

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV**

2125735

**OBSAH A KVALITA ORGANICKEJ HMOTY  
HNEDOZEME V PRIEBEHU DLHODOBÉHO  
EXPERIMENTU**

**2011**

**Lenka Minárová, Bc.**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV**

**OBSAH A KVALITA ORGANICKEJ HMOTY HNEDOZEME  
V PRIEBEHU DLHODOBÉHO EXPERIMENTU**

**Diplomová práca**

Študijný program:	Produkcia potravinových zdrojov
Študijný odbor:	4140800 Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra pedológie a geológie
Školiteľ:	Vladimír Šimanský Ing., PhD.

**Nitra, 2011**

**Lenka Minárová, Bc.**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaná Lenka Minárová vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Obsah a kvalita organickej hmoty hnedozeme v priebehu dlhodobého experimentu“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 10. apríla 2011

Lenka Minárová

## **Pod'akovanie**

Touto cestou sa chcem poďakovať môjmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Vladimírovi Šimanskému, PhD. za starostlivosť, pomoc, odborné vedenie, cenné rady, usmernenie a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

## **Abstrakt**

Organická hmota pôdy predstavuje najdôležitejší indikátor kvality pôdy. Jej množstvo, ale aj kvalita je najvýraznejšie ovplyvnená práve činnosťou človeka. V práci sme sa zamerali na posúdenie obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty z dlhodobého, ale aj z krátkodobého hľadiska v rozličných spôsoboch obrábania a hnojenia. V roku 1999 bol založený Katedrou rastlinnej výroby FAPZ, SPU – Nitra dlhodobý experiment na experimentálnej báze SPU Dolná Malanta. Pôdne vzorky boli odobrané v roku 1999 (pred založením pokusu) a postupne v rokoch 2008-2010. Vzorky boli odobrané z nasledovných variantov obrábania a hnojenia: 1. konvenčné obrábanie, 2. minimalizačné obrábanie, 3. trvalo-trávny porast; 1. bez hnojenia, 2. zapracovávanie pozberových zvyškov spolu s NPK hnojivami. Zo získaných výsledkov vyplynulo, že z dlhodobého hľadiska malo intenzívne obrábanie pôdy (konvenčný spôsob) najvýraznejší negatívny dopad na obsah celkového organického uhlíka v porovnaní s minimalizačným obrábaním. Aj z krátkodobejšieho pohľadu (2008-2010) bol zaznamenaný negatívny dopad intenzívneho obrábania na obsah organickej hmoty pôdy. Na druhej strane zapracovávanie pozberových zvyškov do pôdy sa prejavilo pozitívne na zvyšovaní jej obsahu. Z dlhodobého hľadiska spôsob hospodárenia (obrábania a hnojenia) na pôde (hnedozemi) sa pozitívne prejavil na zvýšení kvality humusu oproti počiatočnému stavu, kým stabilita humusu sa v dôsledku hospodárenia znížila. Zapracovávanie pozberových zvyškov spolu s NPK hnojivami malo najvýraznejší vplyv na pokles stability humusu.

Kľúčové slová: obrábanie, hnojenie, kvantita a kvalita organickej hmoty, stabilita humusu

## **Abstrakt**

Soil organic matter is the most important indicator of soil quality. Its quantity, but also quality is most affected by human activity. The aim of our work was to assess the quantity and quality of soil organic matter in the long, but also in the short term period in different tillage and fertilization systems. In 1999, the Department of Plant Production of the Slovak Agricultural University in Nitra established a long-term field experiment in locality Dolná Malanta. Soil samples were collected in 1999 (before the establishment of the experiment) and in the period 2008-2010. Samples were taken from the following variants of tillage and fertilization: 1. conventional tillage, 2. minimal tillage, 3. native grassland; 1. without fertilization, 2. crop residues together with added NPK fertilizers. All in all, we summarize that intensive tillage (conventional) had the most significant negative impact on total organic carbon content in comparison to minimal tillage in the long time period. Similar effect was determined in short time period (2008-2010). On the other hand, crop residues ploughing together with NPK fertilizers had a positive influence on increase of soil organic matter. In the long term, the farming system (tillage and fertilization) on soil (Haplic Luvisol) had positive effect on increase of humus quality in comparison to the initial condition, on the other hand the stability of humus decreased. Added crop residues together with NPK fertilizers had the most significant influence on decrease of humus stability.

Key words: tillage, fertilization, quantity and quality of soil organic matter, humus stability

# Obsah

Obsah .....	6
Zoznam skratiek a značiek .....	8
Úvod.....	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky .....	11
1.1 Pôdna organická hmota a humus .....	11
1.1.1 Kolobeh uhlíka v prírode .....	14
1.1.2 Funkcie pôdnej organickej hmoty.....	15
1.1.3 Obsah pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskych pôdach .....	17
1.2 Dynamika pôdnej organickej hmoty .....	19
1.2.1 Zdroje pôdnej organickej hmoty .....	19
1.2.1.1 Organické hnojivá – doplnkový zdroj pôdnej organickej hmoty .....	21
1.2.1.2 Chemické zloženie organických zvyškov .....	22
1.2.2 Rozdelenie pôdnej organickej hmoty.....	23
1.2.3 Premeny organických zvyškov v pôde .....	24
1.2.3.1 Rozklad pôdnej organickej hmoty v aeróbných podmienkach.....	26
1.2.3.2 Rozklad pôdnej organickej hmoty v anaeróbných podmienkach.....	26
1.2.3.3 Vplyv podmienok na premenu organických látok v pôde.....	27
1.2.4 Bilancia pôdnej organickej hmoty .....	28
1.3 Obrábanie pôdy a pôdna organická hmota .....	28
1.3.1 Zmeny v organickej hmote pri intenzívnom obhospodarovaní pôd .....	30
1.3.2 Vplyv bezorbových technológií spracovania pôdy na pôdnu organickú hmotu.....	31
1.3.3 Porovnanie vplyvu konzervačného a konvenčného obrábania na obsah pôdnej organickej hmoty .....	31
1.4 Hnojenie pôdy .....	33
1.4.1 Vplyv priemyselných hnojív .....	33
1.4.2 Hnojenie organickými hnojivami .....	34
1.4.2.1 Pozberové zvyšky, osevný postup.....	35
1.4.2.2 Vplyv pestovaných rastlín na pôdnu organickú hmotu .....	37
1.5 Charakteristika hnedozeme .....	38
2 Cieľ práce.....	41
3 Metodika práce.....	42

4	Výsledky a diskusia.....	46
5	Záver .....	57
6	Zoznam použitej literatúry .....	58
7	Prílohy.....	63



---

## Zoznam skratiek a značiek

C	uhlík
H	vodík
K	draslík
N	dusík
P	fosfor
S	síra
Al	hliník
Ca	vápnik
Fe	železo
Mg	horčík
Mn	mangán
Na	sodík
O	kyslík
Si	kremík
O <sub>2</sub>	kyslík
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
H <sub>2</sub> O	voda
H <sub>2</sub> S	kyselina sírovodíková
NH <sub>3</sub>	amoniak
C <sub>ox</sub>	pôdny organický uhlík
N <sub>t</sub>	celkové množstvo dusíka
C:H	pomer uhlíka k vodíku
C:N	pomer uhlíka k dusíku
O:H	pomer kyslíka k vodíku
C <sub>HK</sub> /C <sub>FK</sub>	pomer uhlíka humínových kyselín a fulvokyselín
POH	pôdna organická hmota
%	percento

---

m	meter
mm	milimeter
g	gram
kg	kilogram
t	tona
ha	hektár
km	kilometer
t.ha <sup>-1</sup>	tona na hektár
kJ.mol <sup>-1</sup>	kilojoule na mol
kg.m <sup>-3</sup>	kilogram na meter kubický
mmol.kg <sup>-1</sup>	micromol na kilogram
EÚ	Európska únia

---

## Úvod

Pôda je súčasťou každodenného života a je neodmysliteľnou stránkou ľudskej existencie. Je potrebné, aby sa venovala dostatočná pozornosť starostlivosti o pôdu a najmä o pôdnu organickú hmotu. Organická hmota pôdy je tou časťou pôdy, ktorá ju odlišuje od horniny. Aj keď je v našich pôdach zastúpená v pomerne malých množstvách v porovnaní s minerálnym podielom, predsa má veľký význam, pretože sa zúčastňuje na premenách v pôde, umožňuje dosahovať vyššie úrody a zároveň znižuje ceny vstupov. Ovplyvňuje biologické, fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy. V neposlednom rade sa podieľa na udržiavaní životného prostredia a stability pôdných ekosystémov. Pôdna organická hmota je indikátorom kvality a zdravia pôdy. Hlavným elementom organickej hmoty je obsah organického uhlíka. Okrem tohto kvantitatívneho ukazovateľa je potrebné sa zamerať aj na kvalitatívny parameter, ktorý reprezentujú farebné kvocienty a pomer uhlíka humínových a fulvokyselín.

Do budúca treba hospodáriť tak, aby sme vytvorili a najmä udržali trvalo udržateľnú krajinu a nadmerne nevyčerpávali pôdu. Musíme nájsť najvhodnejšie riešenie, resp. zvoliť najvhodnejší spôsob obrábania a hnojenia, aby nedochádzalo k úbytku pôdnej organickej hmoty z pôdy, pretože práve ľudskou činnosťou môže byť jej obsah ovplyvnený. Práve na tieto parametre sme sa zamerali v našej práci, kde sme posudzovali vplyv vybraných spôsobov obrábania a hnojenia pôdy.

---

# 1 Súčasný stav riešenej problematiky

## 1.1 Pôdna organická hmota a humus

Organická hmota pôdy je zložitým, heterogénnym, polydisperzným súborom organických látok rozličného pôvodu s premenlivým zložením, stupňom disperzity, aktivity a tým i vzťahom k ostatným zložkám pôdnej hmoty a živým organizmom. Formuje sa súčasne s ostatnými zložkami pôdy v pôdotvornom procese pôsobením pôdotvorných činiteľov. Podstatu zložitého súboru tvoria humusové látky špecifickej a nešpecifickej povahy, t.j. jednoduchšie, identifikovateľné zlúčeniny a zlúčeniny so zložitou stavbou, zložením a vlastnosťami. Tieto látky môžu byť biologického i abiotického pôvodu formujúce sa za účasti enzýmov a minerálnej časti pôdy ako katalyzátorov. Nachádzajú sa väčšinou v pevnej, ale často i v kvapalnej a plynnej fáze pôdy. Organická hmota pôdy je tá súčasť pôdy, ktorá ju odlišuje od horniny a ktorá pôde zabezpečuje úrodnosť. Organická hmota spolu s organizmami pôdy zabezpečuje nepretržitú mobilizáciu a nadväznú biogénnu imobilizáciu, akumuláciu i migráciu minerálnych prvkov, najmä Si, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K a mnohých ďalších (Sotáková, 1982).

Zaujec a Šimanský (2006) pod organickou hmotou pôdy rozumejú súbor všetkých odumretých zvyškov, ktoré sa môžu nachádzať v rozličnom stupni premeny, to znamená, že týmto názvom sa označujú odumreté telá rastlín a živočíchov so zachovanou pôvodnou anatomickou štruktúrou, ale i humus.

Organická hmota pôdy je považovaná za rozhodujúcu centrálnu zložku agroekosystémov z hľadiska udržania stability pôdných systémov, ako zdroj živín N, P, K pre rast rastlín, ale hlavne svojimi funkciami, vplyvom na vlastnosti pôd, čo je úzko spojené s kolobehom uhlíka v pôde (Haan, 1977).

Pôdna organická hmota je najväčšou zásobárňou živín, nakoľko obsahuje viac ako 95% dusíka a síry a 20-75% fosforu z celkového množstva týchto biogénnych prvkov v pôdnom prostredí (Barančíková et al., 2009).

Pôdna organická hmota je zdrojom energie a živín, ktoré využívajú rastliny a iné organizmy. Baktérie, huby a iní obyvatelia pôdy transformujú a uvoľňujú živiny z organickej hmoty (Tobiášová a Zaujec, 2004).

---

Jandák et al. (2004) uvádzajú, že organický podiel pôdy je neodmysliteľnou súčasťou pôdy a i keď jeho obsah je podstatne menší ako minerálny podiel, má rozhodujúci vplyv na vývoj pôd a ich úrodnosť. Zahŕňa živú zložku (pôdne organizmy) patriacu do ríše rastlinnej a živočíšnej, ale aj zložku neživú (organická hmota) vznikajúcu po odumretí rastlín a živočíchov žijúcich v pôde a na jej povrchu.

Podľa Tobiášovej a Šimanského (2009) je pôdna organická hmota kľúčovým elementom kvality pôdy, ktorá sa tiež považuje za centrálny indikátor kvality a zdravia pôdy. Úrodnosť pôdy je spojená s jej obsahom organickej hmoty, ktorej vplyv závisí od množstva vstupov biomasy a hospodárenia, ale aj intenzity procesov mineralizácie, vyplavovania a erózie. Organická hmota pôdy celkovo prispieva k zvyšovaniu produkčnej schopnosti pôdy. Ovplyvňuje biologické, fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy, ktoré určujú jej produkčnú schopnosť.

Reeves (1997) popisuje dôležitosť pôdnej organickej hmoty ako ukazovateľa kvality pôdy a agronomickej využiteľnosti prostredníctvom pôdneho organického uhlíka.

Kvalita a obsah pôdnej organickej hmoty sú podľa Szombathovej (2010) podmienené mnohými biotickými a abiotickými faktormi, ktoré môžu byť prirodzeného pôvodu, alebo sú výsledkom antropogénnych aktivít. Hlavným indikátorom kvality pôdnej organickej hmoty je celkový obsah organického uhlíka.

Sainju et al. (2008) tvrdí, že organická hmota pôdy je indikátorom obsahu uhlíka a dusíka v pôde a priamo ovplyvňuje produkciu plodín.

Organický podiel pôd je dôležitou zložkou pri ich vzniku a vývoji. Svojím pôsobením na minerálny podiel pôdy sa zúčastňuje pôdotvorných procesov a výsledkom je vznik pedosféry. Organický podiel je tvorený živou a neživou zložkou, ktoré sa vzájomne podmieňujú a zapájajú do tokov energie a živín (Zaujec a Šimanský, 2006).

Organický podiel v pôdach zabezpečuje biochemické procesy vývoja pôd a existenciu pôdnych mikroorganizmov. V podstate ho tvoria dve odlišné zložky:

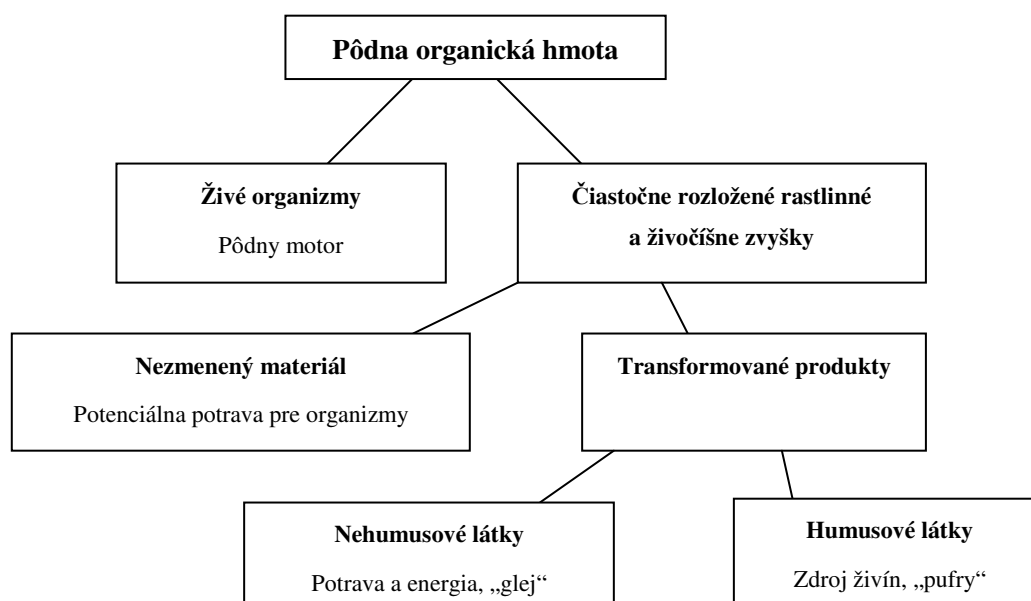
- neživá organická hmota (humus),
- živé rastlinné a živočíšne organizmy (Vilček et al., 2005).

Tvorba organickej hmoty pôdy má svoje vnútorné a vonkajšie (priestor, hĺbka) zákonitosti, ktoré súvisia s biologickou produktívnosťou, biochemickou aktivitou, hydrotermickými a geochemickými podmienkami prírodného i kultúrneho prostredia. Pôvodom zložitého súboru organických látok sú produkty činnosti rozličných skupín organizmov, výlučky a metabolity, odumreté zvyšky organizmov ukladajúce sa na pôde alebo v rozličnej hĺbke pôdy a organické zložky nánosov. V obhospodarovaných pôdach sa dostávajú do pôdy okrem pozberových zvyškov pestovaných rastlín aj organické hnojivá a ochranné prostriedky (Sotáková, 1982).

Barančíková et al. (2009) tvrdí, že okrem obsahu celkového uhlíka, ktorý predstavuje kvantitatívny parameter POH, je dôležité hodnotiť aj kvalitu pôdnej organickej hmoty. Kvalitatívne parametre, na základe ktorých je možné posudzovať vyzretosť pôdneho humusu (stupeň humifikácie POH) reprezentuje pomer uhlíka humínových a fulvokyselín ( $C_{HK}/C_{FK}$ ) a optický parameter – farebný kvocient. Ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom POH je celkové množstvo dusíka (Nt) a pomer C/N, nakoľko ako bolo vyššie spomenuté, POH obsahuje podstatnú časť dusíka v pôde.

Pôdna organická hmota predstavuje podľa Szombathovej (2010) súbor všetkých odumretých zvyškov v rozličnom stupni premeny, t.j. odumreté telá rastlín a živočíchov so zachovanou pôvodnou anatomickou stavbou, produkty ich čiastkového rozkladu a humus. Humus je len súčasťou pôdnej organickej hmoty. Vznikol v procese humifikácie, kedy odumreté zvyšky stratili pôvodné znaky anatomickej stavby a nadobudli špecifické znaky a vlastnosti.

**Obr.1: Zloženie pôdnej organickej hmoty (Zaujec et al., 2009)**



---

Pôdna organická hmota predstavuje najväčší svetový terestrický zdroj uhlíka a energie. Jeho množstvo viazané v pôde 2-3-krát prevyšuje množstvo uhlíka viazaného v nadzemnej biomase rastlín. Najväčší odhad celkovej svetovej zásoby organickej hmoty v pôdach sa pohybuje okolo  $1,5 \times 10^{18}$  g C. Hlavným zdrojom C v pôdnej organickej hmote sú rastliny – primárni producenti. Ročný vstup C do pôdy sa odhaduje na  $37,5 \times 10^9$  g C. Organická hmota vstupujúca do pôdy vo forme rastlinných zvyškov a koreňových exudátov je v pôde využívaná pôdnymi organizmami ako zdroj C, energie a živín. Činnosťou pôdných organizmov a biochemických pochodov v pôde dochádza k postupnému rozkladu organickej hmoty a živiny v nej obsiahnuté sa postupne uvoľňujú do pôdy vo forme iónov a môžu spätne slúžiť ako zdroj živín pre rastliny. Čistá primárna produkcia je tvorená nadzemnou produkciou (nadzemná časť rastlín, riasy, lišajníky a machy) a podzemná produkcia (korene a koreňové výlučky). Produkcia podzemnej biomasy tvorí v priemere 15-20% nadzemnej produkcie v závislosti od ekosystému (Tobiašová a Zaujec, 2004).

### 1.1.1 Kolobeh uhlíka v prírode

Kolobeh uhlíka zabezpečujú heterotrofné aeróbne a anaeróbne mikroorganizmy, ktoré pre svoju výživu potrebujú organické látky a rozkladajú celulózu, hemicelulózu, škrob, lignín a iné bezdusíkaté organické zlúčeniny. Hlavnými zložkami uhlíkového cyklu sú metán, oxid uhoľnatý, oxid uhličitý a organická hmota (Zaujec et al., 2002).

Zelené rastliny asimilujú oxid uhličitý z atmosféry, kde je jeho obsah relatívne konštantný (0,03%). Vzdušná vrstva Zeme má približne 2100 biliónov kg CO<sub>2</sub>. Keby nebolo mineralizácie organických látok, rastlinstvo by túto zásobu pri ročnej spotrebe 50 biliónov kg (najnižší počet) vyčerpalo za 35 rokov. Zatiaľ čo je koncentrácia CO<sub>2</sub> v atmosfére nízka, obsah uhlíka tvorí v rastlinnej hmote približne 40-50%, z čoho vyplýva nevyhnutnosť sústavného dopĺňania atmosféry oxidom uhličitým, aby sa zachovala jeho stála zásoba. Medzi viazaním a uvoľňovaním (produkciou) CO<sub>2</sub> je biologická rovnováha. Časť viazaného uhlíka sa akumuluje v pôdnom humuse (približne polovica atmosférickej zásoby CO<sub>2</sub>), časť sa rozpúšťa v pôdnej vode na kyselinu uhličitú (až 1/3 z pôdnej produkcie CO<sub>2</sub>). Na druhej strane sa zvyšuje návrat CO<sub>2</sub> do atmosféry činnosťou človeka, spaľovaním fosílnych palív a zvetrávaním uhlíka viazaného v uhličitanoch. Obidve zložky kolobehu uhlíka, fixácia i uvoľňovanie, sú dynamické, premenlivé, závislé na biotických a abiotických faktoroch ekosystému

---

alebo konkrétneho stanovišťa a ich vzájomnej väzby. Rôzna intenzita viazania CO<sub>2</sub> fotosyntézou závisí od typu vegetácie a od pôdno-klimatických podmienok, v ktorých sa vegetácia nachádza. Výška produkcie biomasy vegetácie je určujúcim činiteľom aj pre uvoľňovanie CO<sub>2</sub>. Zelené rastliny dýchajú samotné, ale sú aj potravou pre dýchajúce živočíchy. Po ich odumretí nastupuje mikroflóra, rozkladajúca organické substancie až na CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O (Javoreková et al., 2008).

Pôdne prostredie je nepochybne najdôležitejším náleziskom uhlíka v prírode, a to hlavne preto, lebo je dynamicky najaktívnejšie a tým aj najdominantnejšie v existujúcich kolobehoch uhlíka v prírode. Súčasne v sebe zahŕňa rozhodujúce regulačné mechanizmy primárne ovplyvňujúce nielen formy a obsahy uhlíka v pôde, ale aj jeho výskyt v iných zložkách prírody (Bielek, Pavol 2008).

Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) z atmosféry a voda absorbovaná koreňmi rastlín sú zlúčené pri fotosyntetickom procese a produkujú uhl'ohydráty (alebo cukry), ktoré tvoria biomasu. Slnecná energia, ktorá riadi fotosyntézu, je uskladnená v chemických väzbách štruktúrnych zložiek biomasy. Počas spaľovania biomasy sa kyslík z atmosféry spája s uhlíkom v biomase, aby vyprodukovali CO<sub>2</sub> a vodu. Tento proces je preto cyklický, lebo oxid uhličitý je potom dostupný na výrobu novej biomasy (Pastorek et al., 2004).

Rozsah kolobehu uhlíka ako aj rovnováha medzi jeho zložkami, viazaním a uvoľňovaním, sú výrazom biologickej aktivity ekosystému (Javoreková et al., 2008).

### **1.1.2 Funkcie pôdnej organickej hmoty**

Humusové látky a ich komplexy majú mnohostranný vplyv na pôdnu úrodnosť. Výrazne pôsobia na zmeny v mineralogickom, chemickom a čiastočne i v zrnitostnom zložení substrátov a pôd. Formovanie pôdneho profilu úzko súvisí s obsahom humusu a jeho skladbou (Zaujec et al., 2002).

Organická hmota podľa Gregorich et al. (1994) zlepšuje produkčnú schopnosť pôdy, pretože zvyšuje odolnosť pôdy proti erózii, zvyšuje vododržnosť pôdy a prístupnosť živín pre rastliny.

Pôdna organická hmota zvyšuje schopnosť pôdy odolávať erózii – zvýšením retencie vody, pozitívnym vplyvom na pôdnu štruktúru, stabilitu agregátov atď. Pôdna organická hmota má priamy a nepriamy vplyv na chemické vlastnosti pôdy a to:



- 
- pufrováciu schopnosť pôdy a sorpčnú kapacitu,
  - ovplyvňuje pozitívne prístupnosť mikroelementov,
  - slúži ako zdroj N, P a S, ktoré sa uvoľňujú mineralizáciou,
  - zvyšuje prístupnosť fosforečnanov chelatizáciou polyvalentných iónov organickými kyselinami a ďalšími rozkladnými produktmi,
  - významný je vplyv na správanie organických pesticídov, má schopnosť ich viazať a znižovať fytotoxicitu, vyplavovanie, volatilizáciu, atď. (Zaujec, 2006).

Organická hmota pôdy vo významnej miere rozhoduje o kvalite pôdy tým, že:

- spája častice pôdy čím vytvára štruktúru pôdy a podmienky pre rozvoj koreňového systému plodín, príjem vody a živín
- zvyšuje schopnosť pôdy udržiavať vodu (retenčná vodná kapacita)
- zvyšuje sorpčnú kapacitu pôdy
- zmierňuje negatívne pôsobenie pesticídov, ťažkých kovov a iných znečisťujúcich látok (znižovaním ich mobility a príjmu pestovanými rastlinami, znižovaním ich transportu do vodných zdrojov, alebo sa spolu s pôdnou mikroflórou podieľa na ich premene alebo rozklade)
- v konečnom dôsledku ovplyvňuje produkciu, množstvo a kvalitu biomasy a zabezpečovanie viacerých ekologických funkcií pôdy (Bujnovský a Bezák, 2008).

Humus podľa Szombathovej (2010) je podstatnou súčasťou pôdnej hmoty. Označujeme ním organickú pôdnu hmotu, ktorá prechádza neustálymi zmenami ako po stránke chemického zloženia, tak i po stránke vlastností a funkcií v pôde:

*Pôdotvorná funkcia:* humusové látky spolu s ostatnými organickými zlúčeninami pôdy sú veľmi aktívnym činiteľom pri premene hornín a minerálov v procesoch chemického zvetrávania. Pri rozklade organických látok sa uvoľňujú organické a minerálne kyseliny, ktoré pôsobia ako rozpúšťadlá minerálov. V pôdotvornom procese výrazne pôsobia humusové látky na zmeny v mineralogickom, chemickom a čiastočne i zrnitostnom zložení substrátov a pôd.

*Fyzikálna funkcia:* pôsobenie humusu na fyzikálne vlastnosti spočíva predovšetkým v jeho tmelivých účinkoch, vplyve na objemové zmeny pôdy, na púťanie, uvoľňovanie i prepúšťanie vody a prevzdušňovanie. Tiež je známy vplyv humusu na objemovú a mernú hmotnosť pôdy. Tepelný režim pôd ovplyvňuje humus prostredníctvom

---

veľkosti aktívneho povrchu a tmavšieho zafarbenia, ktoré umožňuje pohlcovanie väčšieho množstva slnečných lúčov a tým zvyšovanie teploty pôd.

*Chemická funkcia:* so vzrastom obsahu humusových látok v pôde sa zvyšuje celková a výmenná sorpčná kapacita pôdy, lebo koloidné humusové látky poskytujú výmenné miesta pre väzbu predovšetkým katiónov, zvyšujú pufrovaciu schopnosť pôdy, umožňujú regulovať obsah voľných kyselín, zásad a katiónové zloženie pôdneho roztoku. Humusové látky sú regulátormi podmienok minerálnej výživy rastlín. Menia podmienky fixácie fosforu v pôde, sú schopné znižovať prístupnosť železa a zároveň fixáciu amoniaku pôdami, znižujú negatívne pôsobenie vysokých dávok minerálnych hnojív a toxicitu hliníka, ktorý sa zabudováva do netoxických organominerálnych komplexov.

*Nutrično-výživová funkcia:* spočíva v poskytovaní biogénnych prvkov pre výživu rastlín v prijateľnej forme. Humus sa zúčastňuje na kolobehu C, N, S a P, ktoré sa z neho uvoľňujú mineralizáciou a poskytuje ich v ľahko prístupnej forme.

*Biologická funkcia:* humusové látky urýchľujú klíčenie rastlín a tvorbu koreňov, zväčšujú ich dĺžku, hrúbku a množstvo koreňových vláskov, stimulujú príjem a transport vody a živín, zvyšujú respiráciu, permeabilitu membrán a intenzitu fotosyntézy prostredníctvom vplyvu na enzymatické systémy rastlín. Zásluhou humusových látok a organickej hmoty pôdy sa rýchlo rozvíjajú saprofyty, rizosféra mikroflóra a nitrifikačné baktérie, ktoré svojou činnosťou spôsobujú rýchle odumieranie fytofágov a tým samočist'ovaciu schopnosť pôdy. Humusové látky ovplyvňujú rastliny, mikroflóru a mikrofaunu. Pre rastliny sú potenciálnym zdrojom živín, pre mikroorganizmy zdrojom živín a energie.

*Enviromentálna funkcia:* počas rozkladu organickej hmoty dochádza k jej oxidácii, čo vedie k vzrastu jej reaktivity s kovmi. Keďže so vzrastom miery humifikácie klesá rozmer častíc, jemná POH sa stáva vysoko reaktívnou k viazaniu kovových iónov.

### **1.1.3 Obsah pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskych pôdach**

Jedným z najdôležitejších pôdných parametrov, ktorý sa dlhodobo monitoruje v rámci základnej siete monitoringu pôd, je podľa Barančíkovej et al. (2010) obsah pôdneho organického uhlíka (C<sub>org</sub>), ktorý v podstatnej miere ovplyvňuje chemické, biologické a fyzikálne vlastnosti pôd a je jedným z najdôležitejších faktorov pôdnej

úrodnosti. Množstvo organického uhlíka v pôdach je do značnej miery podmienené genézou pôd. Na kultivovaných, najmä orných pôdach je jeho obsah limitovaný intenzitou a hĺbkou kultivácie, čo vyplýva zo zvýšenej mineralizácie pôdnej organickej hmoty. Z uvedeného dôvodu sa priemerné hodnoty pôdneho organického uhlíka v orných pôdach Slovenska pohybujú v intervale 1-2%, čo v prepočte na humus (prepočítavací koeficient 1,724) predstavuje mierne až stredne humózne pôdy.

Bielek (1999) uvádza nasledovné obsahy pôdnej organickej hmoty v pôde:

Podzoly typické až kambizemné:	2,88% Cox
Gleje:	3,07% Cox
Regozeme arenické:	2,16% Cox
Čiernice:	2,14% Cox
Rendziny:	2,06% Cox
Černozeme:	1,51% Cox
Fluvizeme:	1,71% Cox
Kambizeme:	1,77% Cox
Pseudogleje:	2,01% Cox
Luvizeme:	1,35% Cox
Hnedozeme:	1,27% Cox

**Tab.1: Obsahy organického uhlíka a humusu v pôdach (Zaujec, 2007)**

Pôdny typ	ČR <sup>1</sup>	SR <sup>2</sup>	SR <sup>3</sup>	SR <sup>4</sup>	SR <sup>5</sup>		
	%Cox	%humusu	t/ha	%Cox	Cox	Nt	C:N
Černozem	1,702	1,8-3,5	100-220	1,55+-0,31	1,51	0,179	8,8
Hnedozem	1,225	1,5-2,5	120-180	1,24+-0,33	1,27	0,143	9,0
Čiernica	2,627	2,5-60	200-600	2,34+-0,75	2,14	0,201	10,6
Luvizem	1,253	1,1-2,6	85-190	1,70+-0,88	1,35	0,162	8,4
Pseudoglej	1,626	-	120-180		2,01	0,165	12,1
Rendzina	1,340	2,0-5,0	130-210	2,87+-1,22	2,06	0,195	10,8
Fluvizem	1,785	1,5-4,0	150-350	1,60+-0,45	1,71	0,178	10,0
Kambizem	1,562	2,0-6,0	130-450	2,48+-1,31	1,77	0,174	10,4

ČR<sup>1</sup> (Klement, 2002), SR<sup>2</sup> (Bedrna a kol., 1968), SR<sup>3</sup> (Vilček, Hronec, Bedrna, 2005), SR<sup>4</sup> (Linkeš a kol., 1997), SR<sup>5</sup> (Bielek, 1998)

---

## 1.2 Dynamika pôdnej organickej hmoty

Z poznatkov o dynamike organickej hmoty obhospodarovaných pôd vyplýva, že treba vychádzať z rýchlosti mineralizácie a humifikácie, pôvodnej zásoby humusu, koreňových exudátov, pozberových zvyškov a organických hnojív (Zaujec et al., 2002).

Na dynamiku humusových látok, ich akumuláciu a rozklad, celkový humusový režim výrazne pôsobí podľa Sotákovej (1982) úroveň agrotechniky. Mechanické obrábanie, monokultúrne pestovanie rastlín, nedostatočné hnojenie organickými a priemyselnými hnojivami, periodické silné prevzdušňovanie a vysychanie pôd sú obvyčajne príčinou značných strát humusu. Najvýraznejšie straty pozorujeme v podmienkach závlah, pri rýchlom striedaní vlhkosti pôdy a v prvých rokoch po rozoraní panenských pôd.

Mikula (1998) uvádza, že pôdna organická hmota po premene na pôdny humus má priaznivý vplyv na vytváranie pôdnych agregátov, na sorpčné procesy v pôde, vlahový režim v pôde, využiteľnosť rastlinných živín, detoxikáciu škodlivých zlúčenín a čiastočne ťažkých kovov. Pôda a jej zložky naopak ovplyvňujú množstvo a vlastnosti pôdnej organickej hmoty. Pôdne organizmy využívajú primárny organický substrát, čiastočne ho mineralizujú, čiastočne humifikujú, pričom uvoľňujú alebo imobilizujú minerálne živiny a majú vplyv na chemizmus a fyzikálne vlastnosti pôdy (úrodnosť).

### 1.2.1 Zdroje pôdnej organickej hmoty

Kvantifikácia zdrojov organickej hmoty v orných pôdach je zložitejšia ako v pôdach pod prirodzeným rastlinstvom. V rovnakých podmienkach môžeme rozdielnou sústavou hospodárenia dosiahnuť výrazne odlišné úrody rastlinnej hmoty (Zaujec et al., 2002).

Podľa Szombathovej (2010) zdrojmi POH v pôdach prirodzených ekosystémov sú odumreté rastlinné, živočíšne a mikrobiálne organizmy, alebo produkty ich metabolizmu. Pre humusotvorný proces je najvýhodnejšie, ak sú v prostredí chemicky heterogénne látky, pretože pri ich rozklade vznikajú vo väčšej miere predstupne humusových látok. Rovnako ako v prirodzených ekosystémoch, aj v agroekosystémoch sú primárnymi zdrojmi organickej hmoty rastlinné, živočíšne a mikrobiálne zvyšky spolu s produktmi ich metabolizmu. Z hľadiska množstva najväčší zdroj predstavujú pozberové a koreňové zvyšky pestovaných plodín.

---

Odumreté zvyšky rastlín sú podľa Sotákovej (1982) najvýdatnejším zdrojom organickej hmoty, ktorá sa dostáva do pôdy vo forme koreňov a nadzemného opadu. Množstvo opadu a koreňov zasahujúcich do rozličnej hĺbky v profile pôdy značne kolíše. Závisí od typu rastlinného spoločenstva a jeho pôdno-klimatických podmienok.

V obhospodarovaných pôdach k výdatným zdrojom humusotvorného materiálu zaraďujeme tiež organické hnojivá (maštalný hnoj, komposty, slamu) a iné priemyselné i poľnohospodárske odpady neobsahujúce cudzorodé látky. Zdroje organických látok v prirodzených i kultúrnych spoločenstvách sa líšia nielen celkovým množstvom, produktivitou a každoročným prírastkom, ale aj pomerom nadzemného opadu ku koreňovým zvyškom a chemickým zložením (Zaujec et al., 2002).

Hlavným zdrojom POH v pôdach prirodzených ekosystémov sú rastliny. Množstvá rastlinných zvyškov, ktoré sa počas roka dostávajú na pôdu alebo do pôdy, sú veľmi rozmanité, závisia od produkčnej schopnosti vegetácie a pôdno-klimatických podmienok ekosystémov. Podľa účasti rastlín môžeme rozlíšiť pôsobenie lesných a trávnych spoločenstiev (Szombathová, 2010).

Pre humusotvorný proces má podstatný význam lesná opadanka a častejšie sa obnovujúce jemnejšie koreňky. Zásoba lesnej opadanky závisí od celkovej produkcie a každoročného prírastku (rozdiel medzi prírastkom a mineralizáciou) a môže predstavovať v miernych pásmach  $10-70 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , pri ročnom prírastku  $2-7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . V lesných spoločenstvách je významný rozdiel medzi akumuláciou opadanky a odumierajúcich koreňkov, čo súvisí s typom spoločenstva a charakterom jeho koreňovej sústavy (Sotáková, 1982).

Lesné spoločenstvá sa vyznačujú pestrosťou a bohatosťou zloženia rastlinných formácií rozmiestnených v etážach (stromy, kry, vysoké a nízke trávy, machy, lišajníky, korene a i.). Rozhodujúcim zdrojom je lesný opad (opadnuté lístie, ihličie, časti kvetov, púčikov a plodov, zvyšky vetvičiek stromov a krov), ktorého množstvo závisí od klimatickej zóny, uloženia, veku a hustoty drevín, od zastúpenia tráv a machov. V porovnaní s opadom, korene sú 3-4 krát menej výdatný zdroj organickej hmoty (Szombathová, 2010).

Pod trávny porast hlavným zdrojom humusotvorného materiálu sú korene. Každoročný prírastok odumretej koreňovej hmoty môže predstavovať priemerne  $3-15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  v 1 m vrstve pôdy (Zaujec et al., 2002).

---

Trávne spoločenstvá poskytujú hlavne koreňovú hmotu pre tvorbu humusu, ktorý sa akumuluje priamo v pôde. Zásoba organickej hmoty vyprodukovanej trávny m porastom, ako i každoročný prírastok a chemické zloženie úzko súvisia s typom spoločenstva, jeho hustotou a geografickým rozšírením. V porovnaní s lesným opadom sú odumreté zvyšky bylín bohatšie na ľahko rozložiteľné organické zlúčeniny, na bielkoviny a popoloviny, majú užší pomer C:N. Maximálna produkcia trávnych spoločenstiev je v podmienkach vlhkých lúk, prérií, saván a lúčnych stepí (Szombathová, 2010).

Dôležitým zdrojom organickej hmoty je rizodepozícia vznikajúca v dôsledku fotosyntetického procesu rastliny a je definovaná ako celkové množstvo C prichádzajúceho do pôdy z koreňov. Materiál je zložený z exudátov, sekrétov, lyzátov a plynov (vrátane etylénu a CO<sub>2</sub>). Väčšina z tohto materiálu pochádza z mikrobiálneho metabolizmu rozpustných a nerozpustných zložiek rizodepozície (Szombathová, 2010).

Hlavným zdrojom organických látok v pôde sú odumreté zvyšky vyšších rastlín, mikroorganizmov a živočíchov. V prírodných ekosystémoch je základným zdrojom organickej hmoty prirodzená vegetácia, teda rastlinstvo in situ. V obhospodarovaných pôdach k výdatným zdrojom humusotvorného materiálu zaraďujeme tiež organické hnojivá (maštalný hnoj, komposty, slama) a iné priemyselné i poľnohospodárske odpady neobsahujúce cudzorodé látky (Zaujec et al., 2009).

#### 1.2.1.1 Organické hnojivá – doplnkový zdroj pôdnej organickej hmoty

Organické hnojivá rastlinného pôvodu, predovšetkým koreňová hmota a nadzemný opad priaznivo ovplyvňujú tvorbu humusu. Významne sa podieľajú na obnove zásob humusu v pôde. Kým nadzemné časti sa v dobre prevzdušených pôdach väčšinou úplne mineralizujú, podzemná časť – koreňové zvyšky sú prekurzorom tvorby nových humusových látok. Najvýznamnejšie sa to prejavuje pri bôbovitých rastlinách alebo ich miešankách s trávami, nakoľko ich pletivá sú bohaté na bielkoviny (majú úzky pomer C:N). Hmota koreňov týchto rastlín je bohatá na bielkoviny, je pre pôdnu mikroflóru kvalitnejšia ako hmota koreňov ostatných kultúrnych druhov rastlín (Javoreková et al., 2008).

---

Najčastejšie používanými sekundárnymi zdrojmi organickej hmoty zaprávanej do pôdy sú: maštalný hnoj, hnojovica, močovka, pevné exkrementy, medziplodiny, zelené hnojenie. Ďalej sa v praxi využívajú aj priemyselné komposty: drvený domový odpad, čistiarenske kaly, odpady potravinárskeho priemyslu, piliny, drvená stromová kôra, rybničné bahno, kapucín (lignit), uhoľnatý odpad. Avšak pri týchto je potrebné vopred kontrolovať ich chemické zloženie, najmä obsah ťažkých kovov a organických polutantov (Szombathová, 2010).

Vstupy do pôdy (Kobza a Gáborík, 2008) v podobe aplikovaných minerálnych a organických hnojív sa radia medzi faktory, ktoré významne vplyvajú na tvorbu úrody ako aj jej kvalitu. V korelácii s ich odberom úrodou pestovanej plodiny majú rozhodujúci vplyv na trvaloudržateľnú pôdnu úrodnosť.

#### 1.2.1.2 Chemické zloženie organických zvyškov

S odumretými zvyškami rastlín prirodzených i kultúrnych spoločenstiev sa dostávajú do pôdy rozličné organické látky, ktoré sa líšia chemickým zložením, rozložiteľnosťou, vlastnosťami a účasťou na tvorbe humusu. Z chemického zloženia odumretých zvyškov rozličného pôvodu vyplýva, že značná časť, najmä v čerstvých zvyškoch (75-90%), pripadá na vodu. Z organických zlúčenín sú najrozšírenejšie polysacharidy, najmä celulóza a hemicelulóza, bielkoviny, lignín, lipidy, vosky, živice, triesloviny a ďalšie. Jednotlivé typy humusotvorného materiálu majú odlišné pomerné zastúpenie hlavných skupín organických zlúčenín. Najvýraznejšie je chemické zloženie mikroorganizmov a živočíchov, ktorých sušina je bohatá na bielkoviny (40-70% i viac). V sušine zvyškov vyšších rastlín prevláda celulóza a lignín, obyčajne ich obsah prevyšuje 50%. Dreviny poskytujú organickú hmotu bohatú na lignín, živice a triesloviny s nízkym obsahom bielkovín. Zvyšky tráv a d'atelinovín majú menej lignínu, podstatne viac celulózy, hemicelulózy a bielkovín (Sotáková, 1982).

Chemické zloženie pôdnej organickej hmoty predstavuje dynamické vzájomné pôsobenie medzi rôznorodými rastlinnými vstupmi, pôdnymi organizmami a fyzikálno-chemickými stabilizačnými procesmi. Chemické zloženie pôdnej organickej hmoty tiež ovplyvňuje spoločenstvo rastlín, dážďovky, obrábanie pôdy, používanie hnojív ako aj spôsoby hospodárenia, či ďalšie environmentálne faktory, vrátane mineralogického zloženia (Tobiášová, 2010).

---

Rastlinný opad môže byť podľa Javorekovej et al. (2008) nadzemný (listy, byle, ale i celé rastliny) a podzemný (odumierajúci i odumretý koreňový systém, vrátane koreňových výlučkov živých koreňov). Aj chemické zloženie opadu je veľmi pestré. Hlavný podiel rastlinného tela predstavuje celulóza, hemicelulóza, lignín, podstatne menej škrob, bielkoviny, tuky a vosky. Zastúpené sú aj jednoduché zlúčeniny – monosacharidy, aminokyseliny, organické kyseliny a pod. Pôdnu organickú hmotu zvyšuje odumierajúci edafón s vyšším zastúpením organických N-látok.

K najvýznamnejším zlúčeninám, ktoré intenzívne zasahujú do procesov humifikácie, celkovej tvorby pôdy a pôdnej úrodnosti patria sacharidy a najmä polysacharidy. Hlavnými producentmi týchto zlúčenín sú rastlinné organizmy. V rastlinných zvyškoch ich môže byť 85-90%, a to predovšetkým vo forme celulózy a hemicelulózy. V pôdnej organickej hmote sa môže nachádzať 5 až 20-30% alebo priemerne 5-16%. Z tohto množstva pripadá na monosacharidy menej ako 1% (glukóza, galaktóza, fruktóza, xylóza, ribóza a i.) a na polysacharidy, predovšetkým celulózu 8-14%. Z polysacharidov prevládajú aminocukry asi 11% a urónové kyseliny 20-40% (Sotáková, 1982).

### **1.2.2 Rozdelenie pôdnej organickej hmoty**

Organická hmota pôdy sa rozdeľuje na labilnú alebo rýchle sa rozkladajúcu frakciu a stabilnú alebo pomaly sa rozkladajúcu frakciu. Všeobecne platí, že labilné zložky sa rozkladajú za niekoľko týždňov alebo mesiacov, avšak stabilné môžu v pôde zostávať až niekoľko rokov či dokonca dekád. Labilná frakcia zahŕňa rastlinný opad, makroskopickú frakciu, živú zložku alebo biomasu a nehumusové látky, ktoré nie sú viazané na minerálne zložky. Labilná frakcia zohráva dôležitú úlohu v tvorbe agregátov a pretože má rýchly kolobeh, je citlivejšia na zmeny spôsobené hospodárením na pôde. Stabilné organické zložky v pôde sú tvorené humusovými látkami a ďalšími makromolekulami, ktoré sú prirodzene odolné pôsobeniu mikroorganizmov, alebo sú fyzikálne chránené adsorpciou na povrchy minerálov, alebo viazané vo vnútri ílových a minerálnych agregátov (Tobiašová a Šimanský, 2009).



---

Javoreková et al. (2008) rozdeľuje organickú hmotu na:

- čerstvé organické zvyšky (odumretý koreňový systém rastlín, pozberové zvyšky, lesná opadanka, odumreté pôdne živočíchy a mikroorganizmy),
- produkty rozkladu organických zvyškov a produkty mikrobiálnej resyntézy,
- humusové látky (humus).

Zaujec a Šimanský (2006) rozdeľujú pôdnu organickú hmotu na humusové a nehumusové látky. Humusové látky tvoria obvykle 40-80% z pôdnej organickej hmoty v minerálnych pôdach. Skladajú sa z komplexných materiálov, ktoré sú najodolnejšie voči pôsobeniu mikroorganizmov. Na základe ich odolnosti voči degradácii a rozpustnosti v kyselinách a zásadách, boli humusové kyseliny tradične rozdelené do troch skupín: humínové kyseliny, fulvokyseliny a humíny. Pomer medzi uhlíkom humínových kyselín a fulvokyselín je i v súčasnosti často používaným kritériom pre hodnotenie kvality humusu.

Podľa Mikulu (1998) je pôdna organická hmota tvorená primárnou organickou hmotou (nehumusové látky doteraz nerozložené), rastlinnými zložkami (vrátane rias, siníc, húb, machov a lišajníkov), živočíšnymi (vrátane baktérií, ďalších mikroorganizmov) a ich exkrétmi (koreňové exudáty rastlín, enzýmy mikroorganizmov, exkréty živočíchov) a humusom (ako výsledkom rozkladných procesov s nadväzujúcimi reakciami syntetickými, polymerizačnými a kondenzačnými).

### **1.2.3 Premeny organických zvyškov v pôde**

Spôsob premeny organickej hmoty v pôde je najviac ovplyvňovaný tými činiteľmi, ktoré rozhodujú o biologickej aktivite pôdy: prevzdušnenie, vlhkosť, teplota, pH, obsah ílu, obsah a zloženie výmenných bázických kationov a obsah živín. Rozklad organických zvyškov v pôde má niekoľko štádií. Dážďovky a iné pôdne živočíchy sa podieľajú najmä na znižovaní objemu rastlinných zvyškov opadu a „ľahkej frakcie“ organickej hmoty. Ďalšiu premenu uskutočňujú pôdne mikroorganizmy, ktoré najskôr rozkladajú ľahko rozložiteľné zlúčeniny. Časť substrátového C sa spotrebuje na syntézu mikrobiálnych buniek. Medziprodukty rozkladu zahŕňajú CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, organické kyseliny a iné neúplne oxidované zlúčeniny. V nasledovných štádiách sú medziprodukty rozkladu a mikrobiálna biomasa rozkladané ďalšími mikroorganizmami, ktoré vytvárajú novú biomasu a ďalší C sa uvoľňuje ako CO<sub>2</sub>.

---

V poslednom štádiu dochádza k rozkladu ťažšie rozložiteľných organických zlúčenín ako napr. lignínu, ktorý uskutočňujú najmä huby a aktinomycéty (Szombathová, 2010).

Organické zvyšky v pôde podliehajú veľmi rôznorodým premenám, ktoré sú biochemického charakteru a uskutočňujú sa za účasti mikroorganizmov, živočíchov, enzýmov, kyslíka a vody. V procese rozkladu zvyšky strácajú anatomickú stavbu, pričom pôvodné organické zlúčeniny sa postupne menia na jednoduchšie, vo vode ľahšie rozpustné, a preto aj pohyblivejšie komponenty. Najrozšírenejšími procesmi premeny odumretých zvyškov sú procesy mineralizácie a humifikácie. V nepriaznivých podmienkach, kde je obmedzená mikrobiálna činnosť (nepriaznivé hlavne vlhkostné a teplotné pomery, pH a nedostatok živín) sa nemôže uskutočňovať biologický rozklad ani humifikácia. V podmienkach nadbytku vlahy prebieha rašelinenie a pri nedostatku vlahy uhoľnatenie. Mineralizácia organických zvyškov je v počiatočných fázach veľmi rýchla, ak obsahujú väčšie množstvo ľahšie rozložiteľných organických zlúčenín. Postupom času sa intenzita rozkladu a mineralizácie spomaľuje pre relatívne zvyšovanie ťažšie rozložiteľných organických zlúčenín. Podstatná časť organických zvyškov pri priaznivých podmienkach v pôde mineralizuje, t.j. rozkladá sa až na  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  a jednoduché soli. Koeficient mineralizácie sa pohybuje v rozmedzí 0,5-0,85. Súbežne s procesmi rozkladu a mineralizácie prebieha i humifikácia organických zvyškov. Je to proces veľmi zložitý, zahrňujúci premeny organických zvyškov, prevažne biochemického charakteru, vedúce k tvorbe humusu (Zaujec et al., 2002).

Na nepretržitej premenlivosti organickej hmoty pôd sa podľa Sotákovej (1982) podieľa nielen periodický prísun čerstvých odumretých zvyškov, ich množstvo, chemické zloženie, odolnosť proti rozkladu mikroorganizmami, ale aj aktívnosť, prípadne termodynamická stabilita už vytvorených humusových látok. Zmeny organickej hmoty pôd majú zákonitý, cyklický charakter a súvisia s dennými, sezónnymi i dlhodobejšími výkyvmi teplôt, vlhkosti a najmä so striedaním druhov a pokolení mikroorganizmov, ako aj s rytmickosťou ich životných pochodov.

Tobiášová (2010) uvádza, že rýchlosť rozkladu organickej hmoty je v pozitívnej korelácii s koncentráciou vodorozpustných cukrov, proteínov a v neskorších štádiách rozkladu aj s koncentráciou celulózy, avšak vysoká koncentrácia lignínu alebo široký pomer lignín:dusík ovplyvňujú negatívne rýchlosť rozkladu.

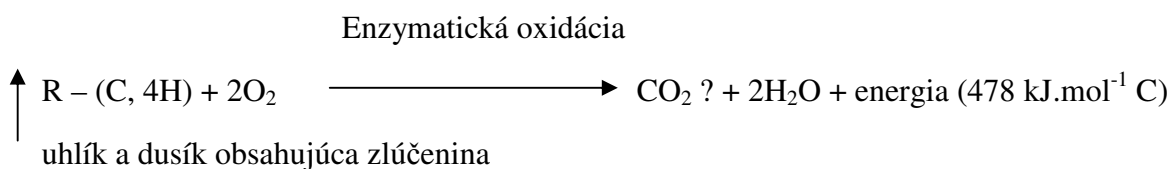
Z fyzikálneho hľadiska rýchlosť rozkladu organických zvyškov v pôde závisí od ich umiestnenia, keď zvyšky na povrchu pôdy sa rozkladajú pomaly, dochádza k ich

---

vysušovaniu, výraznému ovplyvneniu teplotnými extrémami (v pôde sa extrémny tlmia), sú mimo dosahu väčšiny pôdnych organizmov a mikroorganizmov, a minerálne živiny sa z povrchu pôdy rýchlejšie strácajú. Naopak, po zapracovaní zvyškov do pôdy nastáva ich rýchlejší rozklad, lebo je tu tesnejší kontakt mikroorganizmov so zvyškami a tiež vyššia vlhkosť (Szombathová, 2010).

### 1.2.3.1 Rozklad pôdnej organickej hmoty v aeróbných pôdach

V dobre prevzdušnených pôdach všetky organické zlúčeniny nachádzajúce sa v rastlinných zvyškoch sú oxidované. Keďže organická frakcia rastlinnej hmoty je zložená hlavne z uhlíka a dusíka, oxidácia organických zlúčenín v pôde prebieha (Tobiášová a Zaujec, 2004):



### 1.2.3.2 Rozklad pôdnej organickej hmoty v anaeróbných pôdach

Bez prítomnosti kyslíka aeróbne organizmy nie sú aktívne a prevažujú anaeróbne fakultatívne organizmy. Pri nízkom obsahu kyslíka je rozklad oveľa pomalší ako za prítomnosti dostatočného množstva kyslíka. Z toho dôvodu v mokrých, anaeróbných pôdach sa akumuluje obrovské množstvo organickej hmoty. Produkty anaeróbného rozkladu zahŕňajú množstvo čiastočne oxidovaných organických zlúčenín, ako sú organické kyseliny, alkoholy a metán. Pri anaeróbnom rozklade sa uvoľňuje malé množstvo energie pre organizmy, a preto zostáva veľké množstvo energie viazanej v konečných produktoch. Rozklad bezdusíkatých látok bez prístupu vzduchu predstavujú kvasné procesy: alkoholové kvasenie, mliečne kvasenie, propiónové kvasenie, maslové kvasenie, kvasenie pektínových látok, anaeróbný rozklad celulózy. Rýchlosť rozkladu organickej hmoty v pôde je daná vplyvom vonkajších podmienok prostredia, množstvom a kvalitou organických látok, ich rozložiteľnosťou a interakciou medzi organizmami (Tobiášová a Zaujec, 2004).

---

### 1.2.3.3 Vplyv podmienok na premenu organických látok v pôde

O rýchlosti rozkladu organických zvyškov v pôde rozhodujú najmä podmienky prostredia (pH, vlhkosť, prevzdušnenie, teplota, mikrobiálna aktivita pôdy), a kvalita rozkladajúcich sa zvyškov (ich fyzikálny stav a chemické vlastnosti: pomer C:N, zastúpenie ľahko a ťažko rozložiteľných zlúčenín). Rýchly rozklad a mineralizácia organických zvyškov v pôde nastáva, ak sú vytvorené optimálne podmienky pre činnosť pôdných mikroorganizmov uskutočňujúcich tieto procesy. Sú to priaznivé vlhkosťné podmienky (okolo 60% plnej vodnej kapacity), dobré prevzdušnenie pôdy, pôdna reakcia okolo neutrálnej hodnoty, optimálne teplotné podmienky. (Szombathová, 2010).

Pri premene organických zvyškov v pôde dôležitú úlohu zohrávajú teplotné a vlhkosťné pomery. Optimálna teplota pre činnosť pôdných organizmov pri rozkladných a syntetických procesoch je od 25°C do 30°C. Pri nízkych teplotách (okolo 0°C) a pri vysokých teplotách (nad 35°C) sa znižuje biologická aktivita pôd, a preto i biochemické reakcie rozkladu, mineralizácie a humifikácie sú výrazne obmedzené. Pôsobenie teploty na intenzitu rozkladu a humifikácie vždy úzko súvisí s vlhkosťou. Prebytočná zásoba vlhky (nad 80% z plnej vodnej kapacity) vytvára anaeróbne podmienky, naopak nízka zásoba vlhky umožňuje silné prevzdušňovanie. Optimum vlhkosti pre väčšinu pôdných mikroorganizmov je na úrovni 60-80% z plnej vodnej kapacity (Zaujec et al., 2002).

So stúpajúcou teplotou (Kirschbaum, 1995) sa obsah uhlíka znižuje, pretože sa proces mineralizácie zintenzívňuje.

Obsah pôdnej organickej hmoty závisí aj od polohy krajiny, z dôvodu procesov erózie a vyplavovania, ktoré sú prevládajúce v svahovitej krajine. Obsah vody a svahovitosť ovplyvňujú rozklad uhlíka a produkciu biomasy. Zvyšovanie obsahu vody a znižovanie svahovitosti vedie k zvýšeniu obsahu uhlíka v pôde (Pennock et al., 1994).

Mikrobiálna aktivita pôdy významne ovplyvňuje rýchlosť rozkladu organických zvyškov. Množstvo, zloženie a intenzita činnosti mikroorganizmov závisí hlavne od podmienok prostredia a zloženia zvyškov. Od mikrobiálnej aktivity nezávisí len mineralizácia čerstvých organických zvyškov a tvorba nových humusových látok, ale aj stabilizácia či mineralizácia starších zásob humusu. (Szombathová, 2010).

---

#### 1.2.4 Bilancia pôdnej organickej hmoty

Podľa Vyhlášky č.338 zo 6.júla 2005 každý, kto hospodári na poľnohospodárskej pôde, každoročne spracúva bilančné porovnanie živín a pôdnej organickej hmoty na všetkých poľnohospodárskych pozemkoch. Bilančné porovnanie živín sa nevzťahuje na poľnohospodárske pozemky, ktoré sa využívajú na:

- a) ekologické pestovanie plodín,
- b) škôlky ovocných drevín a okrasných drevín a skleníkové hospodárstvo,
- c) poľnohospodárske pozemky dočasne vyradené z obhospodarovania až do skončenia takéhoto stavu.

Bilančné porovnanie živín za poľnohospodársky pozemok sa spracúva zo vstupov a výstupov hlavných živín, ktorými sú dusík, fosfor a draslík, a vyjadruje sa rozdiel medzi množstvom živín dodaných do poľnohospodárskej pôdy a množstvom živín odčerpaných úrodou z jednotlivých poľnohospodárskych pozemkov.

Zásada bilancie pôdnej organickej hmoty na základe Zákona č. 220/2004:

- a) Obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskej pôde sú podmienkou udržania jej optimálnych vlastností a funkcií.
- b) Vlastník alebo užívateľ je povinný vykonávať kontrolu bilancie pôdnej organickej hmoty a používať také spôsoby hospodárenia, ktoré nevyvolajú prekročenie limitnej hodnoty deficitu bilancie pôdnej organickej hmoty.

Obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty sú podľa Zákona č. 220/2004 ohrozované vtedy, keď v bilancii vstupov a výstupov organického uhlíka začnú prevažovať straty a podľa bilančného modelu tento deficit dosiahne hodnotu 2 t Cox.ha<sup>-1</sup> na málo humózných pôdach s obsahom humusu do 1,5% a 3 t Cox.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> v pôdach s obsahom humusu nad 1,5%.

#### 1.3 Obrábanie pôdy a pôdna organická hmota

Kultivovaná pôda je obvykle chudobnejšia na organickú hmotu a dusík ako neobrábaná pôda v porovnateľných pôdno-klimatických podmienkach, lebo v prirodzených podmienkach sa všetka vyprodukovaná organická hmota vracia do pôdy, no z kultivovanej je väčšina rastlinného materiálu odnesená. Pôda sa tak stáva náchylnejšou na urýchlenú eróziu. Kultiváciou sa podporuje aerácia a preto i rozklad a mineralizácia organickej hmoty (Szombathová, 2010).

---

Obrábanie pôd bez dopĺňania organickej hmoty vedie k výraznému zníženiu obsahu humusu. Neuvážené využívanie pôd sa môže stať vážnym faktorom ich degradácie. Aby sa zabránilo znižovaniu obsahu POH, je potrebné zaviesť také systémy hospodárenia, ktoré zvyšujú vstupy, a zároveň znižujú straty organickej hmoty z pôdy. Základom je dodávanie rastlinných pozberových zvyškov a organických hnojív do pôdy (Jurčová a Bielek, 1997).

Podľa Sotákovej (1982) sa obhospodarovaním pôd výrazne menia faktory a podmienky pôdotvorného a tým aj humusotvorného procesu. Agrotechnické zásahy do pôdneho prostredia zamerané na prípravu priaznivých podmienok pre pestovanie rastlín a dosahovanie ich vysokých úrod narúšajú dynamické vzťahy medzi jednotlivými zložkami prírodného prostredia. V prvom rade sa mení pôvodná biocenóza a formuje sa špecifická agrocenóza. Zmena rastlinstva, produkcie rastlinnej hmoty, jej zloženia, zmena fauny, množstva a zloženia mikroorganizmov podmieňuje zmenu charakteru výmeny látok a energie medzi pôdou a organizmami. Prakticky sa mení charakter akumulácie a dynamiky organickej hmoty obhospodarovaných pôd. Zásahom agrotechniky sa výrazne menia sezónne, ročné a viacročné cykly, ktoré súvisia s pestovaním plodín v osevných postupoch pri pravidelnej rotácii. Agrotechnikou sa mení fyzikálny stav a vlastnosti pôdy, menia sa základné podmienky akumulácie a premeny humusu.

Obrábaním pôdy sa podľa zistení Martina et al. (1998) znižujú obsahy C, H a pomery C:H, C:N, ale zvyšuje sa obsah O a pomer O:H v humínových kyselinách aj vo fulvokyselinách. Obrábanie pôdy znižuje aj obsah dusíka v humínových kyselinách, ale zvyšuje vo fulvokyselinách.

Obrábanie pôdy vplýva na množstvo a kolobeh organickej hmoty pôdy (Angers a Carter, 1996).

Rozličné opatrenia v poľnohospodárstve môžu podľa Janzena et al. (1998) zvyšovať zásobu pôdneho uhlíka v orných pôdach, najmä zachovaním trvalej vegetácie, znižovaním intenzity obrábania, maximalizáciou návratu pozberových zvyškov rastlín, elimináciou úhorov a zlepšením hospodárenia s vodou.

V porovnaní s prirodzenými ekosystémami, agroekosystémy akumulujú relatívne veľmi málo energetických rezerv, t.j. zásob organickej hmoty (sorpčných povrchov pôdy), v dôsledku čoho ich produkčná stabilita v jednotlivých rokoch kolíše. Preto ekologicky prijateľné je také hospodárenie, ktoré zabezpečí, aby najmenej polovica

---

vyprodukovanej biomasy zostala v agroekosystéme vo forme koreňových a pozberových zvyškov, alebo aby sa prostredníctvom cyklickej kompenzačnej väzby v poľnohospodárskej sústave časť nadzemnej produkcie po transformácii v podsústave živočíšnej výroby vrátila do pôdy vo forme maštalného hnoja (Demo et al., 1998).

Osevné postupy a spôsoby obrábania musia byť navrhované tak, aby sa podieľali na vytváraní optimálnej pôdnej štruktúry potrebnej pre vysokú a trvale udržateľnú úrodu plodín. Udržiavacie obrábanie, vrátane redukovaného obrábania alebo neobrábania sú technológie, ktoré sa odlišujú od konvenčného obrábania. Cieľom udržiavacieho obrábania je zlepšiť poľnohospodársku produkciu, zlepšiť biodiverzitu, uchovať zdroje a zmenšovať ľudský vplyv na klimatické zmeny (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Zvláštne postavenie majú alternatívne spôsoby spracovania pôdy (bezorbové technológie) vrátane pôdoochranných systémov (kontrola erózie, zamedzenie strát pôdy, uchovanie pôdnej vlhky, redukcia zhutnenia pôdy a pod.). Agrotechnickými zásahmi, predovšetkým základným obrábaním pôdy sa ovplyvňuje nielen rozmiestnenie a rozvrstvenie organickej hmoty pozberových zvyškov, čím dochádza k zmenám podmienok pôdneho prostredia, ktoré sa bezprostredne odrážajú na činnosti biologickej pôdnej zložky, ale aj zapracovanie aplikovaných priemyselných hnojív (URL1).

### **1.3.1 Zmeny v organickej hmote pri intenzívnom obhospodarovaní pôd**

Intenzívna orba značne zhoršuje vlastnosti pôdy, lebo pozberové zvyšky sa drvia a sú zapracované do pôdy, dochádza k rozpadu štruktúrnych agregátov a následnému uvoľňovaniu fyzikálne chránenej POH, zvyšuje sa teplota, prevzdušnenie a biologická aktivita pôdy, a teda aj straty POH (Šimanský et al, 2007).

Intenzívne poľnohospodárstvo je úzko späté s používaním veľkého množstva agrochemikálií. Pri hospodárení na pôde sú to predovšetkým priemyselné hnojivá a chemické prostriedky ochrany rastlín (Hraško a Bedrna, 1988).

Intenzívne konvenčné poľnohospodárske systémy (Javoreková et al., 2008), ktoré dosiahli vrchol svojho rozvoja v osemdesiatych rokoch 20.storočia, zaťažujú prírodné prostredie a krajinu, spôsobujú pokles biodiverzity, znižujú ekologickú stabilitu krajiny a autoregulačnú schopnosť agroekosystémov. Intenzívne obhospodarovanie môže byť síce z produkčného a ekonomického hľadiska úspešné, nikdy však nebude trvalo udržateľné.

---

Okrem systematického vplyvu obrábania pôdy sa na obsahu a kvalite pôdnej organickej hmoty výrazne odzrkadľujú melioračné zásahy: odvodnenie, závlahy, vápnenie, sadrovanie, vyľahčovanie a zhutňovanie pôd. Takéto hlboké zásahy do pôdnych vlastností pri intenzívnom hospodárení sa oveľa výraznejšie ako pri tradičnej agrotechnike odrážajú i na obsahu a kvalite POH (Sotáková, 1982).

### **1.3.2 Vplyv bezorbových technológií spracovania pôdy na pôdnu organickú hmotu**

Neobrábané pôdy majú zvyčajne vyšší obsah C aj N v porovnaní s úhorom a obrábanymi pôdami, lebo kultivácia podporuje stratu C a N. Keďže strata C vplyvom kultivácie je oveľa vyššia ako strata N, pomer C:N sa zužuje. Naopak, v pôde, ktorá sa prestala obrábať, dochádza k akumulácii organickej hmoty a rozširovaniu pomeru C:N (Szombathová, 2010).

Pri redukovanom obrábaní a bezorebnom systéme rastlinné zvyšky ponechané na povrchu pôdy sú primárnym zdrojom organickej hmoty, rôznorodých substrátov pre pôdne organizmy, čo má vplyv na biologickú aktivitu pôdy (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Tobiášová (2010) uvádza, že obsah celkového organického uhlíka v neobrábaných pôdach bol najvyšší v povrchovej vrstve pôdy do hĺbky 0,05 m a rovnomerne sa znižoval so stúpajúcou hĺbkou pôdy, kým v obrábaných pôdach bol jeho obsah oveľa nižší a v hĺbke do 0,20 m pomerne vyrovnaný.

### **1.3.3 Porovnanie vplyvu konzervačného a konvenčného obrábania na obsah pôdnej organickej hmoty**

Moderné konzervačné spôsoby obrábania pôdy: minimalizačné obrábanie alebo bezorbový systém, mulčovanie, kde je väčšina pozberových zvyškov sústredená v povrchovej vrstve pôdy, ekologický a organický systém hospodárenia na pôde môžu pomôcť zachovať alebo dokonca zvýšiť obsah organickej hmoty v pôde (Šimanský et al., 2007).

Konzervačné systémy obrábania pôdy s redukovanou orbou zvyšujú v povrchových vrstvách pôdy obsah organickej hmoty, ktorá je hlavným zdrojom živín



---

pre pôdne organizmy. Väčšie druhové zloženie a väčšia diverzita boli zistené v pôdach s bezorebnými systémami v porovnaní s oranými (Szombathová, 2010).

Organický systém hospodárenia ako uvádzajú Tobiašová a Šimanský (2009) zvyšuje obsah organickej hmoty v povrchovej vrstve pôdy. Všeobecne jej celkový obsah nie je odrazom spôsobu hospodárenia v krátkej časovej perióde, ale obsahy celkového uhlíka a dusíka sú podstatne vyššie v organickom systéme hospodárenia ako v konvenčnom. Organický systém hospodárenia zvýšil obsah pôdnej organickej hmoty o 14% oproti konvenčnému systému hospodárenia v priemere za 10 rokov. Zvyšovaním množstva pozberových zvyškov, a to aj pri konvenčnom obrábaní, sa obsah celkového uhlíka zvyšuje. Konvenčné obrábanie pôdy, bez rastlinného krytu a hnojenia dusíkom, znižuje obsah organickej hmoty prostredníctvom mineralizácie uhlíka a dusíka a limitovaním ich vstupov. Konvenčné obrábanie pôdy ovplyvňuje v pôde dynamiku uhlíka prostredníctvom jeho vplyvu na rozklad pozberových zvyškov a aeráciu pôdy a prostredníctvom podpory rozkladu aj frakcií, ktoré sú chránené v agregátoch. Vo všeobecnosti konvenčné obrábanie pôdy znižuje obsah pôdnej organickej hmoty v dôsledku rýchlejšej mineralizácie a pri bezorebnom systéme sa znižuje pôsobenie medzi pôdnymi agregátmi a čerstvou organickou hmotou v pôde, a tak je rýchlosť mineralizácie často pomalšia, čo zlepšuje pôdne vlastnosti, ako aj zvyšuje odolnosť pôdnej štruktúry voči eróznemu účinku vody. Konvenčné obrábanie tým, že narúša pôdnu štruktúru, môže zvýšiť riziko erózie.

Rozdiely medzi konvenčným a organickým spôsobom hospodárenia sú ovplyvnené osevným postupom, ktorý môže byť rôznorodý a má dlhodobjší vplyv. Organický spôsob hospodárenia pri vysokom zastúpení bôbových rastlín je schopný si udržať obsah POH porovnateľný so systémami s prísunom maštalného hnoja a kompostov (Marriott a Wander, 2006).

---

## 1.4 Hnojenie pôdy

Rastlinná produkcia bez organických hnojív je menej udržateľná ako s dlhodobou aplikáciou organických hnojív. Hnojenie zvyšuje hladinu organickej hmoty pôdy v oševnom postupe. Ale ak hnojením neustále zvyšujeme množstvo biomasy, môže to mať rôzny efekt. Veľký nárast organickej hmoty prostredníctvom dodávania hnojív môže stimulovať biologickú aktivitu pôdy (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Javoreková et al. (2008) uvádzajú, že v poľnohospodársky využívaných pôdach Slovenska v minulosti často (do roku 1989) dochádzalo k prehnojovaniu pôdy, a tým k jej degradácii a k zhoršovaniu charakteristík jej biotickej zložky. Celosvetovo bol zaznamenaný pokles produkcie priemyselných hnojív. Nakoľko hnojivá môžu v pôde pôsobiť, v prípade aplikácie nadlimitných množstiev, tiež ako polutanty alebo xenobiotiká, na jednej strane možno kvitovať znižovanie aplikácie xenobiotík do pôdy, na druhej strane však toto zníženie najmä v transformujúcich sa krajinách východnej Európy, často vedie k jednostrannému odčerpávaniu živín z pôdnych zásob bez ich náhrady prihnojovaním. Súčasne sa znižujú úrody poľnohospodárskych plodín a klesá tým rentabilita ich pestovania.

### 1.4.1 Vplyv priemyselných hnojív

Zásoba a kvalita humusu v našich pôdach podľa Zaujeca et al. (2002) nie je uspokojivá a dostala sa aj v najproduktívnejších oblastiach na nízku úroveň. Nie najvhodnejšia skladba rastlinnej výroby a nízka intenzita hnojenia organickými hnojivami spôsobili stagnáciu až pokles úrodnosti aj najkvalitnejších pôd. Používanie vysokých dávok priemyselných hnojív bez prísunu organickej hmoty do pôdy sa ukázalo ako nesprávne a často aj škodlivé. Pôda potrebuje organickú hmotu, ktorá limituje biologickú rovnováhu v pôde.

Priemyselné hnojivá samostatne nezvyšujú obsah pôdnej organickej hmoty. Ak sa však zaorávajú pozberové zvyšky a súčasne sa hnojí priemyselnými hnojivami, tak obsah uhlíka v pôde sa zvyšuje nepriamo, prostredníctvom zvyšovania produkcie biomasy rastlín (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Priemyselné hnojivá podľa Sotákovej (1982) ovplyvňujú nielen mineralizáciu a humifikáciu organickej hmoty v pôde, ale aj vododržnosť, javy sorpcie, osmotický tlak pôdneho roztoku a štruktúrnosť. Pri zohľadnení účasti jednotlivých biogénnych

---

prvkov na výžive rastlín treba vždy stanoviť také množstvo a formy priemyselných hnojív, ktoré by neviedli k negatívnemu pôsobeniu na pôdny humus a agronomické vlastnosti pôd.

Optimálne dávky priemyselných hnojív treba určovať aj na základe ich priaznivého a nepriaznivého účinku na životné prostredie. Priaznivý účinok priemyselných hnojív sa prejavuje zvyšovaním produkcie biomasy rastlín. Tým sa lepšie využívajú prírodné podmienky prostredia. Priemyselné hnojivá spôsobujú rozhodujúce kvantitatívne a kvalitatívne zmeny v dynamike živín medzi pôdou a rastlinou. Na jednotke plochy môžeme pestovať väčšie množstvo rastlín, vytvorí sa väčšia asimilačná plocha, ktorá viaže zo vzduchu oxid uhličitý a uvoľňuje kyslík (Hraško a Bedrna, 1988).

Aplikácia priemyselných hnojív zvyšuje obsah živín v pôde, čo sa odrazí na zvýšení úrod plodín a aj vyššou tvorbou biomasy (Haynes a Naidu, 1998).

Sprievodným pozitívnym účinkom používania priemyselných hnojív je tvorba väčšieho množstva koreňovej hmoty, z ktorej sa tvoria humusové látky. Korene zabraňujú erózii pôdy, ktorá tiež znehodnocuje naše životné prostredie. Hnojenie priemyselnými hnojivami musíme však vždy pokladať za vonkajší zásah do prirodzeného pôdneho prostredia, ktorý prináša nebezpečenstvo, že nesprávne používanie priemyselných hnojív môže vážne poškodiť pôdne a aj celé prirodzené prostredie (Hraško a Bedrna, 1988).

#### **1.4.2 Hnojenie organickými hnojivami**

Organické hnojivá zaistujú prísun organickej hmoty do pôdy. Systematickým dlhoročným hnojením organickými hnojivami sa akumuluje časť organických látok maštalného hnoja v stabilných organických látkach. Organická hmota v pôde obohatená organickými látkami zvyšuje bazálnu i potenciálnu aktivitu pôdnej mikroflóry (Pokorná a Novák, 1981).

Primárnym zdrojom humusotvorného materiálu sú na poľnohospodárskej pôde najmä pozberové a koreňové zvyšky rastlín. Tieto kryjú ročnú potrebu organických látok na ornej pôde v závislosti od štruktúry pestovaných plodín na 50-60%. Deficit organickej hmoty musíme doplniť organickými hnojivami. Významným zdrojom organických látok je maštalný hnoj. Produkcia tohoto klasického organického hnojiva

---

je na Slovensku nízka. Na vyhnojenie 25% ornej pôdy aspoň dávkou 30 t je potrebné až 11 miliónov ton. Norma v krajinách EÚ povoľuje aplikovať maximálne 40 t.ha<sup>-1</sup> organických hnojív ročne. Na regulovanie humusového režimu orných pôd možno využiť aj hnojovicu, v týchto kombináciách: hnojovica + slama, hnojovica + zelené hnojenie, hnojovica + slama + zelené hnojenie. Významným zdrojom organickej hmoty je priame hnojenie slamou. Je dôležité vzhľadom na široký pomer C:N v tomto zdroji (80-90:1) vyrovnať deficit dusíka, aby pri mikrobiálnom rozklade slamy nedochádzalo k zníženiu prístupného dusíka v pôde. Prihnojenie zapravenej slamy dusíkom a fosforom zintenzívňuje procesy premeny slamy. Hnojenie zelenou fytomasou je veľmi účinné zúrodňovacie opatrenie na všetkých pôdach, ktorým sa nahrádza nedostatok maštalného hnoja. Zvlášť významné je hnojenie zelenou organickou hmotou v pásmach hygienickej ochrany vôd. (Zaujec et al., 2002).

Zpracovávanie organickej hmoty vo forme maštalného hnoja vedie k zvyšovaniu obsahu organického uhlíka a má priamy či nepriamy vplyv na pôdne vlastnosti a procesy prebiehajúce v pôde. Znižuje objemovú hmotnosť, zvyšuje obsah organického uhlíka, hydraulickú konduktivitu a rýchlosť infiltrácie (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Významným zdrojom organických látok podľa Zaujeca et al. (2009) sú organické hnojivá. Z nich najdôležitejším je maštalný hnoj, zmes tuhých a kvapalných výkalov hospodárskych zvierat s podstielkou. Z použitého krmiva prechádza do hnoja asi 40% organickej hmoty, 80% fosforu, 50% dusíka a 90% draslíka. V súčasnosti sa jeho produkcia výrazne znížila, a preto sa čoraz častejšie nahrádza hnojovicou. Keďže ide o tekuté hnojivo s vysokým obsahom dusíka, je výhodné ho aplikovať v kombinácii so slamou. Riešením je tiež jeho použitie pred zaoraním rastlín na zelené hnojenie.

#### 1.4.2.1 Pozberové zvyšky, osevný postup

Biomasa rastlinných zvyškov vracajúca sa do pôdy na jeseň po zbere úrody predstavuje podľa Tobiášovej a Šimanského (2009) významné vstupy uhlíka a dusíka do pôdy a môže ovplyvniť ich obsahy. Rastlinné zvyšky a humus sú najvýznamnejším zdrojom rozpustnej organickej hmoty v pôde. Keď bilancujeme zmeny v zásobách pôdneho uhlíka a dusíka, rastlinné zvyšky predplodiny k nim musia byť tiež pripočítané.

Tobiášová (2010) uvádza, že zloženie rastlinných zvyškov výrazne ovplyvňuje rýchlosť ich rozkladu a dynamiku živín. Pretože majú mikroorganizmy úzky pomer

---

C:N, rastlinné zvyšky so širokým pomerom C:N sú rozkladané pomalšie ako zvyšky s užším pomerom C:N, čo môže viesť k imobilizácii dusíka v mikrobiálnej biomase.

Z agrotechnických opatrení má prvoradý význam osevný postup a zásady striedania plodín. Produktivita osevného postupu vo vzťahu k akumulácii organickej hmoty závisí od zastúpenia plodín a výšky dosahovaných úrod. Na zvýšenie akumuláciu organických látok nestačí iba zavedenie správneho osevného postupu, ale treba aj úpravu pôdných vlastností a režimov, ktoré musia byť v súlade s prírodnými podmienkami a požiadavkami pestovaných rastlín (Sotáková, 1982).

Osevným postupom je možné regulovať množstvo a spôsob návratu uhlíka do pôdy (Campbell, 1978).

Osevný postup je podľa Bullocka (1992) dôležitým prvkom pri ochrane agroekosystému a zvyšovania trvalej udržateľnosti. Podstatou osevného postupu je rotácia. Spočíva v kombinácii plodín na prístupnosť živín a vody, burín, škodcov, chorôb, prítomnosť iných rast inhibujúcich alebo podporných látok na pôdu a pôdne podmienky.

Osevný postup zohráva tiež svoju úlohu v sekvestracii uhlíka. Osevný postup ovplyvňuje zásobu uhlíka tak isto ako aplikácia živočíšnych hnojív. Cieľom osevného postupu je udržať pôdnu úrodnosť a umožniť priebeh prirodzených procesov v pôde, ako je obohacovanie pôdy o dusík prostredníctvom bôbovitých rastlín, zlepšenie pôdnej štruktúry a redukcia procesov erózie (cit. v Tobiášová a Šimanský, 2009).

Čas, za ktorý sa v pôde obnoví celkové množstvo uhlíkatých látok v osevnom postupe, sa nazýva jeho rotácia. Je to prakticky čas od zaradenia viacročnej krmoviny v osevnom postupe po jej opätovné zaradenie. Počas rotácie osevného postupu stúpa alebo klesá hodnota bioenergetického potenciálu pôdy na jednotlivých honoch podľa toho, v akom poradí po sebe nasledujú plodiny zo skupiny zdrojov a odberateľov uhlíka, keď hladina bioenergetického potenciálu napr. vplyvom odberateľov uhlíka dosiahne minimum, je možné a potrebné zvýšiť ju zaradením plodiny zo skupiny zdrojov uhlíka. Tým sa vyvolá impulz, ktorý uvedie sústavu do pôvodného stavu. Striedaním plodín sa teda vytvárajú energetické predpoklady pre stabilitu poľnohospodárskej sústavy (Demo et al., 1998).

---

#### 1.4.2.2 Vplyv pestovaných rastlín na pôdnu organickú hmotu

Pestované rastliny významne pôsobia na celý komplex pôdných zložiek, vlastností a režimov, čo sa priamo odráža v dynamike organickej hmoty. Predovšetkým svojimi koreňmi zasahujú počas celej vegetácie do fyzikálneho stavu pôdnej hmoty a do biochemických reakcií (Sotáková, 1982).

Jednotlivé poľné plodiny ako primárne zdroje humusotvorných organických látok možno podľa Jurčovej a Bieleka (1997) podľa priemerného množstva uhlíka zaprávaného do pôdy v pozberových a koreňových zvyškoch rozčleniť do štyroch kategórií:

- Bohatý zdroj organického uhlíka – pozberové a koreňové zvyšky kapusty repkovej pravej, bôbu obyčajného, horčice bielej, slnečnice ročnej, kukurice na zrno so zaorávkou kôrovia, pšenice ozimnej, raže ozimnej, lucerny siatej 4.rok, okrem jarného jačmeňa všetky obilniny so zaorávkou slamy. So zvyškami týchto plodín sa dostáva do pôdy viac ako 3 tony uhlíka na 1 ha.
- Významný zdroj organického uhlíka – pozberové a koreňové zvyšky lucerny siatej 2.rok, maku siateho + pozberové a koreňové zvyšky, hrach siaty + slama, ďatelina lúčna 2. a 3.rok, pšenica ozimná bez zaorávky slamy, kukurica na siláž, cícer. Vo zvyškoch týchto plodín sa dostáva priemerne od 2 do 3 t.ha<sup>-1</sup> C.
- Stredne výdatný zdroj organického uhlíka – zvyšky raže ozimnej, jačmeňa ozimného, tritikale, jačmeňa jarného, pšenice jarnej, ovsa siateho, hrachu siateho (všetky bez zaorávky slamy), sóje, kukurice na zrno a tabaku, s ktorými sa vracia do pôdy priemerne 1,3 až 1,9 t.ha<sup>1</sup>C.
- Slabý zdroj organického uhlíka – koreňové a pozberové zvyšky zemiakov, cukrovej (i kýmnej) repy, hrachu siateho, lucerny siatej v plnom roku, ďateliny lúčnej v plnom roku, t.j. bez zaorania. Vo zvyškoch týchto plodín zostáva menej ako 1 tona C na 1 ha.

Z hľadiska funkcie v oševnom postupe a vplyvu na bioenergetický potenciál pôdy zaraďujú Demo et al. (1998) pestované plodiny do niektorej z týchto troch skupín:

1. Zdrojmi uhlíkatých hmôt sú ďatelinoviny a jednoročné krmoviny na ornej pôde a trvalé trávne porasty. Ďatelinoviny a jednoročné krmoviny ovplyvňujú bioenergetický potenciál na ornej pôde svojou koreňovou sústavou a pozberovými zvyškami priamo a cez podsústavu hospodárskych zvierat. Trvalé trávne porasty ho ovplyvňujú nepriamo.

- 
2. Odberateľmi uhlíkatých hmôt v osevných postupoch sú predovšetkým okopaniny a trváce kultúry, prostredníctvom ktorých sa dostávajú uhlíkaté hmoty mimo územia poľnohospodárskej sústavy.
  3. Neutrálnymi plodinami sú obilniny a strukoviny. Z hľadiska bilancie uhlíkatých hmôt sa uplatňujú podľa toho, aké množstvo hmoty sa z nich vracia do pôdy v podobe organických hnojív, v ktorých sú hlavnou uhlíkatou zložkou. V procese striedania plodín udržujú stav bioenergetického potenciálu pôdy.

Ani optimálny osevný postup nie je schopný úplne zabezpečiť náhradu strát organických látok v pôde. Každý rok sa na ornej pôde stráca (mineralizáciou organických látok a eróziou) 2,5-4 t (niekedy 6-10 t) humusu na 1 ha pôdy. Koreňové a pozberové zvyšky kompenzujú tieto straty v priemere na úrovni 2-3 t (50-60%). Zostávajúcich 40-50% je nevyhnutné dodávať do pôdy vo forme sekundárnych organických hnojív (Szombathová, 2010).

## 1.5 Charakteristika hnedozeme

Hnedozem je jednou z najviac využívaných pôd v poľnohospodárskej výrobe. Hnedozeme sú úrodné pôdy, vyhovujú širšiemu sortimentu rastlín. Ak sa dodržiavajú správne zásady obrábania a hnojenia, stáva sa z nich dobrý produkčný typ vhodný pre pestovanie väčšiny bežných poľnohospodárskych plodín – hlavne obilnín. Vzhľadom na nedostatok humusu a často aj pomerne plytký humusový horizont je dôležité, aby sa na nich často pestovali viacročné krmoviny. Sú vhodné na založenie ovocných sádov, najmä tam, kde povrchové vrstvy sú štrkovité, ako aj na založenie krmovinového osevného postupu (Bielek et al., 1998).

Hnedozeme podľa Jandáka et al. (2004) vyžadujú pravidelné vápnenie a hnojenie organickými hnojivami. Sú náchylné k zhutneniu, čo treba zohľadniť pri základnom a hĺbkovom kyprení. Patria k veľmi úrodným pôdam, sú využívané predovšetkým ako orné pôdy.

Hnedozeme sú typické svojím trojhorizontovým A-B-C pôdnym profilom. Vyvinuli sa prevažne na sprašiach a iných kvartérnych a neogénnych sedimentoch. Ich vývoj prebiehal v podmienkach periodicky premyvneho vodného režimu. Od povrchu majú obyčajne svetlý humusový Ao-horizont. Pod ním je vyvinutý výrazný Bt-horizont obohatený zhora vymývaným ílom a koloidnými zložkami, ktoré vytvárajú

---

na povrchu pôdnych agregátov viditeľné povlaky. Bt-horizont prechádza postupne cez svetlejší B/C-horizont do farebne svetlého pôdotvorného substrátu, t.j. C-horizontu.

**Subtypy:**

Hnedozem modálna B – HMm: hnedozem v typickom vývoji.

Hnedozem kultizemná – HMa: ako HMm, ale s ornicoým horizontom nepresahujúcim hĺbku 0,35 m.

Hnedozem luvizemná – HMI: ako HMm, ale s hrubším Bt-horizontom a náznakmi eluviálneho luvického El-horizontu (svetlejší horizont pod A-horizontom, ochudobnený o vylúhované, prevažne ílovité častice).

Hnedozem pseudoglejová – HMg: s tzv. mramorovaným luvickým Btg-horizontom, v ktorom popri plných luvických znakoch sú aj znaky oglejenia povrchovou vodou (hrdzavé a sivé škvrny so zastúpením 10-80 % v matrici).

Hnedozem rubifikovaná – HMr: ako HMm, ale s výrazným červeným sfarbením minimálne Bt-horizontu, v dôsledku vývoja rubifikovaných pôdotvorných substrátov (terra rossa, terra fusca) (Bielek, 2004).

**Charakteristika územia výskytu:** pôda je rozšírená najmä v územiach pahorkatín a nízko položených kotlín v nadmorských výškach 150-480 m, s priemernou ročnou teplotou 8-9°C a s ročným úhrnom zrážok 600-700 mm. Pôdotvorným substrátom sú spraše, sprašové hliny, svahoviny a neogénne sedimenty. Pôvodným porastom boli lesy s hustým trávnyim podrastom. Lesy sa postupne vyrúbali, takže dnes je takmer celá oblasť výskytu hnedozemných pôd poľnohospodárskou pôdou. V čase lesnej pokrývky sa v týchto pôdach hromadil slabo kyslý humus, prebiehalo vylúhovanie karbonátov, intenzívne zvetrávanie minerálov a vertikálny posun ílovitých častíc. Premyvný režim týchto pôd sa následnou kultiváciou značne zoslabil. Hnedozeme patria medzi naše najviac skultúrnené pôdy.

**Ekologická charakteristika:** hnedozeme majú stredný až vysoký pozitívny ekologický potenciál, relatívne dobre tvoria biomasu (najmä keď sú hnojené). V Bt-horizonte majú hnedozeme 1,2-2,0-krát viac ílovitých častíc v porovnaní s ornicoou. Preto niektoré hnedozeme majú hlinitú ornicoou, ale ílovitohlinitú podornicoou, čo sa pozitívne prejavuje na vododržnosti pôdy. V suchých obdobiach sú náchylné na veternú eróziu a počas privalových zrážok môžu byť poškodzované aj vodnou eróziou.



---

**Agronomická charakteristika:** hnedozeme majú dobrú pútáciu schopnosť a obsahujú aj dosť živín, takže patria medzi naše agronomicky najvhodnejšie pôdy. Sú to úrodné pôdy, ktoré vyhovujú širšiemu sortimentu rastlín. Sú po černozemiach a čierniciach našimi najúrodnejšími pôdami, umožňujúcimi značnú pružnosť osevného postupu. Za dobré “pšeničné pôdy” môžeme považovať hnedozeme na sprašiach a hnedozeme na sprašových hlinách, avšak len pri intenzívnom hnojení a vápnení. Vzhľadom na nižšiu stabilitu humusu sú hnedozeme zraniteľné z hľadiska zachovania obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. Pri hospodárení treba starostlivo usilovať o aspoň vyrovnanú bilanciu organických látok. Ak sú na svahoch, treba ich chrániť aj proti erózii. Stáva sa, že sú erodované až na pôdotvorný substrát (Bielek, 2004).

V hnedozemiach podľa Sotákovej (1982) prebieha premena organickej hmoty pomerne rýchlo, a preto pri správnom obhospodarovaní je možné dosiahnuť porovnateľné produkčné schopnosti ako v černozemiach. Pôdny život tu je bohatý a vyznačuje sa dobrou biologickou aktivitou. Z mikroorganizmov sa v hnedozemiach vyskytujú spravidla vo vyrovnanom pomere baktérie využívajúce ako anorganický, tak aj organický dusík. V hnedozemiach je veľmi výrazná činnosť dážďoviek, ktoré dobre znášajú aj slabokyslú reakciu (napr. rod *Allolobophora*) a podieľajú sa najmä na tvorbe ílového humusu.

---

## 2 Cieľ práce

Pôda je neobnoviteľný zdroj, ktorý je ovplyvnený celým komplexom prírodných, ale aj antropogénnych faktorov. Z nich práve vplyv človeka na pôdnom prostredí zanecháva častokrát viditeľné následky, ktoré samozrejme môžu mať pozitívny, ale aj negatívny dopad na životné prostredie a v konečnom dôsledku aj na zdravie ľudí. Za najdôležitejší indikátor kvality pôdy sa považuje množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty. Pôdna organická hmota podlieha neustále mnohým zmenám (chemickým, fyzikálnym a biologickým). Z tohto dôvodu je jej presná charakteristika značne rôznorodá a komplikovaná. Množstvo a kvalita organickej hmoty je najvýraznejšie ovplyvnená práve činnosťou človeka, t.j. akým spôsobom je pôda obhospodarovaná, hnojená atď.

Cieľom diplomovej práce „**Obsah a kvalita organickej hmoty hnedozeme v priebehu dlhodobého experimentu**“ bolo vyhodnotiť množstvo a kvalitu organickej hmoty na experimentálnej báze SPU – Nitra.

Práca mala nasledovné čiastkové ciele:

- posúdiť a vyhodnotiť vplyv rozdielneho obrábania a hnojenia na obsah a kvalitu organickej hmoty hnedozeme v priebehu rokov 2008-2010
- posúdiť a vyhodnotiť vplyv rozdielneho obrábania a hnojenia na obsah a kvalitu organickej hmoty hnedozeme za obdobie 11 rokov

---

### 3 Metodika práce

#### Charakteristika záujmového územia

Dolná Malanta s nadmorskou výškou 171 m, zemepisnou šírkou 48°19' a zemepisnou dĺžkou 18°07' sa nachádza v severovýchodnej časti Podunajskej nížiny v časti Nitrianskej pahorkatiny. Je experimentálnou plochou pracovísk Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre a nachádza sa 4 km od Nitry (Šiška et al., 2002). Leží v dolnej časti povodia Selenec a jeho prítokov, ktoré patria do strednej časti povodia rieky Nitra. Nachádza sa východne od mesta Nitra na Žitavskej pahorkatine (Hrnčiarová, 2001).

Geograficky sa územie nachádza v západnej časti Žitavskej pahorkatiny, ktorej charakteristický trojuholníkový tvar vymedzuje pohorie Tribeč a rieky Nitra a Žitava. Lokalita výskumnej bázy má charakter roviny s nevýrazným sklonom k juhu. Výšková členitosť územia v juhovýchodnej a východnej časti vzrastá (Režo et al. 2010).

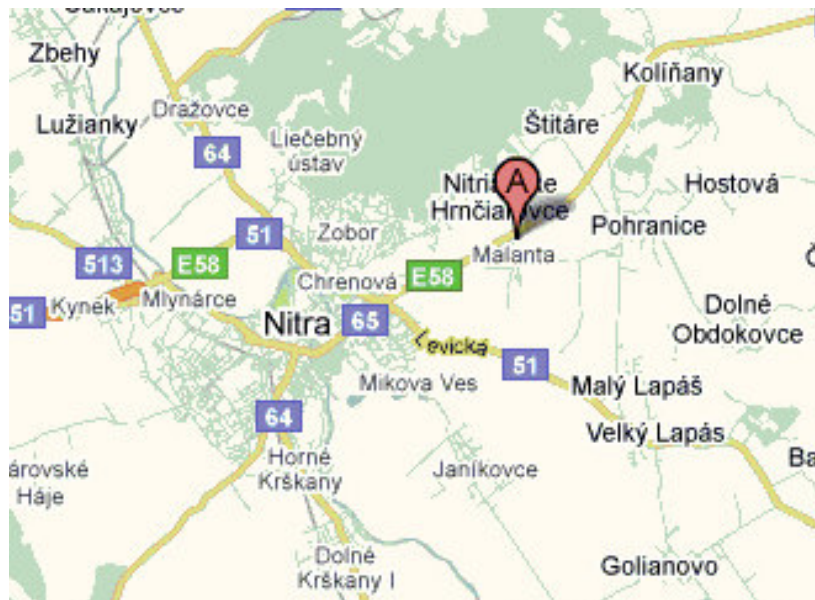
Z regionálneho hľadiska sa experimentálna báza FAPZ SPU Nitra nachádza v oblasti na rozhraní pohoria Tribeč a Podunajskej nížiny. Tribeč patrí ku starým jadrovým pohoriam. Budujú ho kryštalické bridlice, granodiority, ale i horniny mezozoika (vápence, dolomity, kremence, bridlice), z ktorých k morfológicky ojedinelým patria kremencové hôrky, lemujúce jeho chrbát zo západu na východ (URL2).

Modelové územie tvoria málo priepustné horniny s veľkým množstvom jemného materiálu. Mladé neogénne uloženiny sú zložené z rozličných ílov, hlín, pieskov a štrkov. Pôdny pokryv tvoria na 90% stredne ťažké až ťažké pôdy hnedozemného typu. Len na malej ploche sa vyskytujú hydromorfné pôdy (fluvizeme, fluvizeme glejové alebo pelické) (Hrnčiarová, 2001).

Lokalita Malanta po stránke genetického vývoja patrí do hnedozemnej oblasti. Ornica siaha do hĺbky 0,20-0,28 m, je tmavohnedej až sivohnedej farby, hrudkovitej štruktúry, hlinitá s postupným až zreteľným prechodným horizontom. Prechodný horizont dosahuje hĺbky 0,47-0,63 m, je tmavohnedý až nahrdzalý, nevýrazne hrudkovitej štruktúry, hlinitý až ílovito hlinitý s humusovými zárodkami. Iluviálny horizont dosahuje hĺbky 0,48-0,98 m, je výrazne hrdzavohnedej farby, hlinitý až ílovito-hlinitý s ojedinelým výskytom škvŕn železa a mangánu. Humusový horizont siaha do hĺbky 0,31 m, pôdotvorný substrát je v hĺbke 0,95 m. Kationová sorpčná kapacita sa

pohybuje v rozsahu 185 – 257 mmol (p<sup>+</sup>).kg<sup>-1</sup> pôdy. Dané územie je charakterizované ako teplé, mierne suché so sumou teplôt od 2600 – 3000 °C ročne. Priemerná ročná teplota je 9,7 °C. Ročný úhrn zrážok predstavuje 561 mm, z toho vo vegetačnom období 323 mm. Zásoba vody v pôde na začiatku jarného obdobia je 150-160 mm. V mesiacoch IV.-V. sa prejavuje deficit 60 - 90 mm ako dôsledok zvyšovania retenčnej bilancie a sýtostného doplnku (Pastorek a Pospíšil, 2010).

Merná hmotnosť hnedozeme pokusného stanovišťa sa pohybuje v rozpätí 2580 – 2660 kg.m<sup>-3</sup>. Objemová hmotnosť v humusovom horizonte je z hľadiska požiadaviek pestovaných plodín vyhovujúca a priaznivá. Na prechode od humusového k luvickému horizontu, t.j. tesne pod ornice (0,30 – 0,40 m) hodnoty objemovej hmotnosti sú vyššie a presahujú kritickú hranicu pre ílovitohlinité horizonty (nad 1400 kg.m<sup>-3</sup>). Hodnoty sa prevažne pohybujú v rozpätí od 1470 – 1530 kg.m<sup>-3</sup>, čo svedčí o uľahnutosti tejto časti pôdneho profilu. S priaznivými, vyhovujúcimi i kritickými hodnotami objemovej hmotnosti úzko korešpondujú aj hodnoty pórovitosti pôdy celkovej (Pc %) pod kritickou hranicou (<45 %) sú hlavne v hĺbke 0,30 – 0,40 m, pričom v tejto hĺbke sa prejavuje znížený obsah nekapilárnych pórov (Pn) a hodnoty minimálnej vzdušnej kapacity (VA) sú pod kritickou hodnotou (<10 %) (Hanes et al., 1993).



**Obr.2 Umiestnenie experimentálnej bázy FAPZ SPU Nitra – Dolná Malanta  
(zdroj: www.mapy.sk)**

---

## Metodika pokusu

V roku 1999 založila Katedra rastlinnej výroby FAPZ poľný experiment s rozličnými spôsobmi hospodárenia a hnojenia, ktorý stále pokračuje. Základné informácie o množstve a kvalite organickej hmoty sú uvedené v tabuľke 2.

**Tab.2: Množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty**

Ukazovatele	Hodnoty
C <sub>OX</sub>	1,29
%C <sub>HL</sub> z C <sub>OX</sub>	38,6
%C <sub>HK</sub> z C <sub>OX</sub>	13,8
%C <sub>FK</sub> z C <sub>OX</sub>	24,8
HK:FK	0,56
Q4/6HL	3,86
Q4/6HK	3,19

*Legenda: C<sub>ox</sub> – pôdny organický uhlík, HL – humusové látky, HK – humínové kyseliny, FK – fulvokyseliny, Q4/6 – optický parameter*

V rámci projektu „Systémy hospodárenia na pôde, ich vplyv na produkčnú schopnosť pôdy pre udržanie racionálnej produkcie plodín“ sme sa zamerali na posúdenie organickej hmoty na danom pôdnom type. Konkrétnejšie sme sa zamerali na posúdenie množstva a kvality organickej hmoty hnedozeme pri rôznych spôsoboch obrábania a rozličných alternatívach hnojenia v dlhodobom (za posledných 11 rokov) a krátkodobom (2008 – 2010) časovom horizonte. V rámci tejto čiastkovej úlohy sme pôdne vzorky odobrali z dvoch rozdielnych spôsobov obrábania (konvenčné obrábanie, minimalizačné obrábanie), zároveň sme vzorku pôdy odobrali z miesta, ktoré nebolo obrábané (trvalo-trávny porast od roku 1970). Vzorky pôdy boli odobrané aj z rozdielnych variantov hnojenia. Ďalej uvádzame podrobnejší popis jednotlivých variantov:

KO – konvenčné obrábanie – orba každý rok na jeseň do hĺbky 0,20 -0,25 m

MO – minimalizačné obrábanie – diskovanie na jeseň do hĺbky 0,10 – 0,12 m

---

L – kontrola – trvalo-trávnny porast, od roku 1970 na mieste meteorologickej stanice

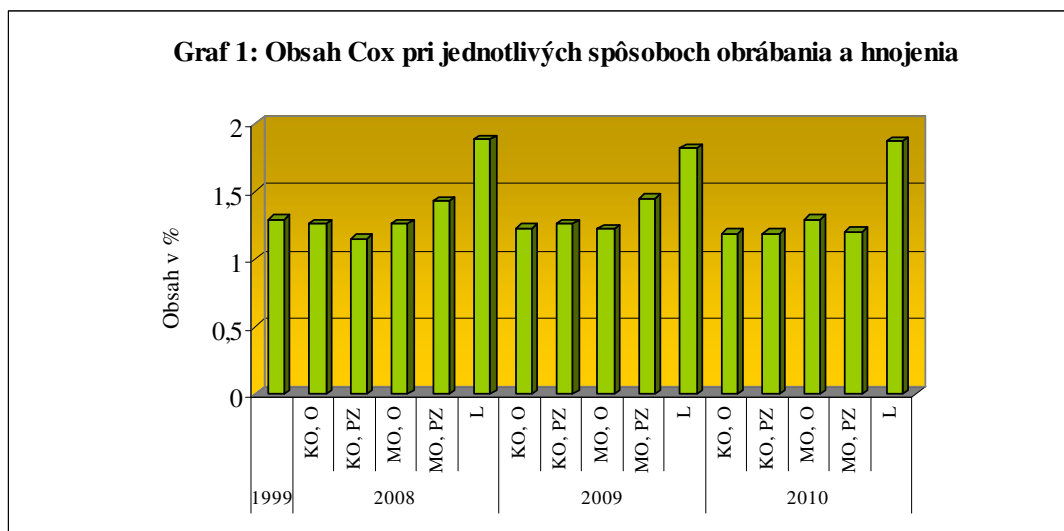
O – kontrola – bez hnojenia

PZ – zapracované pozberové zvyšky spolu s NPK hnojivami – bilančný spôsob

Pôdne vzorky sa odoberali vždy na jar z hĺbky 0 – 0,2 m zo všetkých sledovaných variantov v štyroch opakovaniach. Následne boli vzorky pôdy zmiešané do priemernej vzorky za každý uvedený variant, vysúšané pri laboratórnej teplote a rozomleté. Vo vzorkách pôdy sme stanovili celkový obsah organického uhlíka (Cox) oxidimetricky metódou Ľurina (Hanes et al., 1993), skupinové zloženie humusových látok podľa Belčíkovej a Kononovej (Kononova a Belčíkova, 1962) a zmerali optické vlastnosti humusových látok a humínových kyselín. Výsledky boli prehľadne spracované do tabuliek a graficky znázornené.

## 4 Výsledky a diskusia

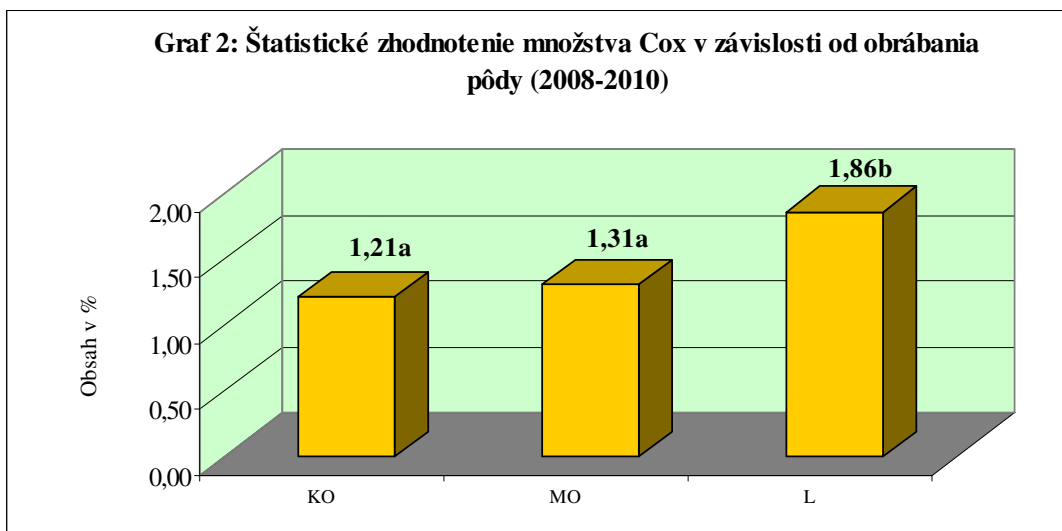
### Množstvo organickej hmoty



*KO – konvenčné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky, MO – minimalizačné obrábanie, L – lúka (trvalo- trávny porast)*

Obsah pôdneho organického uhlíka v pôde sa líšil v závislosti od roku, spôsobu obrábania a hnojenia (graf 1). Jeho najvyšší obsah sme stanovili v roku 2008 vo variante, ktorý bol využívaný ako trvalo-trávny porast (bez obrábania). Hodnota stanoveného uhlíka bola 1,88%, čo podľa kritérií hodnotenia (Hanes, 1995) zodpovedá vysokému obsahu humusu v pôde. Na druhej strane najnižší obsah Cox bol stanovený z grafu 1 taktiež v roku 2008, ale vo variante konvenčného obrábania so zapracovávanými pozberovými zvyškami. Hodnota uhlíka bola 1,15%, čím sa táto hodnota znížila oproti roku 1999 o 10,85%.

K stratám organickej hmoty dochádza predovšetkým v dôsledku mineralizácie organickej hmoty (Tobiášová a Šimanský, 2009). Mnohí autori popísali pozitívny alebo negatívny vplyv obrábania (Dou a Hons, 2006, Šimanský a Tobiášová, 2008), ale aj hnojenia (Šimanský a Tobiášová, 2008) na obsah organickej hmoty pôdy.



*KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, L – lúka (trvalo-trávny porast)*

*Rozdielne písmená v grafe poukazujú na štatistickú preukaznosť ( $P < 0,05$  - Sheffe test)*

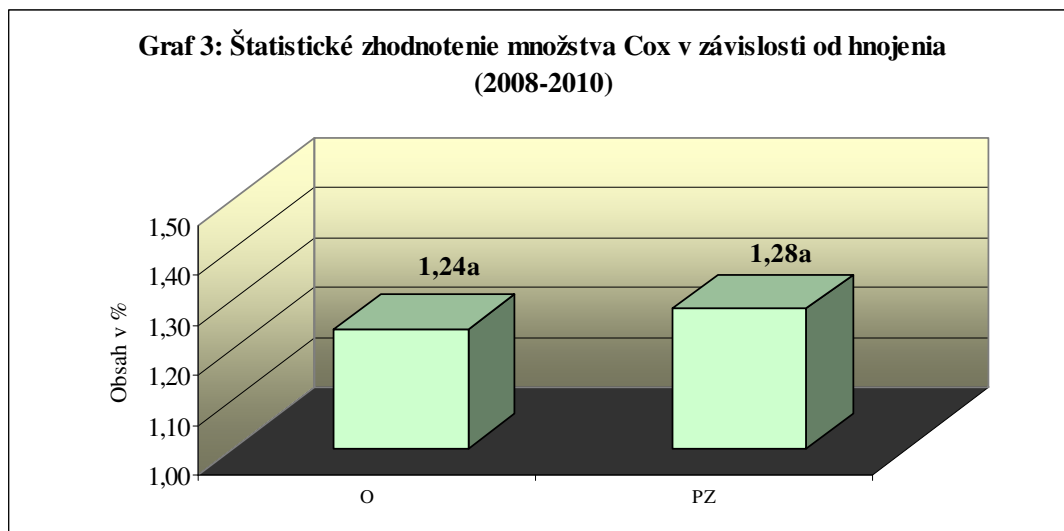
Obsah pôdneho organického uhlíka bol štatisticky závislý od spôsobu využívania pôdy (graf 2). Rozdiel medzi dvomi spôsobmi obrábania nebol výrazný, ale aj napriek tomu sme vyšší obsah Cox stanovili za obdobie 2008-2010 vo variante s minimálnym obrábaním (1,31%) ako vo variante s konvenčným obrábaním (1,21%). Štatisticky preukazný rozdiel bol zaznamenaný medzi variantmi MO a L, kde obsah organického uhlíka medzi variantmi predstavoval 29,57% za obdobie 2008-2010. Ešte výraznejší rozdiel bol zaznamenaný medzi variantmi KO a L, kde bol rozdiel na úrovni 34,95% (graf 2). Intenzívne obrábanie pôdy sa podieľa na redukcii organickej hmoty v pôdach, čo bolo potvrdené mnohými štúdiami (Šimanský et al., 2008, Tobiášová a Šimanský, 2009, Sotáková, 1982).

Spôsob obrábania má väčší vplyv na obsah uhlíka v pôde ako oseedný postup (Gál et al., 2007). Vyšší obsah uhlíka sme zaznamenali pri minimalizačnom obrábaní. Získané výsledky potvrdzujú skutočnosť, že konvenčný spôsob obrábania sa podieľa na celkovom poklese organickej hmoty pôdy (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Spôsob hnojenia nemal štatisticky významný vplyv na obsah organického uhlíka v pôde (graf 3). Vyšší obsah pôdneho organického uhlíka bol stanovený vo variante s pozberovými zvyškami (1,28%) v porovnaní s nehnojenou kontrolou (1,24%). Aplikácia pozberových zvyškov sa podieľa na zvyšovaní obsahu organickej hmoty pôdy (Šimanský et al., 2006). Naše výsledky však túto skutočnosť štatisticky nepotvrdili.



Príčinou môže byť, že spolu s pozberovými zvyškami sa do pôdy zapracovávali NPK hnojivá. Priemyselné hnojivá sa podieľajú na intenzívnejšej mineralizácii organickej hmoty v pôde (Halvorson et al., 2002), čo v konečnom dôsledku vedie k jej redukcii (Šimanský a Tobiášová, 2008), aj keď už boli publikované aj údaje o priaznivom vplyve priemyselných hnojív na nárast organickej hmoty v pôde (Sharma et al., 2002).



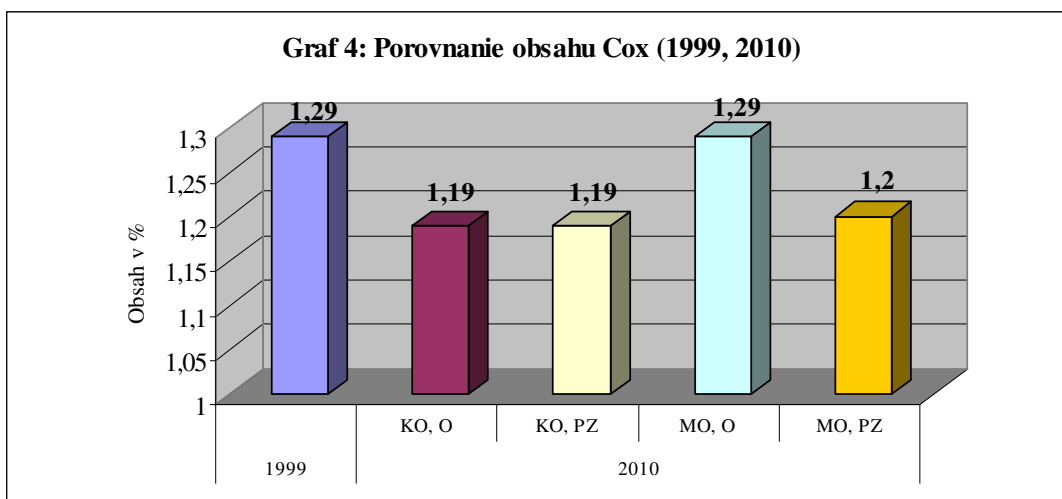
*O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky*

**Tab.3: Porovnanie obsahu celkového organického uhlíka v jednotlivých variantoch obrábania a hnojenia (r.1999 a r.2010)**

Rok	Varianty	Cox (%)
1999	Počiatkový stav	1,29
2010	KO	1,19
	MO	1,25
	O	1,24
	PZ + NPK	1,2

*KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky*

Z dlhodobého hľadiska (11 ročné obdobie) mal spôsob hospodárenia vplyv na zníženie obsahu Cox (tab. 3). Najväčšie zníženie sme zaznamenali pri konvenčnom hospodárení, kde sa obsah pôdneho organického uhlíka znížil oproti roku 1999 až o 7,75%. Najmenšie zníženie sme zaznamenali pri minimalizačnom obrábaní, kde sa obsah pôdneho organického uhlíka znížil o 3,1% oproti počiatkovému stavu.



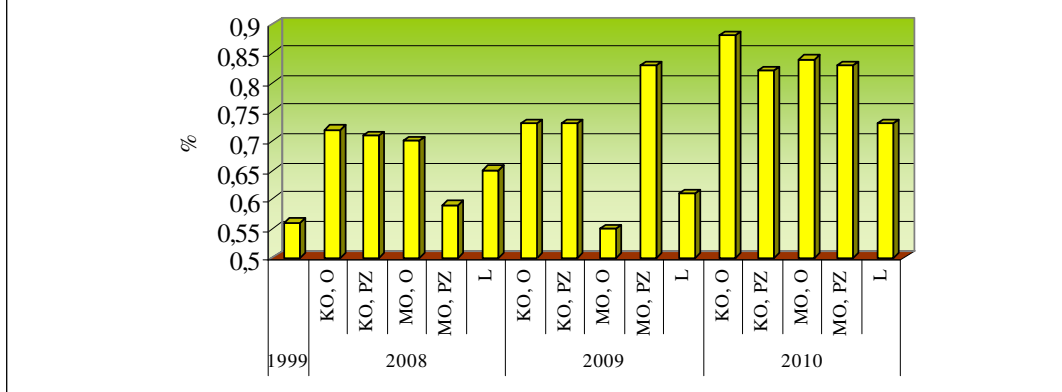
*KO – konvenčné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky, MO – minimalizačné obrábanie*

Z dlhodobého hľadiska sa ako najvýhodnejší variant javí minimalizačné obrábanie bez hnojenia (graf 4), kde sa hodnoty množstva obsahu pôdneho organického uhlíka (1,29%) udržali na úrovni roku 1999 (1,29%). Za najvýhodnejší sa považuje variant pri spôsobe konvenčného hospodárenia, či už so zapracovávanými pozberovými zvyškami alebo pri nehnojenej kontrole, kde v oboch prípadoch bol obsah uhlíka na úrovni 1,19%, čím jeho obsah poklesol o 7,75%.

### **Kvalita organickej hmoty**

Významným ukazovateľom kvality humusu je pomer humínových kyselín k fulvokyselinám, preto sme kvalitu humusu posúdili pomocou tohto ukazovateľa (graf 5). Kvalita humusu v pôde sa taktiež líši v závislosti od roku, spôsobu obrábania a hnojenia. Najvyššiu kvalitu humusu sme zaznamenali v roku 2010 vo variante konvenčne obrábanom bez hnojenia (0,88). V porovnaní s rokom 1999 (0,56) sa kvalita humusu zvýšila až o 57,14%. Najnižšia kvalita humusu bola zistená v roku 2009 vo variante minimalizačne obrábanom bez hnojenia (0,55), čo takmer zodpovedalo úrovni z roku 1999.

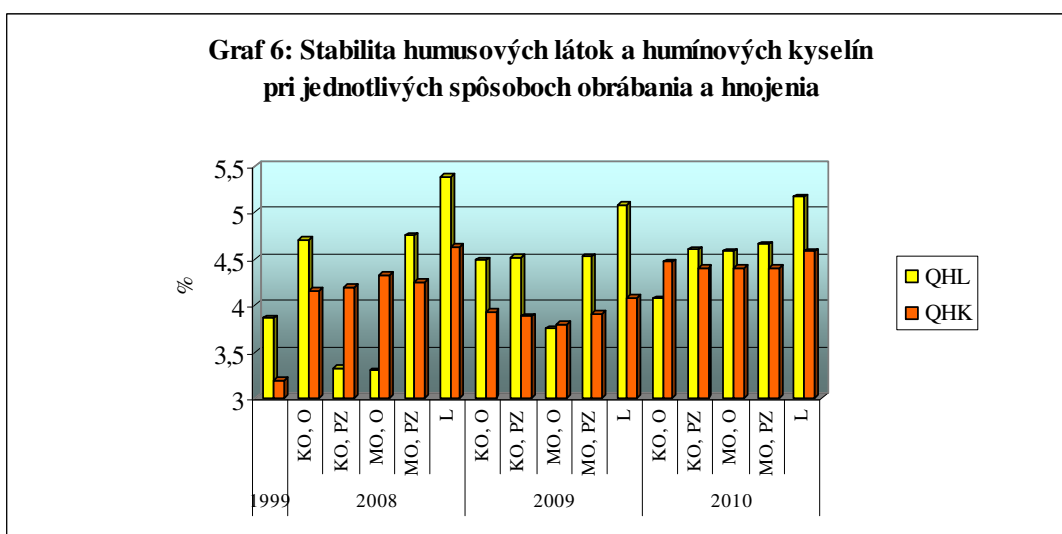
**Graf 5: Kvalita humusu pomocou HK:FK v jednotlivých systémoch obrábania a hnojenia**



*KO* – konvenčné obrábanie, *O* – kontrola bez hnojenia, *PZ* – pozberové zvyšky, *MO* – minimalizačné obrábanie, *L* – kontrola (trvalo-trávny porast)

Medzi základné kvalitatívne parametre podľa Szombathovej (2010) patria aj hodnoty farebného kvocienta humusových látok a humínových kyselín, na základe ktorých sme posúdili stabilitu humusových látok (graf 6). Q4/6 je optický parameter, ktorý sa stanovuje pri skrátenej frakcionácii humusových látok a z fyzikálno-chemického hľadiska charakterizuje množstvo nenasýtených a aromatických väzieb (Barančíková, 2006). Humínové kyseliny a fulvokyseliny sa odlišujú množstvom a chemickým zložením v závislosti od klímy, spôsobu hospodárenia, množstva zrážok za rok a vegetácie (Tobiášová a Šimanský, 2009).

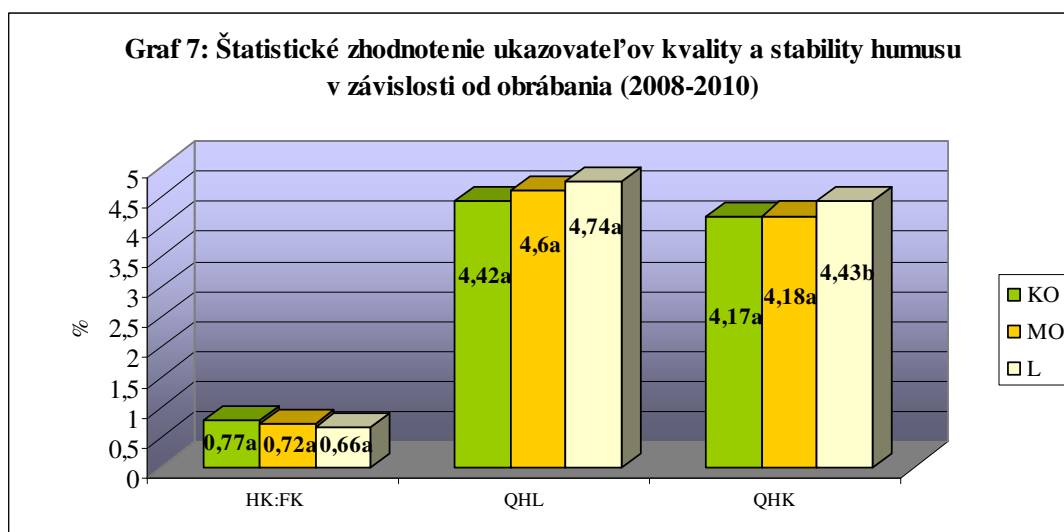
**Graf 6: Stabilita humusových látok a humínových kyselín pri jednotlivých spôsoboch obrábania a hnojenia**



*KO* – konvenčné obrábanie, *O* – kontrola bez hnojenia, *PZ* – pozberové zvyšky, *MO* – minimalizačné obrábanie, *L* – kontrola (trvalo-trávny porast), *QHL* – farebný kvocient humusových látok, *QHK* – farebný kvocient humínových kyselín

Najnižšia stabilita humusových látok pri jednotlivých spôsoboch obrábania a hnojenia (graf 6) bola stanovená v roku 2008 vo variante, ktorý bol využívaný ako trvalo-trávny porast (bez obrábania). Hodnota farebného kvocientu humusových látok (5,38) sa zvýšila v porovnaní s rokom 1999 (3,86) až o 39,38%. Najvyššia stabilita humusových látok bola stanovená taktiež v roku 2008, ale vo variante obrábanom minimalizačným spôsobom bez hnojenia (3,30). V porovnaní s rokom 1999 sa stabilita humusových látok v tomto variante zvýšila o 14,51%.

Stabilita humínových kyselín je uvedená v grafe 6. Najvyššia stabilita humínových kyselín bola zaznamenaná v roku 2009 (3,8) vo variante s minimalizačným obrábaním bez hnojenia. Táto hodnota však bola vyššia v porovnaní s rokom 1999, čo poukazuje na trend v zhoršovaní stability humínových kyselín vo všetkých variantoch obrábania a hnojenia, pričom najmenej výrazný pokles bol práve vo variante MO+O. Najvýraznejší pokles v stabilite humínových kyselín bol zaznamenaný v roku 2008 vo variante využívanom ako trvalo-trávny porast.



*HK:FK – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, QHL – farebný kvocient humusových látok, QHK – farebný kvocient humínových kyselín, KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, L – kontrola (trvalo-trávny porast)*

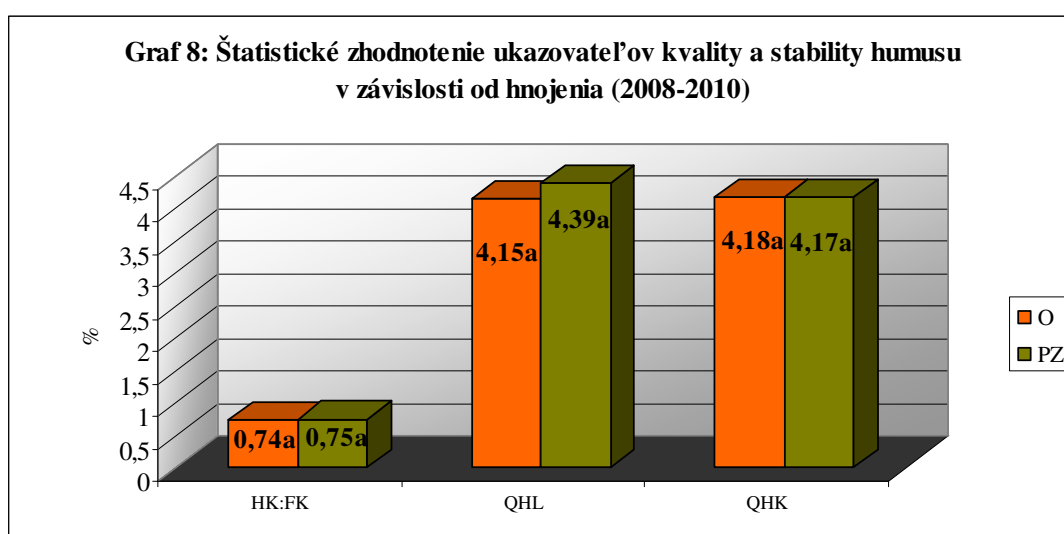
*Rozdielne písmená v grafe poukazujú na štatistickú preukaznosť ( $P < 0,05$  - Sheffe test)*

Štatistické zhodnotenie výsledkov kvality a stability humusu v závislosti od spôsobu obrábania pôdy je uvedené v grafe 7. Spôsob obrábania (využívania) pôdy nemal štatisticky preukazný vplyv za zmeny pomeru HK:FK a hodnôt farebných kvocientov humusových látok za obdobie 2008-2010.

Za obdobie rokov 2008-2010 sa v dôsledku obrábania pôdy (MO a KO) zlepšila kvalita humusu oproti kontrolnému variantu (L). Menej výrazné zlepšenie bolo pri minimalizačnom obrábaní (0,72), kde sa zlepšila kvalita humusu o 9,09% oproti kontrolnému variantu (0,66). Priaznivejšiu kvalitu humusu sme zaznamenali pri konvenčnom obrábaní (0,77), kde bolo zlepšenie kvality až o 16,67%, z čoho vyplýva, že konvenčné obrábanie má pozitívny vplyv na zlepšovanie kvality humusu. Naše výsledky korešpondujú s výsledkami, ktoré publikovali Dou a Hons (2006), ale aj Šimanský et al. (2008), ktorí taktiež uvádzajú vyššiu kvalitu humusu v pôdach konvenčne obrábaných v porovnaní s pôdami neobrábanými.

Stabilita humusových látok počas rokov 2008-2010 v závislosti od jednotlivých variantov bola štatisticky nepreukazná, ale na druhej strane je však zaznamenaný pozitívny trend vo zvyšovaní stability humusových látok v dôsledku obrábania pôdy. Pri minimalizačnom obrábaní (4,6) sa stabilita humusových látok mierne zvýšila v porovnaní s kontrolným variantom (4,74). Vo variante s konvenčným obrábaním (4,42) bolo zvýšenie stability humusových látok oproti kontrole (4,74) výraznejšie za obdobie rokov 2008-2010.

Štatisticky preukazný rozdiel sme zaznamenali pri stabilite humínových kyselín. Medzi variantmi konvenčného a minimalizačného obrábania nevznikol výrazný rozdiel, avšak medzi týmito dvomi spôsobmi obrábania oproti kontrolnému variantu nastalo zníženie o viac ako 5,86%, čiže spôsob obrábania má štatistický vplyv na znižovanie stability humínových kyselín.



*HK:FK – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, QHL – farebný kvocient humusových látok, QHK – farebný kvocient humínových kyselín, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky*

Kvalita a stabilita humusu počas rokov 2008-2010 nebola v závislosti od hnojenia pôdy štatisticky preukazná (graf 8).

Na kvalitu humusu nemal veľký vplyv spôsob hnojenia, pretože medzi nehnojenou kontrolou (0,74) a zapracovávanými pozberovými zvyškami (0,75) bol zaznamenaný iba veľmi malý rozdiel (graf 8).

Stabilita humusových látok bola ovplyvnená zapracovávanými pozberovými zvyškami (4,39), čo sa prejavilo na znížení stability humusových látok v porovnaní s nehnojenou kontrolou (4,15). Zapracovávanie pozberových zvyškov do pôdy sa prejavuje na znižovaní stability humusových látok (Zaujec a Šimanský, 2006).

Len nepatrné rozdiely stability humínových kyselín boli zistené medzi jednotlivými spôsobmi hnojenia v r.2008-2010.

**Tab.4 Kvalita a stabilita humusu v jednotlivých variantoch obrábania a hnojenia (r.1999 a r.2010)**

Rok	Varianty	HK:FK	QHL	QHK
1999	Počiatočný stav	0,56	3,86	3,19
2010	KO	0,85	4,34	4,44
	MO	0,84	4,62	4,4
	O	0,86	4,33	4,44
	PZ + NPK	0,83	4,63	4,4

*HK:FK – pomer uhlíka humínových kyselín k fulvokyselinám, QHL – farebný kvocient humusových látok, QHK – farebný kvocient humínových kyselín, KO – konvenčné obrábanie, MO – minimalizačné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky*

Z dlhodobého hľadiska sme zaznamenali vo všetkých variantoch obrábania a hnojenia pôdy zvýšenie kvality humusu oproti počiatočnému stavu. Najlepší vplyv na kvalitu humusu (tab.4) mal variant bez hnojenia (0,86), čím sa tento obsah zvýšil oproti počiatočnému stavu (0,56) o 53,57%. Najnižší efekt na zvyšovaní kvality humusu bol zaznamenaný vo variante so zapracovanými pozberovými zvyškami a NPK hnojivami (0,83), čo aj napriek tomu táto hodnota bola o 48,21% vyššia ako počiatočný stav. Hodnoty kvality humusu sa medzi jednotlivými variantmi obrábania a hnojenia pôdy medzi sebou líšili minimálne.

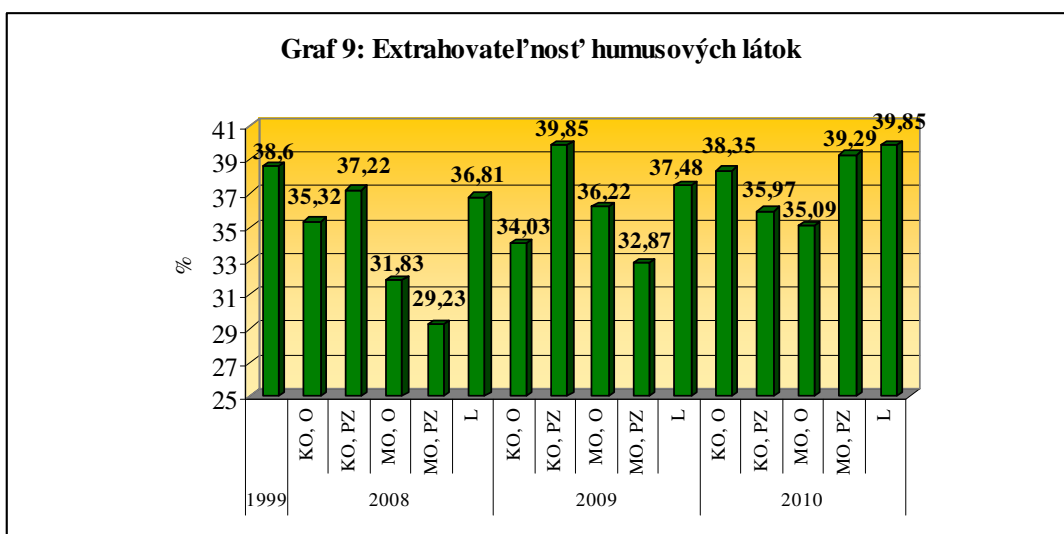
---

Stabilita humusu vo všetkých variantoch sa v porovnaní s rokom 1999 znížila (tab.4). Najvýraznejší pokles v stabilite humusových látok bol zaznamenaný vo variante PZ+NPK, kým vo variante bez hnojenia bol pokles najmenší.

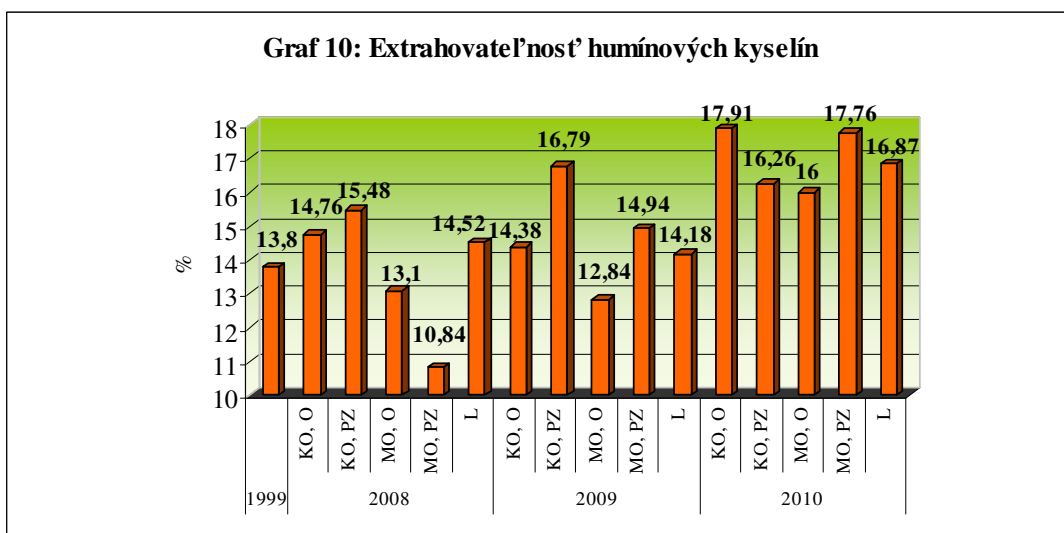
Stabilita humínových kyselín sa znížila oproti počiatočnému stavu (3,19) vo všetkých spôsoboch obrábania a hnojenia. Najväčšie zníženie sme zaznamenali pri konvenčnom obrábaní a pri variante bez hnojenej kontroly, kedy hodnoty obidvoch variantov (4,44) sa znížili o 28% oproti počiatočnému stavu.

### **Extrahovateľnosť humusových látok, humínových kyselín a fulvokyselín**

Extrahovateľnosť humusových látok sa líšila v závislosti od roku, spôsobu obrábania a hnojenia pôdy. Najvyššiu extrahovateľnosť humusových látok (graf 9) sme zaznamenali v roku 2009 (39,85%) pri konvenčnom obrábaní so zapracovávanými pozberovými zvyškami. Aplikácia pozberových zvyškov sa pozitívne prejavila na zvýšení extrahovateľnosti. Naopak najnižšia bola stanovená v r.2008 v minimalizačnom spôsobe obrábania so zapracovanými pozberovými zvyškami (29,23%), čím sa táto hodnota znížila oproti roku 1999 o 24,27%. Pri humínových kyselinách najvyššia extrahovateľnosť (graf 10) bola dosiahnutá v roku 2010 pri konvenčnom obrábaní v nehnojenej kontrole (17,91%). Najnižšia extrahovateľnosť humínových kyselín sa dosiahla v roku 2008 vo variante minimalizačného obrábania so zapracovanými pozberovými zvyškami (10,84%). Rozdiel medzi najvyššou a najnižšou extrahovateľnosťou bol 36,41%. Pri extrahovateľnosti fulvokyselín (graf 11) sa ani v jednom zo spôsobov hospodárenia a hnojenia nepodarilo dostať na úroveň roku 1999 (24,8%). Najvyššia extrahovateľnosť fulvokyselín bola zistená v roku 2009 pri minimalizačnom obrábaní bez hnojenej kontroly (23,38%), čím táto hodnota bola nižšia o 5,73% oproti počiatočnému stavu. Naopak najnižšia extrahovateľnosť bola taktiež v roku 2009 vo variante minimalizačného obrábania so zapracovanými pozberovými zvyškami (17,93%), čo dokazuje, že na extrahovateľnosť fulvokyselín majú vplyv zapracované pozberové zvyšky. Oproti roku 1999 sa znížila extrahovateľnosť o 27,70%.

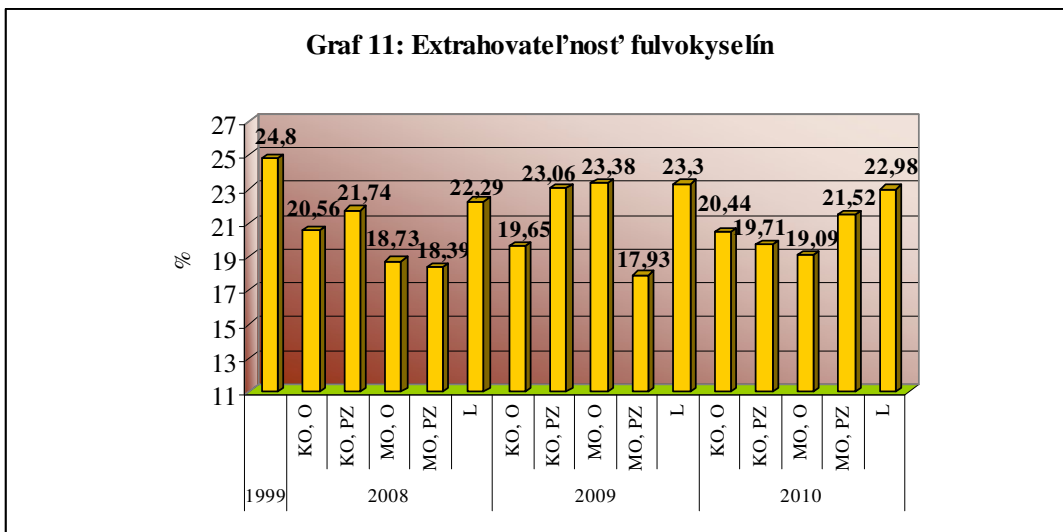


*KO – konvenčné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky, MO – minimalizačné obrábanie, L – kontrola (trvalo-trávny porast)*



*KO – konvenčné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky, MO – minimalizačné obrábanie, L – kontrola (trvalo-trávny porast)*





*KO – konvenčné obrábanie, O – kontrola bez hnojenia, PZ – pozberové zvyšky, MO – minimalizačné obrábanie, L – kontrola (trvalo-trávny porast)*

---

## 5 Záver

Na základe získaných výsledkov z rozdielnych spôsobov hospodárenia na pôde (hnedozem – experimentálna báza SPU – Nitra) možno vyhodnotiť nasledovné závery:

- Z dlhodobého hľadiska (obdobie 11 rokov) mal spôsob hospodárenia vplyv na obsah organickej hmoty v hnedozemi. Intenzívne obrábanie pôdy (konvenčný spôsob) malo najvýraznejší negatívny dopad na obsah celkového organického uhlíka v porovnaní s minimalizačným obrábaním. Z dlhodobého hľadiska sa ako najvýhodnejší variant na udržiavanie organickej hmoty pôdy javí minimalizačné obrábanie a za najnevýhodnejší konvenčné obrábanie, či už so zapracovanými pozberovými zvyškami alebo bez nich.
- Aj z krátkodobejšieho pohľadu (2008-2010) bol zaznamenaný negatívny dopad intenzívneho obrábania na obsah organickej hmoty pôdy. Na druhej strane zapracovávanie pozberových zvyškov do pôdy sa prejavilo pozitívne na zvyšovaní jej obsahu.
- Z dlhodobého hľadiska spôsob hospodárenia (obrábania a hnojenia) na pôde (hnedozemi) sa pozitívne prejavil na zvýšení kvality humusu oproti počiatočnému stavu, kým stabilita humusu sa v dôsledku hospodárenia znížila. Zapracovávanie pozberových zvyškov spolu s NPK hnojivami malo najvýraznejší vplyv na pokles stability humusu.
- Spôsob obrábania (využívania) pôdy nemal štatisticky preukazný vplyv na zmeny pomeru HK:FK a hodnôt farebných kvocientov humusových látok za obdobie 2008-2010. Intenzívne obrábanie pôdy malo pozitívnejší efekt na kvalitu, ale aj stabilitu humusu v porovnaní s minimalizačným obrábaním. Zapracovávanie pozberových zvyškov spolu s NPK hnojivami malo pozitívnejší efekt na kvalitu humusu a stabilitu humínových kyselín.

---

## 6 Zoznam použitej literatúry

1. ANGERS, D.A. – CARTER, M.R. 1996. Aggregation and organic matter storage in cool, humid agricultural soils. In *Structure and soil organic carbon storage in agricultural soils*. Ed. M.R. Carter and B.A. Stewart. Boca Raton, FL.: CRC Press, 1996, s. 193-211.
2. BARANČÍKOVÁ, Gabriela. 2006. Soil organic matter – basic indicator at soil ecological functions assessment. In *Agrochémia*, 2006, č. 3, s. 19-22.
3. BARANČÍKOVÁ, Gabriela et al. 2009. *Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002-2006)*. Bratislava : VÚPOP, 2009. 55 s. ISBN 978-80-89128-54-9.
4. BARANČÍKOVÁ, Gabriela et al. 2010. *Monitoring pôd Slovenska. Venované 50. výročiu založenia ústavu*. Bratislava : VÚPOP, 2010. ISBN 987-80-89128-73-0.
5. BIELEK, Pavol. 1999. Obsahy pôdnej organickej hmoty v pôdach SR. In *Atlas pôd SR* [online], 1999, 56 s. [cit. 2011-03-04]. Dostupné na: <[http://www.podnemapy.sk/portal/prave\\_menu/atlas\\_pod\\_sr/Atlas\\_pod\\_SR.pdf](http://www.podnemapy.sk/portal/prave_menu/atlas_pod_sr/Atlas_pod_SR.pdf)>.
6. BIELEK, Pavol. 2004. Pôdy Slovenska. In *Agroporadenstvo* [online], 2004 [cit. 2010-11-28]. Dostupné na: <<http://www.agroporadenstvo.sk/rv/poda/hnedozem.htm?start>>.
7. BIELEK, Pavol. 2008. Uhlík v pôde: skutočnosti a očakávania. In *Ensav* [online], roč.2, 2008, č. 3 [cit. 2010-12-11]. Dostupné na: <[http://www.en.sav.sk/?issue\\_id=5&article\\_id=&section\\_id=31&doc=31](http://www.en.sav.sk/?issue_id=5&article_id=&section_id=31&doc=31)>
8. BIELEK, Pavol et al. 1998. *Naše pôdy (poľnohospodárske)*. 1. vyd. Bratislava : VÚPÚ, 1998. s. 20-22. ISBN 80-85361-42-6.
9. BUJNOVSKÝ, Radoslav – BEZÁK, Pavol. 2008. Ochrana a využívanie poľnohospodárskej pôdy. In *Praktická príručka pre občana pri uplatňovaní ustanovení zákona č.220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy v znení neskorších predpisov*. Bratislava : VÚPOP, 2008. ISBN 978-80-89128-46-4.
10. BULLOCK, D.G. 1992. Crop rotation. In *Crit. Rev. Plant Sci.*, 11, 1992. s. 309-326.
11. CAMPBELL, C.A. 1978. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In *Soil organic matter. Developments in Soil Science* 8. Ed. M. Schnitzer and S.U. Khan. Amsterdam : Elsevier Scientific, 1978. s. 173-271.

- 
12. DEMO, Milan et al. 1998. *Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine*. Nitra : SPU, 1998. Bratislava : VÚPÚ, 1998. ISBN 80-7137-525-X.
  13. DOU, F. – HONS, F.M. 2006. Tillage and Nitrogen Effects on Soil Organic Matter Fractions in Wheat-based Systems. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, roč. 70, 2006, s. 1896-1905.
  14. GÁL, A. et al. 2007. Soil carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard plowing overestimated with tilled-zone sampling depths. In *Soil & Tillage Research*, 96, 2007. s. 42-51.
  15. GREGORICH, E.G. et al. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. In *Can. J. Soil Sci.*, 74. s. 367-385.
  16. HAAN, DE. S. 1977. Humus, its formation, its relation with the mineral part of the soil, and its significance for soil productivity. In *Soil Org. Matter Stud.* 1, Vienne, IAEA, 1977. s. 21-30.
  17. HALVORSON, A.D. et al. 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 2002. s. 906-912.
  18. HANES, J. 1995. *Antropogénne vplyvy na vlastnosti poľnohospodárskych pôd*. Nitra : VŠP, 1995. 89 s. ISBN: 80-7137-238-2.
  19. HANES, J. et al. 1993. *Charakteristika hnedozemnej pôdy na výskumno-experimentálnej báze AF VŠP Nitra Dolná Malanta*. Nitra : VES VŠP, 1993. ISBN 80-7137-097-5.
  20. HAYNES, R.J. – NAIDU, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. In *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 51, 1998. s. 123-137.
  21. HRAŠKO, Juraj – BEDRNA, Zoltán. 1988. *Aplikované pôdoznalectvo*. 1. vyd. Bratislava. 1988. s. 33-34, s. 356-358.
  22. HRNČIAROVÁ, Tatiana. 2001. *Ekologická optimalizácia poľnohospodárskej krajiny (modelové územie Dolná Malanta)*. Bratislava : SAV, 2001. s. 14-25. ISBN 80-224-0664-3.
  23. *Hory, doliny a parky*. [online] : Žitava.sk. [cit. 2011-30-01]. Dostupné na: [http://www.zitava.sk/zitava/zitava.php?page\\_id=turistika\\_hory\\_doliny\\_tribec](http://www.zitava.sk/zitava/zitava.php?page_id=turistika_hory_doliny_tribec).
  24. JANDÁK, Jiří et al. 2004. *Půdoznalství*. Brno. 2004. s. 30-45. ISBN 80-7157-559-3.
  25. JANZEN, H.H. et al. 1998. Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. In *Soil Till. Res.*, 47, 1998, s. 181-195.
-

- 
26. JAVOREKOVÁ, Soňa et al. 2008. *Biológia pôdy v agroekosystémoch*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2008. s. 9-10, 12 s., s. 251-263, s. 316-317. ISBN 978-80-552-0007-1.
27. JURČOVÁ, Oľga – BIELEK, Pavol. 1997. *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia*. Bratislava : VÚPÚ, 1997. s. 5-36.
28. KIRSCHBAUM, M.U.F. 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic carbon storage. In *Soil Biol. Biochem.*, 27, 1995. s. 753-760.
29. KOBZA, Jozef – GÁBORÍK, Štefan. 2008. *Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. Bratislava, 2008. s. 10-14. ISBN 978-80-89128-47-1.
30. KONONOVA, M. M. – BELČIKOVA, N.P. 1962. Uskornnyje metody opredelenija sostava gumusa minerálnych počv. In *Počvovedenije*, 1962, č.10, s. 75-87.
31. MARRIOTT, E.E. – WANDER, M.M. 2006. Total and Labile Soil Organic Matter in Organic and Conventional Farming Systems. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 2006. s. 950-959.
32. MARTIN, D. et al. 1998. Characteristics of humic substances in cultivated and natural forest soils of Sikkim. In *Geoderma*, 84, 1998. s. 345-362.
33. MIKULA, Pavel. 1998. *Organická hmota v pôde*. Praha : ÚZPI, 1998. s. 5-45. ISBN 80-66153-22-3.
34. *Obrábanie pôdy a rozloženie obsahu živín v ornici*. 2009 [online] : Agrosídlo 2009. [cit. 2010-10-27]. Dostupné na: <<http://www.agrosidlo.info/sk/mm.html>>.
35. PASTOREK, Vendelín – POSPIŠIL, Richard. 2010. Vplyv obrábania a hnojenia pôdy na energetickú náročnosť pestovateľskej technológie jačmeňa jarného. In *Potravinárstvo* [online], roč. 4, 2010 [cit. 2010-02-01]. Dostupné na: <[http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/mc\\_februar\\_2010/pdf/1/Pastorek.pdf](http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/mc_februar_2010/pdf/1/Pastorek.pdf)>
36. PASTOREK, Z. et al. 2004. *Biomasa – obnoviteľný zdroj energie*. FCC PUBLIC 2004. 36 s., 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
37. PENNOCK, D.J. et al. 1994. Landscape-scale changes in indicators of soil quality due to cultivation in Saskatchewan, Canada. In *Geoderma*, 64, 1994. s. 1-19.
38. POKORNÁ, J. – NOVÁK, B. 1981. *Biologický efekt hnojení v různých agroekosystémoch*. Praha : VÚRV, 1981. 16 s.
39. REEVES, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. In *Soil & Tillage Research*, 43, 1997. s. 131-167.
-

- 
40. REŽO, Ladislav et al. 2010. Energetická bilancia rôznych pestovateľských technológií pšenice letnej f. ozimnej. In *Potravinárstvo* [online], roč. 4, 2010 [cit. 2010-02-01]. Dostupné na: <[http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/mc\\_februar\\_2010/pdf/1/Rezo.pdf](http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/mc_februar_2010/pdf/1/Rezo.pdf)>
41. SAINJU, U.M. et al. 2008. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127, 2008. s. 234-240.
42. SHARMA, S.P. et al. 2002. *Research Bulletin on Long-term Effect of hemical Fertilizers on Soil Quality, Crop Productivity and Sustainability*. Palampur, India : Dept. Soil Sci., CSK HPKV, 2002.
43. SOTÁKOVÁ, Soňa. 1982. *Organická hmota a úrodnosť pôdy*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1982. 9 s., s. 64-115.
44. SZOMBATHOVÁ, Nora. 2010. *Chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti humusových látok pôd ako ukazovateľ antropogénnych zmien v ekosystémoch (lokality Báb a Dolná Malanta)*. Nitra. 2010. s. 8-34. ISBN 978-80-552-0329-4.
45. ŠIMANSKÝ, Vladimír et al. 2006. Influence of tillage system and fertilization on soil structure stability and chemical properties of Haplic Luvisol. In *Acta Phytotechnica et zootechnica*, roč. 9, 2006, č. 3, s. 75-80.
46. ŠIMANSKÝ, Vladimír et al. 2007. Vplyv obrábania na stabilitu pôdnej štruktúry vo vzťahu ku kvantite a kvalite pôdnej organickej hmoty. In *Agrochémia*, roč. 11, 2007, č.1, s. 27-30.
47. ŠIMANSKÝ, Vladimír et al. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In *Soil & Tillage Research*, 100, 2008, s. 125-132.
48. ŠIMANSKÝ, Vladimír – TOBIÁŠOVÁ, Erika. 2008. Distribúcia uhlíka vo vodoodolných agregátoch v závislosti od spôsobov obrábania a hnojenia pôdy. In *Ochrana a manažment poľnohospodárskej krajiny*. Bratislava : Ústav krajinnej ekológie SAV, 2008, s. 96-101. ISBN 978-80-89325-05-4.
49. ŠIŠKA, B. et al. 2002. *Praktická biometeorológia*. Nitra : SPU, 2002. 104 s.
50. TOBIÁŠOVÁ, Erika. 2010. *Pôdna organická hmota ako indikátor kvality ekosystémov*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2010. s. 19-39. ISBN 978-80-552-0459-8.
-

- 
51. TOBIÁŠOVÁ, Erika – ŠIMANSKÝ, Vladimír. 2009. *Kvantifikácia pôdných vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2009. s. 7-38. ISBN 978-80-552-0196-2.
52. TOBIÁŠOVÁ, Erika – ZAUJEC, Anton. 2004. *Biológia pôdy*. Nitra : SPU, 2004. 3 s.
53. VILČEK, Jozef – HRONEC, Ondrej – BEDRNA, Zoltán. 2005. *Enviromentálna pedológia*. 1. vyd. Nitra : SPU v spolupráci s VÚPOP, 2005. 8 s., 35 s., 40 s. ISBN 80-8069-501-6.
54. *Vyhláška č. 338/2005 Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdných vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdných vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch.*
55. ZAUJEC, Anton. 2006. Udržíme i v budúcnosti bioenergetický potenciál našich pôd? In *Od mapovania a hodnotenia pôd k udržateľným sústavám využívania pôdy a krajiny*. Bratislava : VÚPOP, 2006. s. 45-48. ISBN 80-89128-27-0.
56. ZAUJEC, Anton. 2007. Zmeny obsahov organickej hmoty v našich pôdach a ich dôsledky. In *Naše pole*, 2007, č.2, s. 32-33.
57. ZAUJEC, Anton et al. 2002. *Pedológia*. Nitra : SPU, 2002. s. 6-7, s. 13-32, s. 78-79.
58. ZAUJEC, Anton et al. 2009. *Pedológia a základy geológie*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2009. s. 87-103. ISBN 978-80552-0207-5.
59. ZAUJEC, Anton – ŠIMANSKÝ, Vladimír. 2006. *Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2006. 8 s. ISBN 80-8069-779-5.
60. *Zákon č.220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.*

---

## Prílohy

