TOT}$  existuje velmi významná korelace (viz Tabulka 28). Klement a Prchalová (2013) uvádí, že pro půdy České republiky se obsah  $N_{TOT}$  v orniční vrstvě pohybuje v rozmezí 0,1 % až 0,2 %. Hodnoty z tohoto výzkumu se na všech stanovištích v takovém rozmezí pohybují (mimo stanoviště Pusté Jakartice, kde se hodnota  $N_{TOT}$  při hnojení slámou nachází mírně pod spodní hranicí).

Pro parametr  $Q_{4/6}$  je již v průměrných hodnotách patrný pokles u všech variant hnojení oproti Kontrolě. Balík et al. (2022) ve své studii uvádí, že poměr kvality humusu ( $Q_{4/6}$ )

neposkytuje relevantní informace o kvalitě půdní organické hmoty. Pro stanoviště Jaroměřice, Lípa, Staňkov a Věrovany byly získány statistické rozdíly mezi variantami hnojení. Ve Věrovanech došlo k poklesu u všech variant hnojení. V Lípě došlo k poklesu u variant Sláma a Sláma + NPK, oproti tomu ve Staňkově byly pro tuto variantu spolu s variantou Hnůj + NPK získány nejvyšší hodnoty. Song et al. (2014) ve své studii sledovali, že se poměr  $Q_{4/6}$  zvýšil u ošetření půdy hnojem. V Jaroměřicích došlo u variant NPK a Hnůj + NPK k poklesu oproti kontrole. S rostoucím poměrem obsahu HK:FK dochází ke klesání hodnoty barevného kvocientu  $Q_{4/6}$  (Fasurová a Pospíšilová, 2010). Song et al. (2014) ve své studii uvádějí korelaci mezi obsahem  $Q_{4/6}$  a obsahem  $C_{HK}$  nebo  $C_{FK}$ , Sedlář et al. (2023) takové korelace nezaznamenali. V tomto výzkumu byla získána pouze méně významná korelace mezi obsahem  $Q_{4/6}$  a  $C_{HK}$  na stanovišti Věrovany.

$C_{HK}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HL}$  společně tvoří humusové látky, které vznikají během procesu humifikace. Jde o stabilní složky půdní organické hmoty, které mají pozitivní vliv na půdní strukturu (Vaněk et al., 2016). Dle Balík et al. (2019) je obsah humusové složky v půdách různý, ale pohybuje se kolem 2 – 12 %. Celkový obsah huminových látek v tomto výzkumu, se dle průměrných hodnot pohyboval v rozmezí 0,45 – 0,54 %. Mezi jednotlivými stanovišti byly zaznamenány statistické rozdíly mezi variantami hnojení (toto neplatí pro Staňkov). U průměrných hodnot (viz Tabulka 27) nejsou statistické rozdíly patrné, ale je zde však zřejmý mírný nárůst u ošetření hnojem, NPK a jejich kombinací. Šimanský et al. (2022) ve svém výzkumu ošetřovali půdu nižší a vyšší dávkou NPK a zjistili, že obě tyto varianty snížily stabilitu huminových látek. Balík et al. (2020) ve svém výzkumu s monokulturou kukuřice uvádí, že aplikace minerálního N vedla k silnější mineralizaci původní i stabilní organické hmoty ve srovnání s nehnojenou kontrolou. V Horažďovicích byl nejvyšší obsah  $C_{HL}$  právě při ošetření NPK. Ve Věrovanech se obsah  $C_{HL}$  zvýšil pouze u variant hnojených slámou. Na stanovišti Staňkov je patrný pokles u všech variant hnojení oproti nehnojené kontrole. Rutkowská a Pikuła (2013) ve svém výzkumu uvádějí, že minerální hnojení nezměnilo obsah organického uhlíku v půdě ani kvalitu humusu. Pro stanoviště Lípa byla získána velmi významná pozitivní korelace mezi obsahy parametrů  $C_{HL}$  a  $C_{FK}$  a významná korelace mezi obsahy  $C_{HL}$  a  $C_{HK}$ .

Sedlář et al. (2023) ve svém výzkumu nezaznamenali zvýšení obsahu  $C_{FK}$  vlivem NPK oproti organickému hnojení a nesouhlasí tak s Kutovou et al. (2020), kde byl takovýto nárůst zaznamenán. V tomto výzkumu v případě průměrných hodnot nebyly pro parametr  $C_{FK}$  zaznamenány rozdíly mezi variantami hnojení. Mezi jednotlivými stanovišti však statistické rozdíly pro různé varianty hnojení zaznamenány byly (s výjimkou Jaroměřic a Staňkova). Výsledky pro stanoviště Horažďovice souhlasí s tvrzením Kutové et al. (2020), naopak je tomu u výsledků ze stanoviště Lípa, Věrovany nebo Pusté Jakartice, které souhlasí s výsledky ve výzkumu Sedlář et al. (2023). Na stanovišti Věrovany byla zjištěna velmi významná negativní korelace mezi  $C_{FK}$  a poměrem  $C_{HK}/C_{FK}$ .

Hodnoty  $C_{HK}$  se v průměru pohybovaly v rozmezí 0,15 % – 0,23 %. U průměrných hodnot nebyly zaznamenány statistické rozdíly mezi variantami hnojení, mírně vyšší hodnota byla získána u varianty Hnůj + NPK. Pro všechna stanoviště mimo Věrovan byly zaznamenány statistické rozdíly mezi variantami hnojení pro parametr  $C_{HK}$ . Nejnižší hodnoty na všech stanovištích byly získány u varianty Sláma nebo Sláma + NPK. Zheng et al. (2022) usuzují, že aplikace slámy zlepší složení humusu, obsah SOC a zvýší stabilitu struktury huminových kyselin. Také ale uvádějí, že sláma zakopaná v podpovrchové vrstvě zvyšuje zdroj uhlíku

v půdě, zvyšuje aktivitu mikroorganismů a podporuje rozklad HK. Watanabe et al. (2007) ve svém dlouholetém pokusu uvádí, že ošetření půdy hnojem vedlo k vyšším obsahům  $C_{HK}$  než ošetření minerálním hnojivem. V Jaroměřicích, Lípě a Staňkově byl získán nejvyšší obsah  $C_{HK}$  pro variantu hnojení Hnůj + NPK (pro Staňkov i Hnůj). V Pustých Jakarticích došlo k poklesu  $C_{HK}$  při ošetření hnojem v porovnání s Kontrolou, nejvyšší obsah byl získán pro variantu Sláma. Hao et al. (2020) ve svém dlouholetém pokusu uvádějí, že návrat slámy zvýšil obsah humusových frakcí, což nesouhlasí s výsledky v tomto výzkumu. Na většině stanovišť (mimo Lípu a Věrovany) byly získány významné pozitivní korelace mezi obsahy parametrů  $C_{HK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ .

Poměr HK:FK se používá jako údaj informující o kvalitě humusových látek (Kononova, 1963). Také obecně platí, že čím vyšší je tento poměr, tím vyšší je i kvalita půdní organické hmoty. Na sledovaných lokalitách byly pro poměr HK:FK získány průměrné hodnoty od 0,64:1 pro variantu hnojenou kombinací Sláma + NPK až po 0,96:1 pro variantu hnojenou NPK. Pokorný et al. (2007) uvádějí, že ukazatelem kvalitní organické hmoty je poměr 1,5:1, Sáníka a Materna (2004) považují za kvalitní ukazatel složení humusu až poměr 2:1. Autoři se dále shodují, že nekvalitní humus je charakterizován poměrem 0,5:1 a nižším. Získané hodnoty se pohybují ve výše zmíněném rozmezí nebo mírně pod ním a blíží se spíše k hodnotám pro nekvalitní humusové látky. Jak je vidět i na výše zmíněných průměrných hodnotách, nejnižší obsah poměru  $C_{HK}/C_{FK}$  byl na jednotlivých stanovištích většinou u varianty hnojení Sláma + NPK a poté u varianty Sláma. Pro lokalitu Věrovany byla při variantě hnojení NPK získána hodnota 1,82, ta se již pohybuje v hodnotách pro kvalitní humus. Na lokalitách Jaroměřice, Lípa, Pusté Jakartice, Staňkov a Věrovany byly sledovány statisticky významné rozdíly mezi variantami hnojení a mezi obsahy parametrů  $C_{HK}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$  byly zjištěny významné korelace (viz Tabulka 27).

Jak je z výsledků patrné, mezi jednotlivými stanovišti existují rozdílné hodnoty pro sledované parametry, což může být způsobeno mnoha faktory, například půdně klimatickými podmínkami. Třeba obsah EEG může být ovlivněn rozdílným půdním typem. Balík et al. (2020) uvádí, že na obsah glomalinu působí mnoho faktorů a kromě hnojení to může být i vliv pěstovaných plodin. Klement a Prchalová (2013) zase zmiňují, že obsah dusíku může být ovlivněn rostlinným porostem, nebo že černozemě a rendziny mají nejužší poměr C:N, takový půdní typ se vyskytuje na sledované lokalitě Věrovany. Šimanský et al. (2022) uvádí, že obsah půdní organické hmoty a huminových látek se v průběhu let může měnit v závislosti na rozdílné produkci nadzemní i podzemní biomasy nebo vlivem mikrobiální biomasy.

## 7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit stabilní a reaktivní složky půdní organické hmoty v rámci přesných dlouholetých polních pokusů s různými variantami hnojení a osevními postupy. Dále bylo také cílem odhadnout vývoj jednotlivých složek půdní organické hmoty v závislosti na osevním postupu a systémech hnojení.

Obsahy parametrů DOC a  $C_{HW}$  byly na všech stanovištích nejvíce ovlivněny variantou Sláma + NPK mimo Věrovany a Jaroměřice, kde byl parametr DOC nejvíce ovlivněn variantou Sláma. Průměrné hodnoty se pohybovaly v rozmezí 86 – 116 mg/kg pro DOC a 493 – 633 mg/kg pro  $C_{HW}$ . Pro obsah glomalinu se průměrné hodnoty pohybovali v rozmezí 654 – 792 mg/kg (pro EEG) a 1838 – 2216 mg/kg (pro TG). Obsah těchto parametrů byl nejvíce ovlivňován variantami hnojení Hnůj a Hnůj + NPK, minerální hnojení bylo srovnatelné s variantami Sláma a Sláma + NPK. Obsah TG významně koreloval s celkovým uhlíkem a dusíkem. Sledované parametry týkající se huminových látek ( $C_{HL}$ ,  $C_{FK}$  a  $C_{HK}$ ) byly vesměs ovlivněny všemi variantami hnojení a na jednotlivých stanovištích docházelo k rozdílným skutečnostem. Získané poměry  $C_{HK}/C_{FK}$  informovaly o spíše nekvalitní půdní organické hmotě. V rámci celého výzkumu byly sledovány nejtěsnější korelace mezi obsahem celkového uhlíku a dusíku. Dále pak na stanovišti Lípa pro parametry  $C_{HL}$  a  $C_{FK}$  a na stanovišti Věrovany pro parametry  $C_{FK}$  a  $C_{HK}/C_{FK}$ .

Nejpodstatnější závěry jsou tedy následující: Labilní (DOC,  $C_{HW}$ ) středně stabilní (TG, EEG) i stabilní složky (huminové látky) půdní organické hmoty byly více či méně ovlivněny při všech variantách hnojení. Pro organické a organominerální hnojení byly obecně získány lepší hodnoty než pro hnojení čistě minerální. Tato skutečnost se však u jednotlivých stanovišť mezi parametry liší. To může být způsobeno rozdílnými půdně klimatickými podmínkami, mikrobiální aktivitou, pěstovanými plodinami, a s tím spojeným kořenovým systémem, atd. Bylo však potvrzeno, že minerálním hnojením nemusí docházet k úbytku půdní organické hmoty. Dále bylo zjištěno, že labilní složky půdní organické hmoty byly více ovlivňovány hnojením slámou, stabilní složky pak spíše hnojem.

Z dosažených výsledků, je tak možno konstatovat, že složky půdní organické hmoty byly ovlivňovány nejen různými variantami hnojení a osevními postupy, ale i půdně klimatickými podmínkami na sledovaných lokalitách, čímž budou pravděpodobně zásadně ovlivňovány i do budoucna.

## 8 Literatura

- ANONYM (2014). Průměrné zastoupení jednotlivých složek minerální hlinité půdy ve stavu příznivém pro růst rostlin. In: Webhost.mendelu.cz [online]. [cit. 2023-08-20]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/148/11165.jpg](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/148/11165.jpg)
- BALÍK J., KULHÁNEK M., ČERNÝ J., SEDLÁŘ O., SURAN P. (2020). Soil Organic Matter Degradation in Long-Term Maize Cultivation and Insufficient Organic Fertilization. *Plants*, roč. 9, č. 9. ISSN 2223-7747. DOI: 10.3390/plants9091217
- BALÍK J., KULHÁNEK M., ČERNÝ J., SEDLÁŘ O., SURAN P., ASRADE D. A. (2022). The Influence of Organic and Mineral Fertilizers on the Quality of Soil Organic Matter and Glomalin Content. *Agronomy*, roč. 12, č. 6. ISSN 2073-4395. DOI: 10.3390/agronomy12061375
- BALÍK J., SEDLÁŘ O., KULHÁNEK M., ČERNÝ J., SMATANOVÁ M., SURAN P. (2020). Effect of organic fertilisers on glomalin content and soil organic matter quality. *Plant Soil Environment*, roč. 66, č. 11, s. 590-597. ISSN 12141178. DOI: 10.17221/385/2020-PSE
- BALÍK J., VANĚK V., ČERNÝ J., KULHÁNEK M., SEDLÁŘ O., SURAN P. (2019). Racionální použití hnojiv: zaměřené na význam a poslání organických látek v půdě: sborník z 25. konference Racionální použití hnojiv: Význam organické hmoty v půdě (rozdělení, zdroje a úloha v půdě). Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 108. ISBN 978-802-1329-836.
- ČERNÝ J., BALÍK J., KULHÁNEK M., SEDLÁŘ O. (2019). Zjednodušené rozdělení složek půdní organické hmoty. In: Agromanual.cz [online]. [cit. 2023-08-20]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-v-pude-jeji-obsah-slozky-a-vyznam>
- DAIJ., HU J., LIN X. et al. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungal diversity, external mycelium length, and glomalin-related soil protein content in response to long-term fertilizer management. *Journal of Soils and Sediments*, roč. 13, č. 1, s. 1-11. ISSN 1439-0108. DOI: 10.1007/s11368-012-0576-z
- ELLIS B., FOTH H. (1997). *Soil Fertility* (2nd ed.). CRC Press. ISBN9780203739341. DOI: 10.1201/9780203739341
- FASUROVÁ N., POSPÍŠILOVÁ L. (2010). Characterization of soil humic substances by ultraviolet-visible and synchronous fluorescence spectroscopy. *Journal of Central European Agriculture*, roč. 11, č. 3, s. 351-357.
- FLIESSBACH A., OBERHOLZER H. R., GUNST L., MÄDER P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, roč. 118, č. 1-4, s. 273-284. ISSN 01678809. DOI: 10.1016/j.agee.2006.05.022
- 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, roč. 35, č. 9, s. 1231-1243. ISSN 00380717. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00186-X
- GONET S. S., DEBSKA B. (2006). Dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in soil under different fertilization treatments. *Plant Soil and Environment*, roč. 52, č. 2, s. 55-63
- GRAND A., MICHEL V. (2020). Půdní organická hmota. Best4Soil [online]. [cit. 2023-08-12]. Dostupné z: <https://orgprints.org/id/eprint/43417/3/PU%CC%8ADNI%CC%81%20ORGANICKA%CC%81%20HMOTA.pdf>
- HAMKALO Z., BEDERNICHEK T. (2014). Total, cold and hot water extractable organic carbon in soil profile: impact of land-use change. *Zemdirbyste-Agriculture*, roč. 101, č. 2, s. 125-132. e-ISSN 2335-8947. DOI: 10.13080/z-a.2014.101.016
- HAO X. X., HAN X. Z., ZOU W. X., WANG S. Y., KWAW-MENSAH D. (2020). Changes in soil organic carbon and its fractions after 13 years of continuous straw return in a soybean-maize cropping system. *Applied Ecology and Environmental Research*, roč. 18, č. 6, s. 8267-8284. ISSN 15891623. DOI: 10.15666/aeer/1806\_82678284
- HOUBA V. J. G., TEMMINGHOFF E. J. M., GAIKHORST G. A., VAN VARK W. (2008). Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, roč. 31, č. 9-10, s. 1299-1396. ISSN 0010-3624. DOI: 10.1080/00103620009370514
- HOUBEN S., BRINKS H., SALOMONS J., CARA M., THORSTED M. D., MICHEL V., MOLENDIJK L., SCHLATHÖELTER M. (2020). Osevní postupy: praktické informace. Best4Soil [online]. [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: [https://orgprints.org/id/eprint/43540/3/CZ\\_OSEVNI%CC%81%20POSTUPY\\_%20PRAKTICKE%CC%81%20INFORMACE.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/43540/3/CZ_OSEVNI%CC%81%20POSTUPY_%20PRAKTICKE%CC%81%20INFORMACE.pdf)
- CHAND S. (2014) *Terminology Of Soil Fertility, Fertilizer And Organics*. Daya Publishing House. ISBN 978-8-170-35919-7.
- JASON J., HARRISON R. (2023). Dissolved organic carbon, *Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition)*, Academic Press, s. 421-431. ISBN 9780323951333. DOI: 10.1016/B978-0-12-822974-3.00167-1
- JEŘÁBKOVÁ J. (2019). BIOM: Časopis o energii, co roste: Půda a organická hmota: Proč je důležitá organická hmota v půdě, roč. 2019, č. 1. ISSN 1801-2655.
- JONES D. L., WILLET V. B. (2006). Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, roč. 38, č. 5, s. 991-999. ISSN 00380717. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.08.012
- KLEMENT V., PRCHALOVÁ R. (2013). Lyzimetrická sledování: výsledky lyzimetrických měření Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského za 25 let sledování. Online. Havlíčkův Brod: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Sekce úřední kontroly, Oddělení biologických testací. ISBN 978-80-7401-078-1.

- KONONOVA M. M. (1963). *Soil Organic Matter: Nature, Properties and Methods of Study*. Academy of Sciences of Soviet Union, Moscow, SSSR.
- KÖRSCHENS M, ALBERT E., ARMBRUSTER M., BARKUSKY D., BAUMECKER M., et al. (2012). Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century, *Archives of Agronomy and Soil Science*, roč. 59, č. 8, s. 1017-1040. ISSN 0365-0340. DOI: 10.1080/03650340.2012.704548
- KŘEN J., HOUŠŤ M., NEUDERT L. a SMUTNÝ V. (2018). Management posklizňových zbytků při zakládání porostů ozimé pšenice a jarního ječmene: uplatněná certifikovaná metodika. Online. Brno: Mendelova univerzita v Brně. [online]. [cit. 2024-03-17]. ISBN 978-80-7509-626-5. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_217\\_multitext/metodiky\\_pro\\_praxi/Poskliznove%20zbytky\\_Kren.pdf](https://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/metodiky_pro_praxi/Poskliznove%20zbytky_Kren.pdf)
- KUTÍLEK M., NIELSEN D. R. (2015). *Soil: The Skin of the Planet Earth*. Springer Dordrecht. ISBN 978-94-017-9789-4. DOI: 10.1007/978-94-017-9789-4
- KUTOVA A., HETMANENKO V., SKRYLNIK I., PARAMONOVA T., KUTS A. (2020). Effect of irrigation and fertilization on the content and composition of humus of Chernozem in the vegetable-fodder crop rotation. *AgroLife Scientific Journal*, roč. 9, č. 1.
- LAL R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, roč. 304, č. 5677, s. 1623-1627. ISSN 0036-8075. DOI: 10.1126/science.1097396
- LAL R. (Ed.). (2021). *Soil Organic Matter and Feeding the Future: Environmental and Agronomic Impacts* (1st ed.). CRC Press. DOI: 10.1201/9781003102762
- LAL, R. (2009), Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, roč. 60, č. 2, s. 158-169. ISSN 1351-0754. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2008.01114.x
- LIU J., CHEN X., LI D., XU C., WU M., LIU M., LI P., LI G., ZHANG T., LI Z. (2020). Variation of soil dissolved organic carbon under long-term different fertilizations and its correlation with maize yields. *Journal of Soils and Sediments*, č. 20, s. 2761-2770.
- LUNA L., MIRALLES I., ANDRENELLI M. C., GISPERT M., PELLERGINI S., VIGNOZZI N., SOLÉ-BENET A. (2016). Restoration techniques affect soil organic carbon, glomalin and aggregate stability in degraded soils of a semiarid Mediterranean region. *Catena*, roč. 143, s. 256-264. ISSN 03418162. DOI: 10.1016/j.catena.2016.04.013
- MANLAY R. J., FELLER Ch., SWIFT M. J. (2007). Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, roč. 119, č. 3-4, s. 217-233. ISSN 01678809. DOI: 10.1016/j.agee.2006.07.011
- MENŠÍK L., KUNZOVÁ E., MADARAS M. (2022). Současné hospodaření na zemědělské půdě v měnících se podmínkách prostředí – SOM (půdní organická hmota). Praha:

- Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně, roč. 2. ISBN 978-80-7427-401-5.
- MICHEL V., GRAND A., SCHLATHÖLTER M. (2020). Zelené hnojení a meziplodiny: praktické informace. In: Best4Soil [online]. [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: [https://orgprints.org/id/eprint/43071/19/43071\\_Best4Soil\\_Green-manures-cover-crops-practical-information\\_SK.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/43071/19/43071_Best4Soil_Green-manures-cover-crops-practical-information_SK.pdf)
- PATZEL N., STICHER H., KARLEN D. L. (2000). Soil Fertility — Phenomenon and Concept. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, roč. 163, č. 2, s. 129-142. ISSN 1436-8730. DOI: 10.1002/(SICI)1522-2624(200004)163:2<129::AID-JPLN129>3.0.CO;2-D
- POKORNÝ E., ŠARAPATKA B., HEJÁTKOVÁ K. (2007). Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura. ISBN 80-903-5485-8.
- RUTKOWSKA A., PIKUŁA D. (2013). Effect of crop rotation and nitrogen fertilization on the quality and quantity of soil organic matter. *Soil processes and current trends in quality assessment*, s. 249-267. ISBN 978-953-51-1029-3. DOI: 10.5772/53229
- SÁŇKA M., MATERNA J. (2004). Planeta - Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR: Odborný časopis pro životní prostředí, roč. 7, č. 11. [online]. [cit. 2023-08-13]. ISSN 1213-3393. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/\\$file/in\\_dikatory\\_el.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/$file/in_dikatory_el.pdf)
- SEDLÁŘ O., BALÍK J., ČERNÝ J., KULHÁNEK M., SMATANOVÁ M. (2023). Long-Term Application of Organic Fertilizers in Relation to Soil Organic Matter Quality. *Agronomy*, roč. 13, č. 1. ISSN 2073-4395. DOI: 10.3390/agronomy13010175
- SINGH P. K., SINGH M., TRIPATHI B. N. (2013). Glomalin: an arbuscular mycorrhizal fungal soil protein. *Protoplasma*, roč. 250, č. 3, s. 663-669. ISSN 0033-183X. DOI: 10.1007/s00709-012-0453-z
- SMATANOVÁ M. (2021). Hodnocení vybraných parametrů půdní organické hmoty v zemědělských půdách ČR: Průběžná zpráva za roky 2014–2019 [online]. In: Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/676216/Cox\\_zprava\\_2020\\_finalni.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/676216/Cox_zprava_2020_finalni.pdf)
- SONG X. Y., LIU S. T., LIU Q. H., ZHANG W. J., HU C. G. (2014). Carbon sequestration in soil humic substances under long-term fertilization in a wheat-maize system from North China. *Journal of Integrative Agriculture*, roč. 13, č. 3, s. 562-569. ISSN 20953119. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60713-3
- StatSoft, Inc. (2023): Statistica 12, TIBCO Software Inc.
- ŠANTRŮČKOVÁ H., KAŠTOVSKÁ E., BÁRTA J., MIKO L. a TAJOVSKÝ K. (2018). *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-807-3946-951.

- ŠARAPATKA B. (2014). Organická hmota půdy. In: Pedologie a ochrana půdy [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. [cit. 2023-08-12]. ISBN 978-80-244-3736-1. Dostupné z: [https://aa.ecn.cz/img\\_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/pedologie-obalka\\_vyber-a-kapitol.pdf](https://aa.ecn.cz/img_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/pedologie-obalka_vyber-a-kapitol.pdf)
- ŠARAPATKA B., ALVARADO-SOLANO D. P., ČIŽMÁR D. (2019). Can glomalin content be used as an indicator for erosion damage to soil and related changes in organic matter characteristics and nutrients? *Catena*, roč. 181. ISSN 03418162. DOI: 10.1016/j.catena.2019.104078
- ŠEREMEŠIĆ S., Milošev D., Sekulić P., Nešić L., Ćirić V. (2013). Total and hot-water extractable carbon relationship in Chernozem soil under different cropping systems and land use. *Journal of Central European Agriculture*, roč. 14, č. 4. DOI: 10.5513/jcea.v14i4.2346
- ŠIMANSKÝ V., WÓJCIK-GRONT E., HORVÁTHOVÁ J., PIKUŁA D., LOŠÁK T., PARZYCH A., LUKAC M., AYDIN E. (2022). Changes in Relationships between Humic Substances and Soil Structure following Different Mineral Fertilization of *Vitis vinifera* L. in Slovakia. *Agronomy*, roč. 12, č. 6. ISSN 2073-4395. DOI: 10.3390/agronomy12061460
- ŠIMEK M., HYNŠT J., a MALÝ S. (2021) Živá půda 9. Cyklus uhlíku a půdní organická hmota. Online. Živa. č. 4. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2021-4/ziva-puda-9-cyklus-uhlíku-a-pudni-organicka-hmota.html>.
- ŠIMON T. (2008). The influence of long-term organic and mineral fertilization on soil organic matter. *Soil and Water Research*, roč. 3, č. 2, s. 41-51. ISSN 18015395. DOI: 10.17221/21/2008-SWR
- TAN K. H. (2003). *Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies* (1st ed.). CRC Press. DOI: 10.1201/9780203912546
- TEJNECKÝ V., DRÁBEK O., NIKODEM A., BORŮVKA L., VOKURKOVÁ P., NĚMEČEK K. (2014). Rychlé stanovení vodou extrahovatelného organického uhlíku z lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, roč. 59, č. 3, s. 155-159.
- URBAN J., ŠARAPATKA B., (2003). *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi*. Praha: MŽP. ISBN 80-721-2274-6.
- VANĚK V., BALÍK J., PAVLÍK M., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P. (2016). *Výživa a hnojení polních plodin*. Praha: Profi Press. ISBN 978-808-6726-793.
- VRBA V., HULEŠ L. (2006). Humus - půda – rostlina: Humus a půda. In: *Biom.cz* [online]. [cit. 2023-08-06]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>
- WAKSMAN S. A. (1936). *Humus*. London, UK: Baillière, Tindall & Cox.
- WATANABE A., KAWASAKI S., KITAMURA S., YOSHIDA S. (2007). Temporal changes in humic acids in cultivated soils with continuous manure application. *Soil science and*

plant nutrition, roč. 53, č. 5, s. 535-544. ISSN 0038-0768. DOI: 10.1111/j.1747-0765.2007.00170.x

WRIGHT S., UPADHYAYA A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, roč. 198, č. 1, s. 97-107. ISSN 0032079X. DOI: 10.1023/A:1004347701584

ZHENG S., DOU S., DUAN H. M. (2022). Effects of straw enrichment and deep incorporation on humus composition and humic acid structure of black soil profile in Northeast China. *Applied Ecology & Environmental Research*, roč. 20, č. 2, s. 1051-1063. ISSN 15891623. DOI: 10.15666/aeer/2002\_10511063

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

AMF	arbuskulární mykorhizní houba
AZZP	agrochemické zkoušení zemědělských půd
BSA	hovězí albumin
BVO	bramborářská výrobní oblast
C	uhlík
C:N	celkový poměr uhlíku a dusíku
CaCl <sub>2</sub>	chlorid vápenatý
CE	černozem
C <sub>FK</sub>	celkový obsah fulvokyselin
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
C <sub>org</sub>	organický uhlík
C <sub>ox</sub>	oxidovatelný uhlík
C <sub>TOT</sub>	totální/celkový uhlík
C <sub>HK</sub>	celkový obsah huminových kyselin
C <sub>Hl</sub>	celkový obsah huminových látek
C <sub>HW</sub>	uhlík stanovený horkou vodou
DOC	rozpuštěný organický uhlík
EEG	lehce rozpustný glomalin
FK	fulvokyseliny
FTIR	střední infračervená spektroskopie
H	hlinitá půda
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyseliny sírová
HCl	kyselina chlorovodíková
HK	huminové kyseliny
HK:FK	poměr huminových kyselin a fulvokyselin
HN	hnědozem
HP	hlinitopísčité půda
HWEC	horkou vodou extrahovatelný uhlík
JH	jílovitohlinitá půda
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	dichroman draselný
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	síran draselný
KA	kambizem
KCl	chlorid draselný
KI	jodid draselný
LU	luvizem
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	difosforečnan tetrasodný
NaOH	hydroxid sodný
NDIR	nedisperzní infračervený analyzátor
NIR	blízká červená spektroskopie
NPK	minerální hnojení dusík, fosfor a draslík
N <sub>TOT</sub>	totální/celkový dusík
PH	písčitohlinitá půda

PPOH	primární půdní organická hmota
Q <sub>4/6</sub>	barevný kvocient/koefficient kvality organické hmoty
R <sup>2</sup>	regresní koeficient
ř. ch.	řepný chrást
ŘVO	řepařská výrobní oblast
SOC	půdní organický uhlík
SOM	půdní organická hmota
TG	celkový glomalin
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ŽP	životní prostředí