

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

Evidenčné číslo : 2118864

Vplyv hnojenia biokalom na vlastnosti hnedozeme

Nitra 2010

Veronika Vinceová Bc.

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

Vplyv hnojenia biokalom na vlastnosti hnedozeme

Diplomová práca

Študijný program :	Produkcia potravinových zdrojov
Študijný odbor :	Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko :	Katedra pedológie a geológie
Školiteľ :	doc. Ing. Juraj Chlpík, PhD.

Nitra, 2010

Veronika Vinceová Bc.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Podpísaná Veronika Vinceová týmto prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému „Vplyv hnojenia biokalom na vlastnosti hnedozeme“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry. Predkladaná diplomová práca je pokračovaním mojej bakalárskej práce z roku 2008, ktorú som vypracovala na tému „Vplyv biokalu na vybrané fyzikálne a chemické vlastnosti hnedozeme“ a bezprostredne na ňu naväzuje.

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

V Nitre 13. mája 2010

.....
Veronika Vinceová Bc.

POĎAKOVANIE

Touto cestou si dovoľujem poďakovať doc. Ing. Jurajovi Chlpíkovi, PhD., vedúcemu mojej diplomovej práce za pomoc, ochotu a odborné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovávaní mojej diplomovej práce.

ABSTRAKT:

Diplomová práca je zameraná na riešenie aplikácie a vhodnosti alternatívnych zdrojov organickej hmoty – biokalu - do pôdy ako základného nositeľa produkčnej schopnosti pôdy. Získané výsledky analyzovaných kvalitatívnych parametrov mechanických a chemických vlastností pôdy, hodnotených v nadväznosti na metodiku riešenia a dobu časového trvania pokusu (2001 – 2009), umožňujú definovať niekoľko výsledných záverov z celej skúmanej problematiky. Sledovaným pôdnym subtypom bola Hnedozem kultizemná (HMa), výrazne ovplyvnená antropogénnou činnosťou. Najvýraznejšie pozitívne zmeny po aplikácii jednotlivých komponentov hnojív boli zaznamenané vo variante C s delenou aplikáciou biokalu. Priaznivý vplyv aplikácie biokalu sa výraznejšie prejavil v sledovaní hodnôt pôdnej reakcie (pH). Zastúpenie najpriaznivejších veľkostí štruktúrnych agregátov (0,5 – 3,0 mm) sa po aplikácii jednotlivých dávok a foriem organických hnojív prejavovalo rozdielne. Najvyššie množstvo týchto štruktúrnych agregátov bolo vytvorených vo variantoch E – 68,72 % a C – 66,18 %. Súčasne boli v týchto variantoch zaznamenané aj najvyššie koeficienty štruktúrnosti pôdy.

Kľúčové slová : hnedozem, biokal, humus, štruktúrnosť a vodoodolnosť agregátov

ABSTRACT:

The thesis aims at addressing the application and suitability of alternative sources of organic matter-EOU - biokalu - into the soil as the principal holder of the production capacity of the soil. The obtained results analyzed qualitative parameters of the mechanical and che-economic properties of soil, measured in relation to the methodology and solutions for Time-tion of the experiment (2001 - 2009), allow to define some of the conclusions resulting from the whole research. The reference soil subtype was luvisols kultizemná (HMA), greatly affected by widespread anthropogenic activity. The most significant positive changes after application of the various components of fertilizers have been reported in variant C divided biokalu application. The positive impact of the application biokalu is more pronounced in the pursuit of values of soil reaction (pH). Representation of the favorable size of structural aggregates (0.5 to 3.0 mm) after administration of single doses and forms of organic fertilizers, constituted differently. The highest number of structural aggregates were generated in variants E - C and 68.72% - 66.18%. Simultaneously in these variants also reported the highest rates štruktúrnosti land.

Key words : Haplic Luvisols, Decayed Waste, Humus, Structural and Water-resistant Agregates

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENIEJ ROBLEMATIKY	9
1.1 Agronomické prínosy využívania vyhnitého kalu po výrobe bioplynu ako organického hnojiva	9
1.2 Hlavné fyzikálne a chemické ukazovatele kvality pôdyChyba! Záložka není definována.1	
1.2.1 Pôdny humus.....Chyba! Záložka není definována.1	
1.2.2 Pôdna sorpcia	14
1.2.3 Pôdna reakcia.....	16
1.2.4 Fyzikálne vlastnosti	18
1.3 Charakteristika pôdneho typu (hnedozeme).....	19
2 CIEĽ PRÁCE	29
3 MATERIÁL A METODIKA	30
3.1 Materiál	30
3.2 Metodika.....	
Chyba! Záložka není definována.1	
4 VÝSLEDKY A DISKUSIA	Chyba! Záložka není definována.3
4.1 Hodnotenie sledovaných parametrov v pôdnych vlastnosti v období 2001-2006.....	35
4.2 Hodnotenie sledovaných parametrov v pôdnych vlastnosti v období 2006-2009.....	42
5 NÁVRH NA VYUŽITIE POZNATKOV	48
6 ZÁVER.....	49
7 POUŽITÁ LITERATÚRA	51

ÚVOD

Pôda je samostatný prírodno historický útvar podobný hornine, ale aj organizmu. Sú to stále meniace funkcie materských hornín, klímy, rastlinných a živočíšnych organizmov, reliéfu a nadmorskej výšky ako aj pôdneho veku. Hoci pôda predstavuje najtenšiu vrstvu geosféry, má pre ľudstvo nesmierny význam. Tvorí základ na tejto planéte a je jej významnou nenahraditeľnou zložkou.

Problémy výživy obyvateľstva je starý ako ľudstvo samo. Aj napriek neustálemu pokroku si takmer všetku potravu zabezpečujeme z pôdy. Pôda je základný výrobný prostriedok v poľnohospodárstve, ktorý sa líši od ostatných základných výrobných prostriedkov tým, že pri správnom obhospodarovaní sa jej hodnota neznižuje, ale naopak zvyšuje.

Výmery poľnohospodárskeho pôdneho fondu sú v jednotlivých krajinách rozdielne. Neustále zaznamenávame jeho úbytok z dôvodu využívania poľnohospodárskeho pôdneho fondu na nepoľnohospodárske účely. S neustálym nárastom počtu obyvateľstva vo svete budú stúpať aj požiadavky na množstvo potravín. Nárast poľnohospodárskej produkcie sa môže riešiť cestou intenzifikácie. Intenzifikáciu poľnohospodárskej výroby môžeme riešiť cez zvyšovanie úrodnosti pôd a jej zvyšovaniu produkčnej schopnosti v jednotlivých rozvinutých výrobných podmienkach, a tak môžeme prispieť k zlepšovaniu úrod poľnohospodárskych plodín.

Dôležitou úlohou pôdy je jej úrodnosť. Úrodnosť je ovplyvňovaná viacerými faktormi ako napríklad organickou zložkou humusu a jeho množstvom. Úrodnosť pôdy výrazne závisí od prírodných podmienok a spôsobu obhospodarovania pôd. Úrodnosť pôd môžeme chápať tiež ako komplex agrotechnických opatrení, ktoré sú navzájom prepojené. Obhospodarovanie pôdy sa u nás vyznačuje priemerne nízkym obsahom humusu. Pestovaním vysokoúrodných odrôd jednotlivých poľnohospodárskych plodín sa z pôdy odčerpáva veľké množstvo živín a organických látok. S týchto dôvodov je preto potrebné odčerpané živiny do pôdy dodávať vo forme organickej hmoty. Dodanie odčerpaných živín sa do pôdy dodáva zapracovaním organických hnojív. Výhodné sú priemyselné komposty alebo zelené hnojivá. Z ekonomického hľadiska je použitie týchto hnojív málo efektívne. Používanie týchto hnojív je nevýhodné aj z ekologickej stránky. Organickými hnojivami dochádza k znečisťovaniu nielen pôd a vôd ale aj ostatných zložiek životného prostredia. Zvyšky hnojív prechádzajú aj do pestovaných

plodín a prepojeným potravinovým reťazcom sa dostávajú do tela zvierat a človeka. Používaním priemyselných hnojív zároveň dochádza aj k narušeniu fyzikálno chemicko biologických vlastností pôdy.

V posledných rokoch vzrástol záujem obyvateľstva o otázky životného prostredie. Záujem je hlavne o zdravú výživu ľudí. Snahou je čo najlepšie využívať produkčnú schopnosť pôdy, hlavne vyváženým obsahom makro a mikroživín respektíve harmonickým pomerom a zabezpečením optimálnej výživy plodín. Z týchto dôvodov dochádza k neustálemu znižovaniu dávok priemyselných hnojív. Dobrou náhradou priemyselných hnojív je spôsob zaorávania maštalného hnoja. Veľmi dobrým riešením je využitie pozberových zvyškov poľnohospodárskych plodín, tráv a viacročných krmovín. Veľmi dobrým hnojivom je v súčasnosti vyhnitý kal. Použitie vyhnitého kalu má veľa priaznivých účinkov. Vyhnitý kal pôsobí priaznivo na štruktúru pôdy, zlepšuje hydrofyzikálne vlastnosti pôdy a má pozitívny vplyv na celkový vlhový režim pôdy.

1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Agronomické prínosy využívania vyhnitého kalu po výrobe bioplynu ako organického hnojiva

Skladovanie, manipulácia a využívanie hospodárskych hnojív v našich podmienkach stále nezodpovedá všetkým požiadavkám na trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby a vidieka v zmysle noriem EÚ. Takmer neustále sú pri manipulácii s maštalným hnojom, hnojovicou, močovkou a inými exkrementami prekračované rôzne limity znečisťujúcich látok v pôde, vode i v ovzduší. Riešením tejto nepriaznivej situácie je kvalifikované zhodnocovanie týchto hospodárskych hnojív pri znižovaní ich nepriaznivého účinku na životné prostredie a ich ekologicky prijateľné zapojenie do kolobehu živín a energie (*POSPÍŠIL, 2009*).

V Slovenskej republike absentuje širšie koncipovaný koordinovaný výskum v tejto oblasti. Nie sú k dispozícii vlastné viacročné poznatky o produkčných a mimoprodukčných účinkov vyhnutých substrátov po kontinuálnej výrobe bioplynu na pôdu, úroveň a kvalitu produkcie, zdravotný stav a výskyt škodlivých činiteľov s dôrazom na škodlivosť burín v porastoch. Kontinuálne spracovanie exkrementov na výrobu bioplynu nie je v SR overené, krátkodobé čiastkové výsledky z iných prevádzok neposkytujú komplexný pohľad na zmeny pôdneho prostredia, produkčné a mimoprodukčné vplyvy substrátu pri využívaní týchto alternatívnych zdrojov energie.

Bioplynová stanica na VPP Koliňany slúži na energetické využívanie živočíšnej a rastlinnej poľnohospodárskej biomasy. Súčasťou stanice sú dva bioreaktory – prevádzkový a experimentálny. Celý proces je riadený pomocou centrálného počítača, na monitore sú zobrazované všetky motory a regulačné prvky, ktoré sú regulované buď automaticky, alebo je možné aj manuálne nastavenie v prípade neštandardných surovín (*POSPÍŠIL, 2009*).

Vyhnitý kal po výrobe bioplynu je nepáchnuca, z hygienického hľadiska nezávadná, tmavá, amorfná neplastická heterogénna zmes suspendovaných a koloidných látok. Vzhľadom k priaznivému obsahu organických a anorganických látok je vhodný na priame hnojenie alebo kompostovanie.

Produkčné, ekologické a ekonomické prínosy využívania vyhnitého kalu v rastlinnej výrobe :

- Po spracovaní surových exkrementov v bioreaktore sa zvýši vo výstupnom kale obsah živín a organických látok oproti pôvodnému stavu 1,3 až 2,5 násobne.
- Využívaním vyhnitého kalu ako organického hnojiva dochádza k úspore nákladov na nákup priemyselných hnojív. Čistý prínos bioplynovej prevádzky predstavuje len prírastok živín, t.j. rozdiel v nich obsahu pred a po spracovaní. Pri odsírení bioplynu sa dostáva do vyhnitého kalu aj síra, ktorá je žiaduca najmä pri pestovaní olejní.
- Zvýšenou teplotou v procese metanogenézy (okolo 55°C) dochádza k eliminácii klíčivosti semien burín. Aplikáciou vyhnitého kalu nedochádza k zvyšovaniu zásoby semien burín v pôde klesajú požiadavky na nákup herbicídov.
- Vyhnitý kal je predovšetkým pohotovým zdrojom dusíka. Tento je z kalu fyziologický využiteľnejší než z minerálnych hnojív. Vyhnitý kal má pH 7,63 – 8,5 a neokysľuje pôdu, dochádza k lepšiemu využitiu fosforu z pôdy.
- Vyhnitý kal používaný na ľahkých a eróziou ohrozených pôdach zvyšuje ich objemovú hmotnosť, súdržnosť, vododržnosť a vodostálosť pôdnych agregátov. Riadenou aplikáciou kalu sa zlepšuje protierózna ochrana územia a zvyšuje sa obsah organickej hmoty v pôde.
- V procese metanogenézy dochádza k odbúraniu nepriaznivých pachov a devitalizácii škodlivých mikroorganizmov. Ďalším prínosom je aj dezodorizácia prostredia.
- Z hľadiska ochrany povrchových a podzemných vôd pod vyplavovaním dusíka v ňom obsiahnutý je menej pohyblivý než v minerálnych hnojivách. Pri správnom používaní vyhnitého kalu je znížené riziko kontaminácie podzemných a povrchových vôd.

- Využitie surových exkrementov na výrobu bioplynu a jeho následná transformácia na elektrickú a tepelnú energiu umožňuje znížiť alebo nahradiť používanie menej hodnotných a ekologicky neprijateľných palív.
- Celkový ekonomický prínos z prevádzky bioplynovej stanice spočíva v :
 - produkciu elektrickej energie a tepla
 - prírastku živín
 - úspory pesticídov

Hnojivové využitie vyhnitého biokalu znižuje nároky na potrebu priemyselných hnojív, výrazne redukuje požiadavky na pesticídy, zlepšujú sa hydrofyzikálne vlastnosti pôdy, čo má pozitívny vplyv na celkový vlhový režim pôdy (IGAZ, 2001). Z hľadiska nutnosti pri sledovaní a pri zovšeobecnení agronomických prínosov riadeného využívania vyhnitého kalu na hnojenie poľnohospodárskych plodín je nutné, založiť dlhodobé prevádzkové pokusy s rôznymi plodinami a aplikovanými dávkami vyhnitého kalu.

1.2 Hlavné fyzikálne a chemické ukazovatele kvality pôdy

1.2.1 Pôdny humus

Neživú organickú hmotu v pôde tvoria odumreté zvyšky organizmov a pôdny humus. Odumreté zvyšky vyšších rastlín, mikroorganizmov a živočíchov sú základným humusotvorným materiálom.

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 1500 Pg C. Hlavným zdrojom uhlíka pôdnej organickej hmoty sú rastliny - primárni producenti. Ročný vstup uhlíka do pôdy sa odhaduje na 90-130 Pg C. Organická hmota vstupujúca do pôdy vo forme rastlinných zvyškov a koreňových exudátov je v pôde zdrojom energie a živín pre pôdne organizmy. Činnosťou pôdnych 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 (ZAUJEC, 2009).

Najvýdatnejším zdrojom organických látok v pôde sú odumreté zvyšky vyšších zelených rastlín. Jednotlivé rastlinné spoločenstvá poskytujú odlišný materiál, čo do množstva, kvality a spôsobu uloženia (SOTÁKOVÁ, 1988).

Pod lesným porastom hlavným zdrojom organickej hmoty v pôde je lesná hrabanka (pri každoročnom prírastku 4 – 7 ton predstavuje zásobu až 50 ton.ha⁻¹). Korene drevín odumierajú v malom množstve, preto poskytujú len nepatrnú časť východzieho humusotvorného materiálu (HROŠŠO, 1956).

Pod bylinným porastom hlavným zdrojom humusotvorných látok sú korene, ktorých množstvo v 100 cm vrstve pôdy je 3 – 28 ton.ha⁻¹. Nadzemná časť bylín (0,5 – 13 ton.ha⁻¹) sa zberá človekom alebo sa spása zvieratstvom, preto jej podiel na tvorbe humusu je menší.

Množstvo organických zvyškov pôdných mikroorganizmov je malé, predstavuje hodnotu 0,2 – 0,75 ton.ha⁻¹. Podiel organických zvyškov pôdnej fauny je ešte menší, tvorí len 100 – 200 kg suchej hmoty.ha⁻¹).

Chemické zloženie organických zvyškov je rozdielne. Podstatnú časť masy tvorí voda (75 – 90 %). Sušinu vytvárajú predovšetkým cukry, bielkoviny, lignín, lipidy, vosky, smoly, triesloviny a ďalšie látky.

Okrem organických zlúčenín rastlinné zvyšky obsahujú i popoloviny (K, Ca, Mg, Na, Si, P, S, Fe, Al a i.). Trávy sú bohatšie na minerálne komponenty ako dreviny.

HANES (1997) uvádzajú, že dôležitým ukazovateľom kvality organických zvyškov je obsah dusíkatých zlúčenín. Najbohatšie na dusíkaté látky sú baktérie, ktorých suchá hmota obsahuje až 70 % bielkovín. Sušina rastlinných zvyškov obsahuje 5 – 20 % bielkovín a drevín len 0,5 – 1 %. Dreviny sú bohaté na lignín, smoly a triesloviny.

Rozdielne chemické zloženie rôznych organických zvyškov sa prejavuje v odlišnej intenzite rozkladu. Zvyšky drevín sa rozkladajú pomalšie ako zvyšky d'ateľovín, ktoré obsahujú až 20 % bielkovín.

I napriek nízkemu obsahu humusu v pôde, jeho význam v pôdotvornom procese a pri vytváraní úrodnosti pôd je veľký. Humusové látky a medziprodukty rozkladu organických zvyškov výrazne pôsobia na zmeny v mineralogickom, chemickom

a čiastočne i zrnitostnom zložení minerálov a hornín. Pritom z minerálov sa uvoľňujú dôležité komponenty pre výživu organizmov (*BEDRNA, HRAŠKO, SOTÁKOVÁ, 1968*).

Dôležitú úlohu má humus pri formovaní pôdneho profilu. V pôdach, kde vzniká veľa humínových kyselín (ktoré obyčajne zostávajú na mieste vzniku), vytvára sa výrazný humusový horizont, rôznej hĺbky (5 – 70 cm) s priaznivými vlastnosťami (z hľadiska úrodnosti pôd najdôležitejší horizont).

Na rozklade minerálov a migrácií produktov v profile pôd sa výraznejšie podieľajú fulvokyseliny a nízkomolekulárne kyseliny. To znamená, že s pôsobením týchto látok úzko súvisia i procesy illimerizácie, podzolizácie, vnútroprofilového zvetrávania a transformácie v pôdach.

V humuse a ostatných organických látkach sa zhromažďujú a rôzne dlho pretrvávajú všetky základné prvky výživy rastlín a mikroorganizmov, ktoré sa pri rozklade uvoľňujú. Zároveň sa vytvára CO₂, dôležitý pre fotosyntézu zelených rastlín. Organické látky majú aj veľkú biochemickú funkciu v pôde a zemskej kôre. Je dokázané, že veľká časť železa, hliníka, mikroelementov a vzácnych prvkov sa koncentruje a migruje v zemskej kôre vo forme zložitých organominerálnych zlúčenín. Akumulácia pochovaných foriem humusu, rašeliny, uhlia, podmieňuje koncentráciu uránu, germánia, vanádia, molybdénu, medi, mangánu, kobaltu, niklu a mnoho iných prvkov.

Zásluhou humusu sa zvetraná hornina mení na pôdu a nadobúda špecifickú vlastnosť úrodnosť. Úrodnosťou je daný kardinálny význam pôde ako základného výrobného prostriedku v poľnohospodárstve.

Vplyv humusu na úrodnosť je mnohostranný. V prvom rade treba vyzdvihnúť jeho účasť na tvorbe štruktúrnych agregátov, zlepšení pórovitosti, kyprosti, prevzdušnenosti a vodofyzikálnych vlastností. Ďalej má význam pri formovaní chemických vlastností (sorpcia, pufrovitosť a i.). Taktiež intenzita biochemických procesov v pôde je podmienená obsahom humusu. Humusové látky obsahom fyziologicky aktívnych zlúčenín (enzýmy, vitamíny, antibiotiká a i.) ovplyvňujú aj fyziologické procesy v rastlinách (*HRAŠKO, 1973*).

Vzhľadom na uvedené je nevyhnutné sústavne regulovať množstvo a kvalitu humusu v pôde. K hlavným opatreniam, smerujúcim k udržaniu a zvýšeniu množstva a kvality humusu v pôde patria : systematické zaprávanie do pôdy a v dostatočnom množstve organických hnojív vo forme maštalného hnoja, kompostov, zeleného hnoje-

nia, prípadne obilnej slamy, pestovanie d'ateľovín, vápnenie kyslých pôd, sadrovanie slancov, racionálne obrábanie a meliorovanie pôd.

Treba mať na zreteli, že v rôznych prírodných podmienkach na rôznych pôdach je potrebný rozdielny komplex opatrení na regulovanie obsahu a kvality humusu v pôde.

1.2.2 Pôdna sorpcia

Podstatná časť pôdných koloidov tvorí súčasť pevnej fázy pôdy vo forme pôdneho koloidného komplexu, v ktorom sú po zhlukované koloidy organického, minerálneho i biologického pôvodu. Pôdny koloidný komplex obsahuje koloidy nielen rôzneho pôvodu, ale i rôzneho stupňa disperznosti, aktívnosti a vlastností. Preto jeho jednotlivé súčiastky sa môžu rôznym spôsobom a rôznou mierou podieľať na javoch sorpcie, t.j. na schopnosti pútať a uvoľňovať látky z disperzného prostredia (pôdneho roztoku a pôdneho vzduchu) (*SOTÁKOVÁ* 1998).

Sorpčnou schopnosťou pôdy nazývame schopnosť pôdy zadržať (pútať, sorbovať) rozličné zlúčeniny alebo ich časti. Oblasť sorpčných javov v pôde ohraničujeme len na tie, ktoré sú spojené s koloidnou frakciou pôdy, ako s konkrétnym nositeľom a zdrojom sorpčných javov v pôde (*BEDRNA, HRAŠKO, SOTÁKOVÁ*, 1968).

Celková sorpčná kapacita (T) vyjadruje najväčšie množstvo katiónov v milimóloch, ktoré môže pútať jeden kilogram zeminy. Hodnota celkovej sorpčnej kapacity v pôde závisí predovšetkým od množstva koloidov a ich povahy (*HRAŠKO, BEDRNA*, 1988).

K. K. Gedrojc rozlišuje podľa spôsobu pútania látok v pôde nasledujúce formy sorpcie :

1. *mechanickú* – spočíva v mechanickom zadržiavaní hrubodisperzných častíc v jemných alebo uzavretých hrubších póroch pôdy. Pôda ako pórovitý systém obsahuje hrubé, tzv. transportné póry, ktorými sa pohybuje voda a v nej rozptýlené častice, ktoré sa pri pohybe vody postupne ukladajú a zadržiavajú v rozvetvených, prípadne uzavretých, tzv. adsorpčných póroch,

2. *fyzikálnu (adsorpciu)* – súvisí s povrchovými javmi, ktoré sa uskutočňujú na rozhraní fáz. S adsorpciou súvisí zvyšovanie alebo znižovanie koncentrácie molekúl na rozhraní pevnej fázy s pôdnym vzduchom. Pri adsorpcii sa znižuje voľná povrchová energia koloidného systému, čo súvisí alebo so zmenou povrchového napätia (pri adsorpcii povrchovo aktívnych látok), alebo so zmenšením celkovej povrchovej plochy,
3. *fyzikálno-chemickú, výmennú* – Gedrojc jej venoval najväčšiu pozornosť pre neobyčajný význam, a spočíva vo výmene iónov medzi pôdnym koloidným komplexom a pôdnym roztokom v ekvivalentných pomeroch. Energia výmeny katiónov a aniónov závisí od ich mocenstva, atómovej hmotnosti, veľkosti polomeru a koncentrácie. Priebeh výmenných reakcií závisí tiež od reakcie pôdneho roztoku,
4. *chemickú (absorpciu)* – spôsobuje nevratné pútanie iónov, predovšetkým aniónov, ktoré sú schopné vytvárať slabo rozpustné alebo nerozpustné zlúčeniny. Vyzrážané nerozpustné zlúčeniny sa môžu mechanicky zadržiavať v adsorpčných póroch a tak sa môžu stať súčasťou pevnej fázy,
5. *biologickú* – prejavuje sa prijímaním biogénnych prvkov koreňovým systémom vyšších rastlín a pôdnymi mikroorganizmami z pôdneho roztoku alebo z pôdneho koloidného komplexu. Ako zdôraznil Viľjams, ide predovšetkým o selektívnu sorpciu, pretože organizmy odoberajú z pôdneho prostredia len tie prvky, ktoré sú pre ne nevyhnutné. Ďalšou charakteristickou črtou tejto formy sorpcie je, že je to sorpcia dynamická a jej výsledkom je zabudovanie biogénnych prvkov do organických zlúčenín.

Sorpčná schopnosť a zloženie výmenných katiónov v pôde odráža priebeh pôdotvorného procesu a zároveň charakterizuje vlastnosti pôdy.

K hlavným výmenným katiómom v pôdach humídnej klímy mierneho pásma patria Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ a Al^{3+} . V menšom množstve sa vyskytujú draslík, sodík, železo, mangán a iné prvky. V orných pôdach je najviac zastúpený Ca^{2+} (viac ako 50 % zo sumy výmenných katiónov). V lesných pôdach je obsah výmenného Ca^{2+} podstatne nižší ako v orných pôdach. Niekedy dosahuje <10 % zo sumy výmenných katiónov. V tých pôdach prevládajú ióny H^+ a Al^{3+} (PZ, KM).

V pôdach arídnej klímy k hlavným výmenným katiónom okrem Ca^{2+} , Mg^{2+} patrí aj Na^+ , ktorý v niektorých pôdach môže mať dominujúce zastúpenie. Ak je obsah Na^+ >5 % zo sumy výmenných katiónov poukazuje to na proces slancovania pôd, ktorý sa prejavuje zvýšením obsahu výmenného sodíka v sorpčnom komplexe (slanec obsahuje > 20 % Na^+ zo sorpčnej kapacity).

Výmenné katióny pôdneho koloidného komplexu výrazne ovplyvňujú ako chemické procesy a biologickú aktivitu, tak aj fyzikálny stav a technologické vlastnosti pôd.

Pôdy s prevahou výmenného Ca^{2+} a Mg^{2+} majú optimálnu chemickú dynamiku a neutrálnu pôdnu reakciu. Humusové látky sú nasýtené Ca^{2+} a vytvára sa vodoodolná drobnohrudkovitá štruktúra. Pôdy majú vysokú tlmivú schopnosť, zmenám pH odolávajú aj prítomnosťou uhličitanu vápenatého a adsorbovanými dvojmocnými bázickými katiónmi (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Pôdy s prevahou výmenného H^+ a Al^{3+} , sú sorpčne nenasýtené (najčastejšie v humídnych oblastiach pod lesným porastom). Silné vylúhovanie zrážkovými vodami, ktoré zintenzívňujú aj organické kyseliny, spôsobuje stratu bázických katiónov a zvyšovanie adsorpcie iónov H^+ a Al^{3+} . Humus týchto pôd je nenasýtený, reakcia kyslá a štruktúra málo stabilná. Pri extrémne kyslom pH sa výrazne aktivizujú ióny Al^{3+} , Mn^{2+} a Fe^{2+} , ktoré pri vyššej koncentrácii v pôdnom roztoku pôsobia na rastliny toxicky.

Nepriaznivé vlastnosti majú aj pôdy s veľkým obsahom výmenného Na^+ (vznikajú v arídnych oblastiach). Adsorbovaný katión Na^+ vyvoláva intenzívnu a trvalú peptizáciu koloidov, čo nepriaznivo ovplyvňuje stav fyzikálnych vlastností pôdy. Reakcia pôdy je alkalická. Veľké množstvo výmenného Mg^{2+} tiež zvyšuje alkalitu pôdy, ktorá nepriaznivo ovplyvňuje pohyblivosť a prístupnosť niektorých živín v pôde (P, N).

Význam výmenných katiónov pre rastliny spočíva v tom, že ovplyvňujú celkový chemizmus, biologickú činnosť a fyzikálny stav pôdy a že sú v rôznom množstve sorbované rastlinami.

1.2.3 Pôdna reakcia

Pôdna reakcia významne ovplyvňuje vlastnosti pôd a je jedným z dôležitých ukazovateľov pôdnej úrodnosti. Zasahuje do mnohých pôdotvorných procesov a ovplyvňuje životnú činnosť pôdnych organizmov. Zároveň bezprostredne ovplyvňuje

hlavne rozpustnosť mnohých látok, prístupnosť živín, adsorpciu a desorpciu katiónov, biochemické reakcie, štruktúru pôdy a tým i fyzikálne vlastnosti, atď. (ČURLÍK, 2003). HOLOBRADÝ (1997) uvádza, že pôdna reakcia je funkciou a výsledkom pôdnej genézy, substrátu, klímy a antropogénnych vplyvov.

Pôdna reakcia je určovaná koncentráciou (aktivitou) vodíkových iónov, ktoré vo vodných roztokoch vytvárajú katióny H_3O^+ (BENKO, FECENKO, HANES, MASARYK, 1987).

SOTÁKOVÁ (1988) uvádza, že pôdna reakcia je určovaná koncentráciou (aktivitou) vodíkových iónov, ktoré vo vodných roztokoch vytvárajú katióny H_3O^+ . Aktivita hydratovaného iónu H^+ v roztoku je vysoká, čo potvrdzujú aj údaje o vytesňovacej sile iónov, ktorá súvisí s energiou adsorpcie. Iónový produkt vody (súčin koncentrácií obidvoch iónov) je pri normálnej teplote 10^{-14} . Pri rovnakej koncentrácii iónov, ktorá vyplýva z disociačnej rovnice, obsah katiónov H^+ sa rovná druhej odmocnine z iónového produktu – 10^{-7} g iónov/liter. Pri takejto koncentrácii H^+ iónov je reakcia neutrálna. V prípade, že je vo vode rozpustená kyselina, kyslá soľ alebo sa nachádzajú koloidy acidoidy, zvyšuje sa koncentrácia vodíkových iónov (disociáciou uvedených komponentov) a reakcia takéhoto roztoku je kyslá. Naopak, keď je vo vode rozpustená zásada, bázičná zlúčenina alebo koloidy bazoidy, tieto sa asociujú s iónmi H^+ , v dôsledku čoho koncentrácia vodíkových iónov je nižšia ako druhá odmocnina z iónového produktu vody a reakcia je alkalická. To znamená, že pôdna reakcia závisí od rovnovážneho stavu medzi disociáciou a asociáciou vodíkových iónov.

Koncentrácia vodíkových iónov vo vodnom výluhu môže byť od 10^{-14} do 10^0 . Takéto vyjadrovanie koncentrácie je nepraktické, preto Sørensen zaviedol index pH, čo je záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov ($pH = -\log_{10} /H^+ /$). Preto pri koncentrácii H^+ iónov 10^{-7} je pH 7 (neutrálna reakcia), $1 > 10^{-7}$ pH 0 – 7 (kyslá reakcia) a $< 10^{-7} - 10^{-14}$ pH 7 – 14 (alkalická reakcia) (HANES, SISÁK, 1980).

V pôde sa vodíkové ióny nachádzajú buď v pôdnom roztoku (vo vodnom extrakte) aktívna reakcia (aktuálna forma) alebo sú adsorbované pôdnymi koloidmi, z ktorých sa výmenou uvoľňujú do pôdneho roztoku pôsobením roztokom elektrolytu – výmenná reakcia (potenciálna forma). Obidve formy reakcie sa vzájomne ovplyvňujú. Koncentrácia vodíkových iónov v pôde sa vyjadruje ako kyslá, neutrálna a alkalická reakcia hodnotami pH alebo ako titračná hodnota kyslosti, prípadne alkality pôdy v mmol na kg zeminy. Tento druhý spôsob sa spravidla používa pri stanovení acidity alebo výmennej alkality.

1.2.4 Fyzikálne vlastnosti

Skúmaním fyzikálnych procesov, režimov a vlastností pôd, ako aj spôsobov ich usmerňovania sa zaoberá fyzika pôdy.

Fyzikálne vlastnosti významne ovplyvňujú funkcie pôd a aj ekosystémov. Vplývajú na chemické aj biologické vlastnosti pôd a určujú spôsoby ich obhospodarovania. Úspech, alebo zlyhanie poľnohospodárskych a inžinierskych projektov často závisí na fyzikálnych vlastnostiach pôdy. Aj výskyt a rast mnohých rastlinných druhov, pohyb vody, vzduchu, energie a hmoty v pôde alebo po jej povrchu sú úzko späté s fyzikálnymi vlastnosťami.

Pôda je pórovitý systém a obsahuje tri fázy: pevnú, kvapalnú a plynnú. Každá pôda je charakteristická súborom fyzikálnych vlastností, ktoré sú podmienené disperzitou pôdných častíc, ich priestorovým usporiadaním a vzájomnými vzťahmi medzi pevnými časticami, kvapalnou a plynnou fázou pôdy, ktoré vyplývajú z fyzikálnych javov, t. j. zákonov fyziky (FULAJTÁR, 2006). Fyzikálne vlastnosti podľa vzťahu k pôde a funkčnosti členíme na dve skupiny:

- *Základné vlastnosti* - sú úzko spojené s priestorovým usporiadaním pôdnej hmoty a kvalitou pôdy. Patria k nim zrnitostné zloženie pôdy, merná a objemová hmotnosť, štruktúrnosť a pórovitosť.
- *Funkčné vlastnosti* - závisia od základných a sú výsledkom funkcie pôdy, ako prostredia obývaného rastlinami, mikroorganizmami a živočíchmi. Charakterizujú vzťah pôdy k vode, vzduchu, teplu a fyzikálno-mechanickým (technologickým) vlastnostiam. Zaraďujeme k nim vodný, vzdušný a tepelný režim, a z technologických vlastností pôdy súdržnosť, lepivosť, konzistenciu, plasticitu, napučíavanie, usadanie, orbový odpor, zrelosť pôdy a iné.

HRAŠKO, (1968) charakterizujú fyzikálne vlastnosti ako celý súbor vlastností pôdy podmienených disperznosťou elementárnych častí a vzájomným vzťahom medzi pevnými čiastočkami, pôdnym roztokom a vzduchom.

Medzi základné fyzikálne vlastnosti patria merná hmotnosť, objemová hmotnosť, pórovitosť a štruktúrnosť.

Merná hmotnosť (ZAUJEC, 2002) vyjadruje hmotnosť objemovej jednotky (napr. m^{-3}) pevnej fázy pôdy bez pórov a vody. Taktiež ju môžeme charakterizovať ako 1 m^{-3} pôdnej hmoty bez pórov a vody, ktorú vyjadrujeme v t.m^{-3} . Jej hodnota závisí od mineralogického zloženia a od obsahu humusu v pôde. Hodnoty mernej hmotnosti našich pôd sa pohybujú v intervale 2,35-2,75 t.m^{-3} .

Objemová hmotnosť je hmotnosťou objemovej jednotky pôdy (1 m^{-3}) v prirodzenom uložení. Jej hodnoty sú nižšie ako hodnoty mernej hmotnosti, pretože vyjadrujú hmotnosť nielen pevných častíc, ale aj kvapalnej a plynnej fázy pôdy, ktorá ovplyvňuje pôdne póry. Objemová hmotnosť vyjadrená v t.m^{-3} závisí predovšetkým od priestorového usporiadania pôdnych častíc, od zrnitostného zloženia, štruktúry a momentálneho obsahu vzduchu a vody v pôde.

Pórovitosť vyjadruje sumárny objem všetkých pórov a medzier nachádzajúcich sa medzi pevnými časticami vyjadrený v % k celkovému objemu pôdy v neporušenom stave. Nestanovuje sa priamo, ale vypočítame ju s hodnôt mernej a objemovej hmotnosti.

Hodnota pórovitosti v orných pôdach v humusovom horizonte by nemala klesnúť pod 50 %.

Štruktúrnosť vyjadruje spôsob vnútornej organizácie elementárnych pôdnych častíc – agregátov. Z hľadiska poľnohospodárskej výroby je vytvorenie správnej štruktúry pôdy dôležité najmä pri predsejbovom obrábaní pôdy, pretože následné zmeny už počas vegetácie sú veľmi obmedzené. Pre intenzívne využívané pôdne typy je charakteristické vytváranie drobnohrudkovitej štruktúry, ktorá pozostáva z agregátov guľovitého tvaru a ich veľkosti 0,25 – 10 mm.

1.3 Charakteristika pôdneho typu (hnedozem)

NOVÁK (1953) uvádza, že hnedozem vznikla silnejším zvetrávaním materských hornín, pri ktorom už prebieha čiastočný rozpad minerálnej časti sorpčného komplexu. Sesquioxidy a kyselina kremičitá sa u hnedozemí nevytlúhujú do nižších horizontov,

zvetrávaním zostávajú na mieste svojho vzniku. Podhumusová vrstva je väčšinou sfarbená na hrdzavohnedo.

Pre hnedozem je typické, že tento pôdny typ je rozšírený v pahorkatinách a v nízko položených kotlinách v nadmorských výškach 150 – 300 m n. m., kde priemerná ročná teplota dosahuje 8 – 9 °C a zrážky 600 – 700 mm za rok. Vznikla na sprašiach, sprašových hlinách a svahovinách, kde pôvodný porast tvorili dlhší čas teplomilné dúbavy a dubovo hrabové lesy. Lesy mali pomerne hustý trávny porast bujnější najmä na presvetlených miestach, postupne sa vysušali a dnes je takmer celá oblasť pod poľnohospodárskou pôdou (*BEDRNA, HRAŠKO, SOTÁKOVÁ, 1968*).

Rozsiahle plochy hnedozeme zaberajú najmä na Trnavskej, Nitrianskej, Žitavskej, Ipeľskej, Hronskej a Chvojnickej pahorkatine. Na menších plochách na Ipeľskej, Rimavskej, Košickej kotline a na Cerovej vrchovine. V oblasti Východoslovenskej nížiny sa hnedozeme vyskytujú na Podslanskej pahorkatine (*FULAJTÁR, 1986*).

Pod lesom sa v týchto pôdach hromadil kyslý humus, nastávalo vylúhovanie karbonátov, intenzívne zvetrávanie minerálov a vertikálny posun ílovitých častíc (ilimerizácia). Ilimerizácia ako hlavný pedogenetický proces prebiehal v hnedozemiach pri periodicky premyvnom vodnom režime, ktorý sa nasledujúcou dlhodobou kultiváciou značne utlmil. Hnedozeme patria medzi naše najviac skultúrené pôdy (*BEDRNA, 1968*).

Prejavom ilimerizácie je translokácia minerálnych koloidov s veľkosťou častíc 0,002 mm. Translokáciou ílu sa tak vytvoril v pôdnom profile ochudobnený eluviálny a výrazne obohatený iluviálny horizont. Hnedozeme preto majú plytký, mierne humózný horizont, sivohnedý, ktorého hrúbka 0,25 – 0,30 m je zväčša zhodná s hĺbkou ornice.

Textúrny (ílom obohatený) iluviálny horizont, ktorý má hrdzavohnedú farbu, mierne zhutnenú konzistenciu, polyedrickú štruktúru a zníženú priepustnosť pre vodu, nasleduje pod humusovým horizontom. Substrát tvoria spraše, sprašové hliny, svahové hliny a neogénne sedimenty. Nasýtenie sorpčného komplexu, zlepšenie kvality humusu a slabokyslá až neutrálna pôdna reakcia v hnedozemiach sa dosiahla prostredníctvom výraznej kultivácie (*FULAJTÁR, 1986*). Veľká pozornosť a štúdium hnedozemí nielen u nás, ale aj v zahraničí sa venovala z dôvodu rozšíreného výskytu v stredoeurópskych oblastiach (*NĚMEČEK, SMOLÍKOVÁ, KUTÍLEK, 1990*).

Podrobný prehľad o kvantitatívnom zložení poľnohospodárskeho pôdneho fondu ako celku, ale aj prehľad o geografickom rozšírení jednotlivých skupín pôdnych typov

a pôdných druhov, vrátane ich plošného výskytu v jednotlivých prírodných oblastiach Slovenska, sme zistili vykonaním komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd v rokoch 1961 – 1970 a ich zmapovaním do pôdných máp v mierke 1 : 10 000. Stručná charakteristika poľnohospodárskych pôd, vrátane hnedozemí, na základe výsledkov komplexného prieskumu pôd a aspektov zvyšovania úrodnosti pôd, bola vypracovaná *HRAŠKOM* (1975).

NOVÁK (1960) charakterizoval hnedozem ako pôdu, ktorá tvorí prechod z nížin do podhorí. Najtypickejšia je vyvinutá na spraši, ale v niektorých prípadoch ako napr. v lesných oblastiach pod listnatými stromami býva vytvorená na rôznych substrátoch s charakterom hnedej lesnej pôdy. Hnedozem ornej pôdy má mierne kyslú až neutrálnu reakciu, obsah humusu okolo 2 %, sorpčný komplex je nasýtený.

HRAŠKO (1975) označuje hnedozeme ako hlavný klimatický makrotyp, ktorý prevláda v semihumídnych obvodoch s nadmorskou výškou 250 – 400 m n. m., kde sú súčasne fytogénnym typom, ktorý vznikol pod pôvodným porastom listnatých lesov. Tvorba hnedozemí nie je viazaná na určitý substrát.

Vyvíjanie hnedozeme v ilimerizačnom štádiu pôdotvorného procesu (v oblastiach bývalých dúbav, najčastejšie na sprašiach, na ťažkých karbonátových pokryvoch a sprašových hlinách), uvádza *SOTÁKOVÁ* (1981).

PRAX (1990) popisuje hnedozem ako trojfázový pôdny typ s vyvinutými tromi horizontmi. Humusový horizont je vždy s menším obsahom humusu ako u černoze. Kryje sa s ornica a siaha do hĺbky 20 - 30 cm, je šedohnedej farby. Tiež prechádza do iluviálneho horizontu, ktorý je hnedý až hrdzavohnedý, homogénny bez farebných škvŕn, kockovitej a hranolovitej štruktúry. Jeho mocnosť dosahuje u našich pôd až 80 cm. Prechádza do materskej horniny.

HRAŠKO (1975) uvádza, že hnedozeme majú 3 horizonty : humusový, iluviálny a vlastný pôdotvorný substrát. Hnedozeme nikdy neobsahujú v pôdnom profile uhličitany, majú plyšší humusový horizont, nižší humusový horizont (1,5 – 2,5 %), sú spravidla slabokyslé s nasýtenosťou sorpčného komplexu okolo 75 %. Sú to hlinito až ílovitohlinité pôdy s charakteristickým znakom zrnitostne ťažším podorničím ako ornica. Hnedozem luvická, jej diferenciácia textúry pôdneho profilu je výraznejšia, a ak dochádza k periodickému prevlhčovaniu vrchnej časti pôdy v dôsledku pre vodu slabšie priepustného podorničia v oblastiach s väčším množstvom zrážok, môže sa vyvinúť aj hnedozem pseudoglejová.

Podľa *SOTÁKOVEJ* (1981) sa hnedozeme sformovali ilimerizáciou v podmienkach periodicky premyvneho typu vodného režimu a intenzívnej kultivácie. V niektorých hnedozemiach sa prejavuje ilimerizácia špecificky tak, že na translokáciu koloidov majú výraznejší vplyv humusové látky, ktoré podmieňujú zvýšenie lyofilnosti koloidov a prahu koagulácie, čo umožňuje migráciu koloidov pri vyššej koncentrácii pôdneho roztoku a neutrálnej reakcii.

Skultúrené hnedozeme sú vhodné na pestovanie náročnejších plodín. Pre možnosť výrazného poklesu humusu a zvýšenia podielu fulvokyselín, treba chrániť povrch pôdy pred eróziou (*SOTÁKOVÁ*, 1982).

Podľa *ŠÁLYHO* (1978) sú hnedozeme vyvinuté na sprašiach a na slienitých neogénnych pieskovcoch v nížinných a pahorkatinových oblastiach pod listnatými lesnými porastmi.

Hnedozem, slabo oglejená, sa najčastejšie vyskytuje na zvrstvených substrátoch, s vyšším obsahom ílu (*SOTÁKOVÁ*, 1988).

NAJMR, TJAGLO, ŠPIČKA, JANOVSÝ (1956) charakterizujú hnedozem ako trojfázový pôdny typ, pričom iluviálny horizont je obohatený vylúhovacím procesom o ílovité častice. Materská hornina je spraš s vysokým obsahom uhličitanov.

Podľa *ZAUJECA* (2002) vznikla hnedozem silnejším zvetrávaním materských hornín, pri ktorom už prebieha čiastočný rozpad minerálnej časti sorpčného komplexu. Sesquioxidy a kyselina kremičitá sa u hnedozemí nevytlúhujú do nižších horizontov, zvetrávaním zostávajú na mieste svojho vzniku. Podhumusová vrstva je väčšinou sfarbená na hrdzavohnedo alebo jasnohnedo, čo spôsobuje jemný povlak hydroxidu železitého. Hnedozem sa vyskytuje najmä v oblastiach s priemernou ročnou teplotou 7 – 8,5 °C, s priemernými ročnými zrážkami 550 – 700 mm.

ZAUJEC (2009) uvádzajú, že hnedozeme sú po černozemiach a černiciach našimi najúrodnejšími pôdami, umožňujúcimi značnú pružnosť osevného postupu. Sú úrodné pôdy vyhovujúce širšiemu sortimentu rastlín. Pri dodržiavaní správnych zásad obrábania a hnojenie sa z nich stáva dobrý produkčný typ, vhodný pre pestovanie väčšiny bežných poľnohospodárskych plodín – hlavne obilnín. Za dobré "pšeničné" pôdy pri intenzívnom hnojení a vápnení, môžeme považovať hnedozeme na sprašiach, hnedozeme na sprašových hlinách, kde sa darí kukurici, tabaku, repke olejnej, cukrovej repe, maku, lucerne a ľanu. Dôležité je časté pestovanie viacročných krmovín, vzhľadom na nedostatok humusu a často aj pomerne plytký humusový horizont. Sú vhodné na založenie ovocných sádov, najmä tam, kde povrchové vrstvy sú štrkovité,

ako aj na založenie krmovinového osevného postupu. Darí sa na nich aj hrachu, fazuli. V súčasnosti platný „Morfo genetický klasifikačný systém pôd Slovenska,, uvádza nasledovné subtypy a formy hnedozemí:

Subtypy:

- Hnedozem modálna – HMm: bez ďalších podpovrchových diagnostických horizontov s koeficientom textúrnej diferenciacie B- horizontu 1,2 – 1,6
- Hnedozem kultizemná – HMa: s kultizemným ornicoým Akp – horizontom do hĺbky 35 cm
- Hnedozem luvizemná – HMI: ale s intenzívnejšou translokáciou koloidov v dôsledku výraznejšieho premývania pôdy povrchovými vodami. Bt- horizont je hrubší, s väčším obsahom koloidných zložiek a s tvorbou náznaku eluviálneho E- horizontu svetlejšej farby, ochudobneného o minerálne a organické koloidy. Koeficient textúrnej diferenciacie medzi E a Bt- horizontom je 1,6 až 2,2
- Hnedozem pseudoglejová – HMg: s luvickým mramorovým Btg- horizontom aspoň v časti B- horizontu, s plošným obsahom v matrici 10 – 80%
- Hnedozem rubifikovaná – HMr: s luvickým Bt- horizontom na rubifikovaných viacčlenných substrátoch.

Štúdiu hnedozemí sa nielen u nás, ale i v zahraničí venovala, a aj venuje veľká pozornosť, pretože hnedozeme sú najviac rozšírené hlavne v stredoeurópskych oblastiach (NĚMEC, 1954). V zahraničnej (ANTIPOV–KARATEJEV, 1947, KUBIENA 1953, STEFANOVITS, 1961) i domácej literatúre (BEDRNA, HRAŠKO, SOTÁKOVÁ 1968, HROŠŠO, 1958, KOSIL, 1956, NĚMEČEK, 1981, PELÍŠEK, 1967, ŠÁLY, 1960) nachádzame bohatý teoretický aj experimentálny materiál o hnedozemiach.

KUNDLER (1957) po vyhodnotení obsiahlej literatúry o hnedozemiach navrhuje priznať samostatnosť hnedých lesných pôd ako podtriedy, vyskytujúcich sa v humídnych oblastiach miernej klímy pod listnatými lesmi s bohatým bylinným a trávny m spoločensvom.

Pre naše prechodné obdobie označuje hnedozeme KOSIL (1978) ako hlavný klimatický makrotyp, ktorý prevláda v semihumídnych obvodoch s nadmorskou výškou 250 – 400 m, kde sú súčasne fyto genným typom, ktorý vznikol pod pôvodným

porastom listnatých lesov. Tvorba hnedozemí nie je viazaná na určitý substrát ako u černozezí, ale vytvára sa na najrozmanitejších materských horninách.

KOSIL (1962) uvádza, že hnedozeme sa vyvíjajú v ilimerizačnom štádiu pôdotvorného procesu. Sú rozšírené v oblastiach bývalých dúbrav, najčastejšie na sprašiach, na ťažkých karbonátových pokryvoch a sprašových hlinách.

HROŠŠO (1956) popisuje hnedozem ako trojfázový pôdny typ s vyvinutými tromi horizontmi. Humusový horizont je vždy s menším obsahom humusu ako u černozezí. V kultúrnych pôdach sa kryje s orniceou a siaha do hĺbky 20 – 30 cm, je šedohnedej farby, ktorá je dosť nestála. Humusový horizont náhle prechádza do iluviálneho horizontu, ktorý je hnedý až hrdzavohnedý, homogénny bez farebných škvŕn, kockovitej a hranolovitej štruktúry. Jeho mocnosť dosahuje u našich pôd až 80 cm. Iluviálny horizont postupne prechádza do materskej horniny.

Podľa *MALÁČA* (1962) vznikla hnedozem silnejším zvetrávaním materských hornín, pri ktorom už prebieha čiastočný rozpad minerálnej časti sorpčného komplexu. Sesquioxidy a kyselina kremičitá sa u hnedozemí nevytlúhujú do nižších horizontov, zvetrávaním zostávajú na mieste svojho vzniku. Podhumusová vrstva je väčšinou sfarbená na hrdzavohnedo alebo jasnohnedo, čo spôsobuje jemný povlak hydroxidu železitého. Hnedozem sa vyskytuje najmä v oblastiach s priemernou ročnou teplotou 7 – 8,5 °C, s priemernými ročnými zrážkami 550 – 700 mm.

HRAŠKO (1973) uvádza, že hnedozeme majú 3 horizonty: humusový, iluviálny a vlastný pôdotvorný substrát. Na rozdiel od černozezí hnedozeme nikdy neobsahujú v pôdnom profile uhličitaný, majú plyšší humusový horizont, nižší obsah humusu (1.5 – 2.5 %), sú spravidla slabokyslé s nasýtenosťou sorpčného komplexu okolo 75 %. Sú to prevažne hlinito až ílovitohlinité pôdy, ktorých charakteristickým znakom je to, že podorničie je vždy zrnitostne ťažšie ako ornica. Ak je diferenciácia textúry pôdneho profilu výraznejšia, nazývame takúto hnedozem luvickou, a ak dochádza k periodickému prevlhčovaniu vrchnej časti pôdy v dôsledku pre vodu slabšie priepustného podorničia v oblastiach s väčším množstvom zrážok, môže sa vyvinúť aj hnedozem pseudoglejová.

Podľa *SOTÁKOVEJ* (1981) sa hnedozeme sformovali ilimerizáciou v podmienkach periodicky premyvneho typu vodného režimu a intenzívnej kultivácie. V niektorých hnedozemiach sa prejavuje ilimerizácia špecificky, a to tak, že na translokáciu koloidov majú výraznejší vplyv humusové látky, ktoré podmieňujú

zvýšenie lyofilnosti koloidov a prahu koagulácie, čo umožňuje migráciu koloidov pri vyššej koncentrácii pôdneho roztoku a neutrálnej reakcii.

Mocnosť humusového horizontu môže byť veľmi rozmanitá, pretože hnedozeme pahorkatín a miernych svahov ovplyvňuje erózia. Ornicu často tvorí nielen humusový, ale aj eluviálny horizont, prípadne časť iluviálneho horizontu. Táto skutočnosť podmieňuje značné kolísanie obsahu humusu v ornici od 1.3 do 2.5 %, čo predstavuje 1.0 – 1.4 % Cox. Celková hĺbka profilu môže byť 0.7 – 1.0 m. V profile obsah humusu postupne klesá a v hĺbke 0.5 m už predstavuje iba 0.5 % Cox. Výraznejší pokles obsahu humusu v iluviálnom horizonte je charakteristický pre slabo skultúrenú hnedozem luvizemnú.

Typické hnedozeme a hnedozeme luvizemné sa vyznačujú nižším obsahom humínových kyselín, obyčajne menej ako 25 %, pričom sa ich obsah smerom do hĺbky znižuje. Typické hnedozeme majú pomer CHK : CFK asi 1.5 – 1.0, niekedy aj menej. Slabšie skultúrené a luvizemné subtypy hnedozemí majú nižší obsah humínových kyselín (10 – 20 %), často so zvýšeným podielom voľných humínových kyselín (3 – 10 %), preto aj pomer CHK : CFK je menší ako 1.0. Podstatne kvalitnejší humus majú černozemné hnedozeme s vyšším podielom humínových kyselín (30 – 40 % z celkového Cox), ktorých obsah s hĺbkou vzrastá na 40 – 50 %, takže pomer CHK : CFK dosahuje hodnoty 1.5 – 2.0. Skultúrené hnedozeme sú sorpčne nasýtené. Stupeň nasýtenosti môže byť vyšší ako 80 %, majú slabokyslú až neutrálnu reakciu, ktorá s hĺbkou profilu stúpa. Iba hnedozeme na ľahších substrátoch s nižším obsahom humusu, s celkovo plytším profilom majú nižší stupeň nasýtenosti, kyslejšiu reakciu a v humusových látkach nadobúdajú prevahu fulvokyseliny. Podobne v hnedozemiach pod lesným porastom je nižší obsah humusu a prevládajú v ňom fulvokyseliny. Pre hnedozeme je typické, že práve kultiváciou, najmä hnojením organickými hnojivami a vápnením, sa zvýšil obsah humusu a podiel humusových kyselín.

Skultúrené hnedozeme patria k úrodným pôdam vhodným na pestovanie aj náročnejších plodín. Pre nebezpečenstvo erózie, a teda možnosť výrazného poklesu humusu a zvýšenia podielu fulvokyselín, treba chrániť povrch pred eróziou. Najúčinnjšie je pestovanie viacročných krmovín, pravidelné hnojenie organickými hnojivami a privápnovanie (SOTÁKOVÁ, 1986).

Zrnitostné zloženie hnedozemí závisí od zrnitosti pôdotvorných substrátov a od intenzity translokácie ílu v profile. Translokáciou ílu dochádza k textúrnej diferenciacii

pôdy a až k zmene ich zrnitosti. Typické hnedozeme na sprašiach sú hlinité v celom profile. Hnedozeme na sprašových a svahových hlinách a ilimerizované hnedozeme majú hlinité len ornice, iluviálne horizonty sú prevažne ílovitohlinité.

Typické hnedozeme majú v orniciach optimálny, v priemere 19 – 20 % obsah ílu. V ílu-viálnom horizonte sa íl v dôsledku translokácie zvyšuje v priemere na 25 - 29 % a dosahuje tak hornú hranicu vyhovujúceho obsahu. Textúrna diferenciácia profilu je slabá. Obsah prachovej frakcie, ktorý sa prevažne pohybuje v rozmedzí 40 – 50 %, zodpovedá bežnému obsahu pôd sprašových pokryvov. Vyšší obsah prachu možno pozorovať najmä v orniciach pôd na sprašových a svahových hlinách.

Luvizemné hnedozeme sa v dôsledku výraznejšieho procesu eluviácie a translokácie ílu vyznačujú najmä nižším obsahom ílu v orniciach a pomerne väčším obsahom ílu v iluviálnom horizonte. Proces eluviácie nie je taký výrazný, aby sa vytvoril samostatný eluviálny horizont. Vzniká prechodný E/Bt horizont, v ktorom je obsah ílu oproti ornici zreteľne vyšší. Luvizemné hnedozeme majú vyšší obsah prachu v ornici ako v ostatných subtypoch.

Z uvedeného vyplýva, že celkové zrnitostné zloženie hnedozemí možno klasifikovať ako dobré. Dostatočne vysoký obsah ílu a primeraný obsah prachu v orniciach priaznivo ovplyvňujú aj ďalšie fyzikálne vlastnosti. Zrnitostné zloženie iluviálneho horizontu charakterizuje výrazne vyšší obsah ílu, ktorý podmieňuje prirodzené zhutnenie a zníženie jeho priepustnosti pre vodu.

Z hľadiska mikroagregátového zloženia majú sledované subtypy odlišné štruktúrne vlastnosti. Typické hnedozeme na sprašiach majú podľa hodnôt Ca (obsah vodoodolných mikroagregátov) a Kd (obsah neskoagulovaného ílu) a obsahu frakcie < 0,001 mm celkovo priaznivú mikroštruktúru. Stredný obsah vodoodolných mikroagregátov (Ca = 22 – 23 %), nízky podiel neskoagulovaného ílu (Kd = 10,8 %), ako aj nízky obsah frakcie < 0,001 mm sú z agronomického hľadiska v hnedozemiach priaznivé. Mikroštruktúra sa vyznačuje menej priaznivými vlastnosťami. Je to nízky obsah vodoodolných mikroagregátov s vyšším obsahom neskoagulovaného ílu (Kd = 15 %).

Z hľadiska technologických vlastností ornice hnedozemí patria k dobre spracovateľným pôdam. Najvhodnejšia vlhkosť pre obrábanie sa pohybuje okolo 22 – 34 %, lepenie zeminy na náradie začína pri 34 – 37 % a stekutenie pri 57 – 61 % vlhkosti. Technologické vlastnosti podornicových vrstiev v porovnaní s orniciami sú len mierne vyššie, vrátane čísla plasticity.

Pomerne homogénne zrnitostné zloženie hnedozemí sa odráža aj na ich fyzikálnych vlastnostiach. Fyzikálne vlastnosti hnedozemiach sú pomerne vyhovujúce. Objemová hmotnosť orníc neprevyšuje hodnotu $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$, nižšie v profile je už táto hodnota často vyššia, najmä v subtype Hm na sprašiach. Celková pórovitosť v orniciach dosahuje objem 45 % , nižšie v profile len mierne klesá pod 45 %. Objem kapilárnych pórov je tu už vysoký, preto aj minimálna vzdušná kapacita v podornicových horizontoch klesá pod vyhovujúcich 10 %. Optimálna hodnota je 11 – 13 %.

Hydrofyzikálne vlastnosti hnedozemí možno tiež hodnotiť ako priaznivé. Je to predovšetkým maximálna kapilárna vodná kapacita, ktorá v orniciach len mierne klesá pod 35 % a v ostatných horizontoch túto hodnotu spravidla prevyšuje. Tým sa vytvárajú predpoklady pre akumuláciu a retenciu dostatočných množstiev vody v pôdnom profile a pre jej postupné uvoľňovanie. Uvedené hodnoty KMK a nie príliš vysoký bod vädnutia podmieňujú vysokú prístupnosť pôdnej vody pre pestované rastliny a vytvárajú vysokú využiteľnú vodnú kapacitu. Jej hodnoty sa v hrúbke 1 m pôdneho profilu pohybujú v rozpätí 180 – 215 mm vody, t. j. $1800 - 2150 \text{ m}^3 \text{ vody.ha}^{-1}$. Ornice hnedozemí v dôsledku nízkeho obsahu humusu (1,5 %), postupnej eluviácie ílových častíc a neprítomnosti karbonátov sú náchylné na ulíhanie a na sekundárne zhutňovanie. Predovšetkým v letných a suchých obdobiach dochádza na hnedozemiach v teplých oblastiach k výraznému stvrdnutiu orníc a k zvýšeniu objemovej hmotnosti.

Režim vlhkosti hnedozemí ako automorfných pôd predovšetkým určuje charakter klímy, ktorá je na zrážky v oblastiach rozšírenia hnedozemí mierne bohatšia. Ďalší činiteľ, ktorý ovplyvňuje režim pôdnej vlhkosti, je stratigrafická stavba profilu a hydrofyzikálne vlastnosti jednotlivých horizontov. Je to predovšetkým krátky, mierne humózný, slabo štruktúrny humusový a ílom obohatený iluviálny horizont, ktorý svojimi vlastnosťami ovplyvňuje najmä pohyb a retenciu vody v pôdnom profile. Nižšia retenčná vodná kapacita humusového horizontu a znížená priepustnosť iluviálneho horizontu spôsobujú prevlhčenie až stagnáciu gravitačnej vody.

Charakteristickým rysom hnedozemí je sezónne prevlhčenie pôdy až stagnácia gravitačnej vody v pôdnom profile. Ďalšou charakteristickou črtou režimu vlhkosti hnedozemí ako pôd teplých oblastí je odlišná dynamika vlhkosti vädnutia. Na celkovom obsahu vody v pôde sa významnou mierou podieľa aj pestovaná plodina. Plodiny s dlhou vegetačnou dobou, napr. cukrová repa, odčerpávajú z pôdy podstatne viac vody než ostatné plodiny. Pôdny profil má preto zreteľne nižšiu vlhkosť.

V suchších a normálnych vegetačných obdobiach sa obsah vody v ornici častejšie blíži k bodu vädnutia, resp. klesá aj nižšie.

V iluviálnom horizonte je priebeh vlhkosti vyrovnanejší, bez výrazných extrémnych stavov (prevlhčenie, vysušenie).

Vo vrstve 0 – 200 mm sa obsah využiteľnej vody vo vegetačnom období najčastejšie pohybuje v rozmedzí nedostatočných zásob, t. j. pod 20 mm. V suchých a teplých periódach vegetačných období sa prístupná voda odčerpáva úplne. V zrážkových priaznivých rokoch tento extrémny nedostatok prístupnej vody je zriedkavý a stretávame sa s ním predovšetkým u tých pôd, na ktorých sa pestujú plodiny náročné na vlahu. Dostatočné zásoby spravidla pretrvávajú v ornici len v prvých mesiacoch vegetácie a v mimovegetačnom období. Dobré zásoby využiteľnej vody sa vo vegetačnom období vyskytujú len krátko po výdatnejších dažďoch.

Vo vrstve 0 – 100 mm výška zásob využiteľnej vody je rozdielna v závislosti od sub-typu a výšky bodu vädnutia iluviálneho horizontu a substrátu.

2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom predkladanej diplomovej práce je posúdiť vplyv vyhnitého kalu, ktorý vzniká po výrobe bioplynu, na základné vlastnosti hnedozeme. Skúmanými vlastnosťami boli hlavné parametre mechanických, chemických a fyzikálnych vlastností pôdneho profilu.

V súčasných podmienkach poľnohospodárskej výroby je nevyhnutné hľadať stále nové zdroje kvalitnej organickej hmoty, ktoré by mohli vhodne nahradiť v súčasnosti nedostatkový maštalný hnoj. Zameranie diplomovej práce preto predstavuje jednu zo základných možností, ako tento problém riešiť a napomáha tak rozširovaniu poznatkov o vplyve vhodne zvolených biologických materiálov na kvalitu pôdy.

Konkrétne sa diplomová práca zameriava najmä na porovnanie chemických a fyzikálnych vlastností pôdy, ovplyvnených hnojením vyhnitým kalom, s vlastnosťami pôdy nehnojených variantov v časovom rade deviatich rokov (2001 – 2009). Vybrané pôdne vlastnosti sú hodnotené na začiatku založenia pokusu (2001), po uplynutí šiestich rokov trvania pokusu (2006) a po uplynutí deviatich rokov (2009).

Diplomová práca :

- definuje obsah a kvalitu pôdnej organickej hmoty v závislosti na pestovanej plodiny a varianty aplikácie biokalu a maštalného hnoja
- definuje vplyv vybraných variantov hnojenia na množstvo, stabilitu a vodo-odolnosť štruktúrnych agregátov
- definuje koeficienty štruktúrnosti a stability agregátov najdôležitejšej veľkosti

Diplomová práca je vypracovaná na základe získaných výsledkov z riešenia projektov VEGA 1/8177/01, 1/1345/04 a 1/441407, ktoré boli riešené v rokoch 2001 – 2009.

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Materiál

Predkladaná diplomová práca bola riešená v rámci výskumných projektov VEGA č. 1/1345/04 a VEGA č. 1/4414/07 na pokusných plochách Vysokoškolského podniku Koliňany, okres Nitra. Zaujmová lokalita sa nachádza v geomorfologickej jednotke Podunajská nížina, v podcelku Žitavská pahorkatina.

Oblasť Podunajskej nížiny bola geograficky budovaná v mladších treťohorách. Mocné súvrstvia morských až brakických sedimentov sú tvorené ílom, vápenatým ílom až slieňmi s plochami pieskov, ktoré vo vrchných polohách prechádzajú v jazerné sedimenty ilovitých pieskov a štrkov.

Podunajská nížina v regióne Západných Karpát predstavuje najnižšie položené územie. V porovnaní s okolitým, priľahlým reliéfom, ukladali sa tu vo väčšej miere štvrtohorné pokryvné usadeniny. Z tohto dôvodu neogénne sedimenty sú prevažne pokryté kvartérnymi sedimentmi a vystupujú na povrch len v lokálnych enklávach. Geomorfologickými tvarmi územia sú najmä široké riečne nivy (Nitrianska, Žitavská) s priľahlými pahorkatinami. Zatiaľ čo nivy sú tvorené eluviálnymi naplaveninami, ktoré sú obohatené o karbonáty, pahorkatiny sú eolického pôvodu.

Na geologickej stavbe Žitavskej pahorkatiny sa podieľajú sedimenty neogénu a kvartéru. Štvrtohory sú zastúpené eolickými, proluviálnymi a soliflukčnými sedimentmi. Eolické spraše, prípadne sprašové hliny pokrývajú prevažnú časť pahorkatiny.

Mierne zvlnený, pahorkatinový povrch chotára okolo obce Koliňany sa nachádza v nadmorskej výške 165-240 m n.m. Priemerná ročná teplota sa pohybuje okolo 9°C a priemerný ročný úhrn zrážok je 600-650 mm.

Zaujmová plocha je situovaná východne od obce a je prvou parcelou za obcou Koliňany. Severnou hranicou je štátna cesta Nitra - Zlaté Moravce, východnou hranicou letisko VPP a juhozápadnou hranicou je koryto miestneho potoka. Z hľadiska regionálneho geologického, sa výskumná báza nachádza v oblasti geologického rozhrania kryštalicko-druhohorného masívu Tribeča a Žitavskej pahorkatiny. Substrát je tvorený prevažne eluviálno-deluviálnymi sedimentmi pohoria Tribeč pleistocénno-holocénneho veku. Tieto sa v určitých lokálnych enklávach miešajú so sprašovými sedimentami Žitavskej pahorkatiny. Podložné neogénne súvrstvia vystupujú na povrch iba lokálne v dôsledku neprítomnosti kvartérneho pokryvu.

3.2 Metodika

Pre komplexné posúdenie súčasných geneticko-agronomických vlastností vytvoreného pôdneho typu bol vykonaný podrobný pedologický prieskum. V severovýchodnom cípe záujmovej plochy o výmere 3,6 ha, v lokalizácii nehnojeného variantu pokusu, bola vykopaná základná sonda do hĺbky 1,75 m, vytýčené diagnostické horizonty a vykonaný základný popis morfo-genetických znakov pôdneho profilu. Z diagnostických horizontov boli odobraté pôdne vzorky na analýzu mechanických, chemických a fyzikálnych vlastností.

Parametre sledovaných vlastností boli hodnotené na začiatku založenia pokusu (2001), po uplynutí šiestich rokov trvania pokusu (2006) a po uplynutí deviatich rokov (2009).

V rámci pokusnej plochy, boli pre zistenie východiskového stavu (2001) a prvého hodnoteného obdobia v roku 2006 odoberané pôdne vzorky z nasledovných variantov z orničnej vrstvy pôdneho profilu :

- A : základná sonda = nehnojený variant – kontrola,
- E : 100 t biokalu.

V druhej časti diplomovej práce boli pre naplnenie stanovených cieľov realizované odbery pôdnych vzoriek a analýzy pôdnych vlastností nasledovne :

varianty hnojenia .

- A : nehnojený variant – kontrola
- B : maštal'ný hnoj ($25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- C : biokal (jeseň $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), (prvá etapa riešenia $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- D : maštal'ný hnoj ($40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), (prvá etapa riešenia $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- E : biokal (počas vegetácie $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), (prvá etapa riešenia $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Spôsob odberu vzoriek :

základná sonda (nehnojený variant) :

- stanovenie základných mechanických a chemických vlastností pôdneho profilu

vybrané varianty hnojenia :

- pre stanovenie chemických parametrov pôdných vlastností boli odoberané vzorky pôdy sondovacou tyčou z hĺbky 0,0-0,30 m
- odber pôdných vzoriek sa realizoval 1-x za vegetačné obdobie (jar)
- odber pôdných vzoriek bol realizovaný zo všetkých honov a všetkých variantov hnojenia
- pre stanovenie štruktúrnosti a vodoodolnosti pôdných agregátov bol vybraný hon „A“ (v náväznosti na sledovanie penetrometrického odporu pôdy) a vzorky sa odoberali v jarnom období zo všetkých variantov hnojenia

Pre dosiahnutie stanovených cieľov boli v odobratých pôdných vzorkách analyzované nasledovné parametre (FIALA et al., 1999) :

- obsah uhlíka (Cox) Ťjurinovou metódou v modifikácii Nikitina a výpočet množstva humusu (Hm)
- pôdna reakcia – pH aktívne (pH/H₂O) a výmenné (pH/KCl)
- suma výmenných bázických kationov (S) metódou Kappena
- hydrolytická acidita (H) titračnou metódou
- zrnitostné zloženie pipetovacou metódou (iba základná sonda)
- štruktúrnosť – preosievaním za sucha
- vodoodolnosť štruktúrnych agregátov Bakšajevovou metódou (do 0,3 m)

Analýza pôdných vzoriek sa vykonávala v trojnásobnom opakovaní, vo výsledkoch je použitý aritmetický priemer z dosiahnutých hodnôt jednotlivých parametrov.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Diplomová práca je vypracovaná na základe porovnania účinku biokalu, vznikajúceho po výrobe bioplynu, na vybrané parametre fyzikálnych a chemických vlastností hnedozeme, analyzovaním sledovaných vlastností na začiatku založenia pokusu (2001), po uplynutí šiestich rokov trvania pokusu (2006) a po uplynutí deviatich rokov (2009).

Stratigrafia pôdneho profilu a výsledky analýz pôdnych vzoriek odobratých zo základnej sondy, umiestnenej v nehnojenom variante, dokumentovali, že vytvoreným pôdnym typom je hnedozem, ktorú v rámci platného Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (ŠÁLY, 2000) môžeme bližšie klasifikovať ako subtyp Hnedozem kultizemná (HMa). Získané výsledky zároveň dokumentujú vysoký stupeň ovplyvnenia pôdy antropogénnou činnosťou v tejto lokalite. Poukazovala na to mocnosť iluviálneho luvického Bt - horizontu (Tab. 1), ktorý siahal až do hĺbky 1,75 m, zvýšený obsah Cox a Hm v tejto časti profilu (Tab. 3) a tiež skutočnosť, že sa v tejto hĺbke nenachádzal ani pôdotvorný substrát.

Tab. 1: Stratigrafia pôdneho profilu (základná sonda – nehnojený variant)

Hori-zont	Hĺbka (m)	Morfogenetické znaky pôdneho profilu
Akp	0,0 – 0,28	hnedý (10 YR 4/6), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, hlinitý, bez skeletu, polyedrickej štruktúry, bez novotvarov a povlakov, slabého prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov
Akp/Bt	0,29 – 0,48	hnedý (10 YR 4/6), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, hlinitý, bez skeletu, drobnohrudkovitej štruktúry, bez novotvarov a povlakov, slabého prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov
Bt	0,49 – 1,75	žlto-hnedý (10 YR 5/8), bez škvŕn, navlhnutý, súdržný, ílovito-hlinitý, kockovitej štruktúry, bez novotvarov, povlaky koloidných organických látok, bez prekorenenia, bez prítomnosti karbonátov

Akp – humusový kultizemný horizont, Akp/Bt – prechodný horizont, Bt – iluviálny luvický horizont

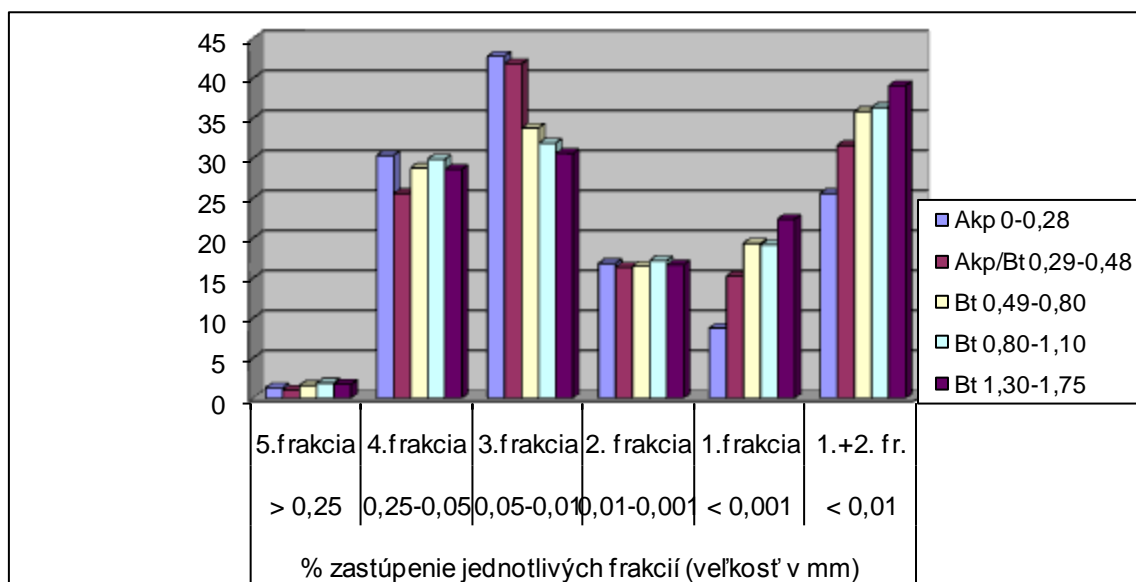
Tab. 2: Zrnitostné zloženie (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)

Horizont	Hĺbka (m)	% zastúpenie jednotlivých frakcií (veľkosť v mm)					
		> 0,25 5.frakcia a	0,25-0,05 4.frakcia a	0,05-0,01 3.frakcia a	0,01-0,001 2. frakcia	< 0,001 1.frakcia a	< 0,01 1.+2. fr.
Akp	0-0,28	1,29	30,35	42,76	16,84	8,76	25,60
Akp/Bt	0,29-0,48	0,99	25,60	41,81	16,36	15,24	31,60
Bt	0,49-0,80	1,58	28,79	33,78	16,50	19,35	35,85
Bt	0,80-1,10	1,89	29,88	31,88	17,18	19,17	36,35
Bt	1,30-1,75	1,72	28,61	30,61	16,69	22,37	39,06

Frakcie :

< 0,001 mm - íl, 0,001-0,01 mm - jemný a stredný prach, 0,01-0,05 mm - hrubý prach, 0,05-0,25 mm - jemný piesok, > 0,25 mm - stredný piesok

Graf. 1: Zrnitostné zloženie (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)



Výsledky zrnitostného zloženia poukazujú na pôdu piesočnato-hlinitú v humusovom kultizemnom (Akp) horizonte (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 20 – 30 %), v hlbších častiach Bt horizontu na pôdu hlinitú (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 30 – 45 %) (Tab. 2). Koeficient textúrnej diferenciácie sa pohybuje v rozpätí 1,40 – 1,53. Táto hodnota je pre hnedozeme typická (ZAUJEC, 2002). Významným podielom je zastúpená frakcia prachu (0,05-0,01 mm), čo dokumentuje dobré predpoklady pre technologické spracovanie pôdy. Vysoký obsah tejto frakcie je typický pre pôdy vytvárajúce sa zo sprašových eolických sedimentov.

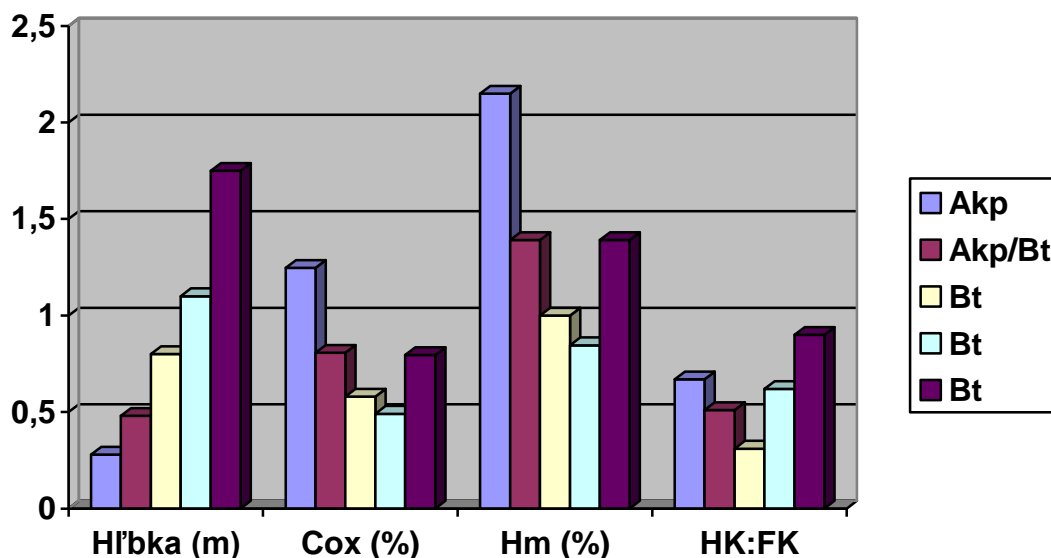
4.1 Hodnotenie sledovaných parametrov pôdných vlastností v období 2001 – 2006

Tab. 3: Obsah organického uhlíka a humusu (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)

Horizont	Hĺbka (m)	%		HK : FK
		Cox	Hm	
Akp	0-0,28	1,247	2,149	0,67
Akp/Bt	0,29-0,48	0,807	1,391	0,51
Bt	0,49-0,80	0,580	0,999	0,31
Bt	0,80-1,10	0,491	0,846	0,62
Bt	1,30-1,75	0,795	1,370	0,90

Cox – organický uhlík, *Hm* - humus, *HK : FK* – pomer humínových kyselín a fulvokyselín

Graf. 2: Obsah organického uhlíka a humusu (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)



Hodnoty kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov organického uhlíka (Cox) a humusu (Hm) majú s pribúdajúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajúcu tendenciu (Tab. 3). Výnimkou je obsah a kvalita týchto ukazovateľov v hĺbke 1,30 – 1,75 m, čo poukazuje na pochovaný humusový horizont. Obsah humusu v povrchovej časti hodnotíme ako stredný (% Hm v intervale 2,00 – 2,99), typ humusu ako humátovo-fulvátový (HK : FK v intervale 1,0 – 0,5). Parametre ukazovateľov kvality humusových látok (HK : FK) v orníčnej časti profilu sú na nízkej kvalitatívnej úrovni. Tieto hodnoty

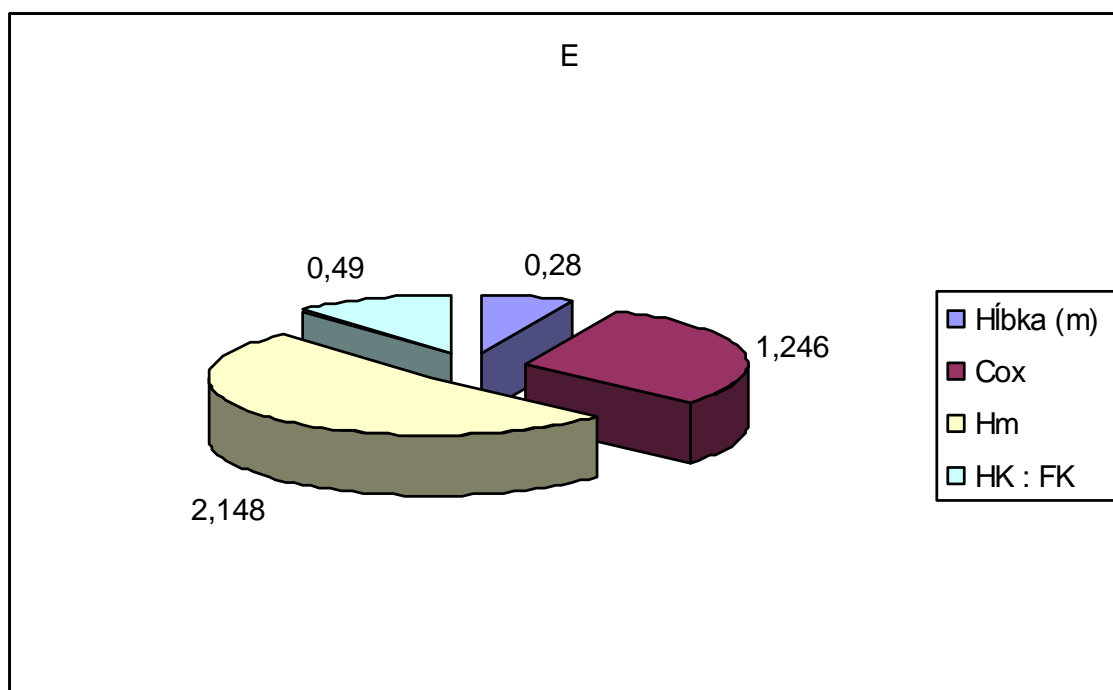
nezodpovedajú kvalite humusových látok v danom pôdnom type a sú v rozpore s hodnotami udávanými inými autormi (HANES, 1998).

Tab. 4: Obsah organického uhlíka a humusu (sledovaný variant, rok 2006)

Variant	Hĺbka (m)	%		HK : FK
		Cox	Hm	
E	0,0 – 0,28	1,246	2,148	0,49

Cox – organický uhlík, Hm - humus, HK : FK – pomer humínových kyselín a fulvokyselín

Graf. 3: Obsah organického uhlíka a humusu – sledovaný variant, rok 2006)



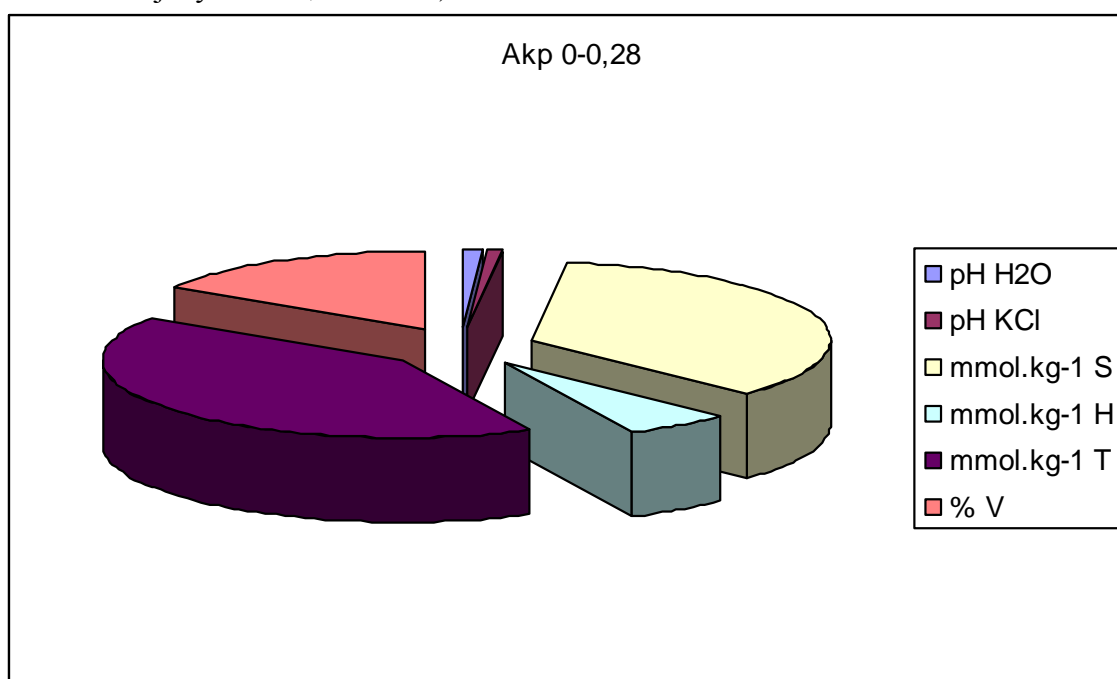
Výsledky parametrov kvantity a kvality humusu poukazujú na skutočnosť, že za sledované obdobie sa obsah humusu na variante s aplikovaným množstvom 100 t.ha⁻¹ biokalu prakticky nezmenil. Kvalita humusu sa však znížila a humus v tomto variante hodnotíme ako fulvátový typ (pomer HK : FK < 0,5).

Tab. 5: Ukazovatele pôdnej reakcie a sorpčnej schopnosti pôdy (základná sonda – nehnojovaný variant, rok 2001)

Hori-zont	Hĺbka (m)	pH		mmol.kg ⁻¹			%
		H ₂ O	KCl	S	H	T	V
Akp	0-0,28	6,17	4,60	190,05	31,50	221,55	85,78

pH/H₂O – aktívna pôdna reakcia, *pH/KCl* – výmenná pôdna reakcia, *S* – suma výmenných bázických kationov, *H* – hydrolytická acidita, *T* – celková sorpčná kapacita, *V* – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi

Graf. 4: Ukazovatele pôdnej reakcie a sorpčnej schopnosti pôdy (základná sonda – nehnojovaný variant, rok 2001)



Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie sú slabokyslé (hodnoty pH/H₂O sa pohybujú v intervale 5,60 – 6,50 jednotiek pH), hodnota výmennej pôdnej reakcie pH/KCl je v humusovom horizonte kyslá (pH/KCl v intervale 4,60 – 5,50).

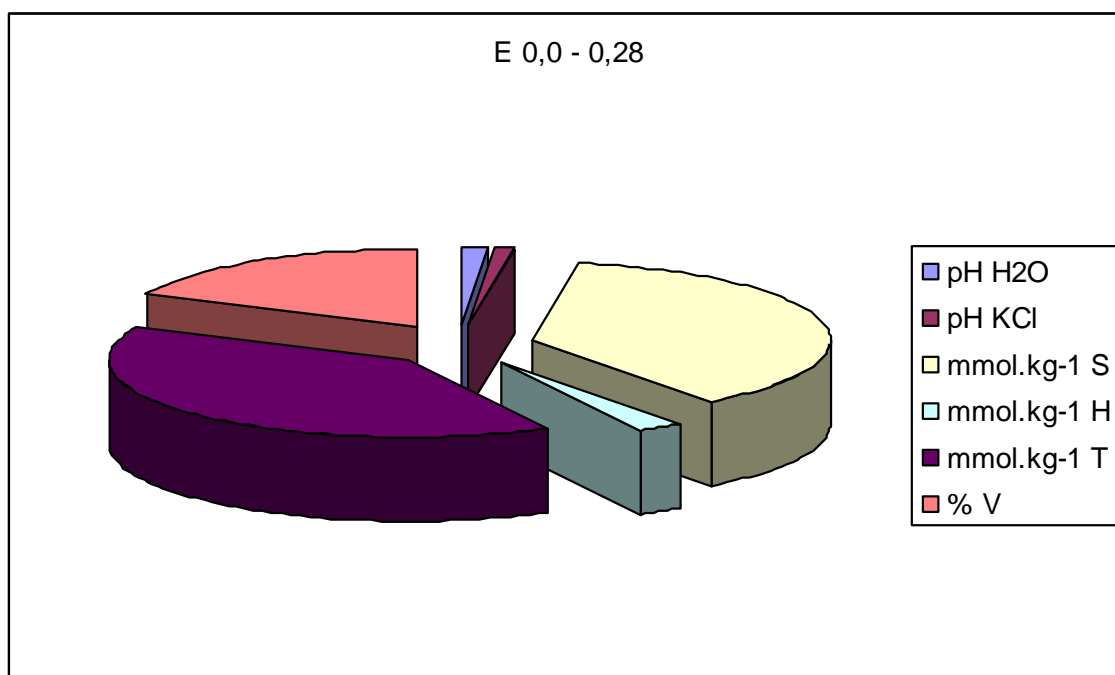
Hodnoty ukazovateľov sorpčnej schopnosti pôdy sú pre daný pôdny predstaviteľ typické. Charakteristická je veľmi silná hodnota hydrolytickej acidity – H - (hodnoty > 13,7 mmol.kg⁻¹) a z toho vyplývajúca hodnota nasýtenia stupňa sorpčného komplexu – V (hodnoty V v intervale 75 – 90 %).

Tab. 6: Ukazovatele pôdnej reakcie a sorpčnej schopnosti pôdy (sledovaný variant, rok 2006)

Variant	Hĺbka (m)	pH		mmol.kg ⁻¹			%
		H ₂ O	KCl	S	H	T	V
E	0,0 - 0,28	6,50	5,82	192,50	12,68	205,18	93,82

pH/H₂O – aktívna pôdna reakcia, *pH/KCl* – výmenná pôdna reakcia, *S* – suma výmenných bázických kationov, *H* – hydrolytická acidita, *T* – celková sorpčná kapacita, *V* – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi

Graf. 5: Ukazovatele pôdnej reakcie a sorpčnej schopnosti pôdy (sledovaný variant, rok 2006)



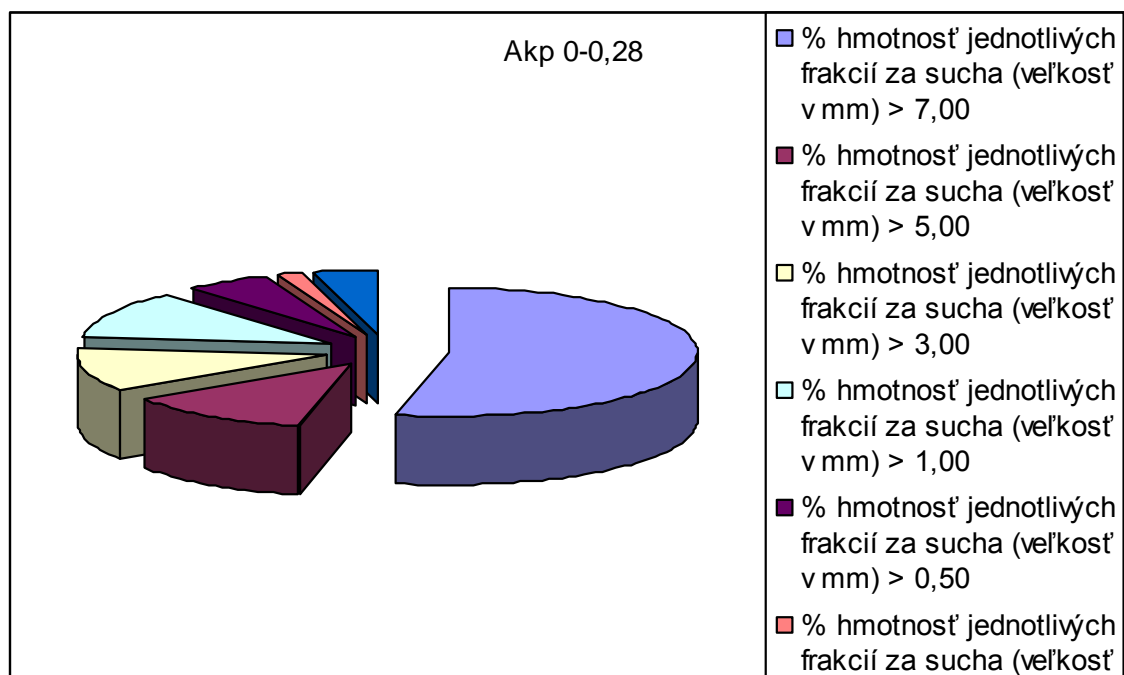
Pri hodnotení parametrov základných chemických vlastností je možné konštatovať, že oproti východiskovému stavu sa zmenila hodnota aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie. Hodnoty pH sa výrazne zvýšili, čo pozitívne ovplyvňuje aj ďalšie vlastnosti pôdy.

Hodnoty ukazovateľov sorpčnej schopnosti pôdy, ktoré sú odrazom stavu a charakteru koloidného systému v pôde sa prakticky nezmenili.

Tab. 7: Štruktúrne agregáty – humusový horizont (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)

Horizont	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
		> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
Akp	0-0,28	53,29	12,25	11,10	12,08	5,48	1,55	4,25

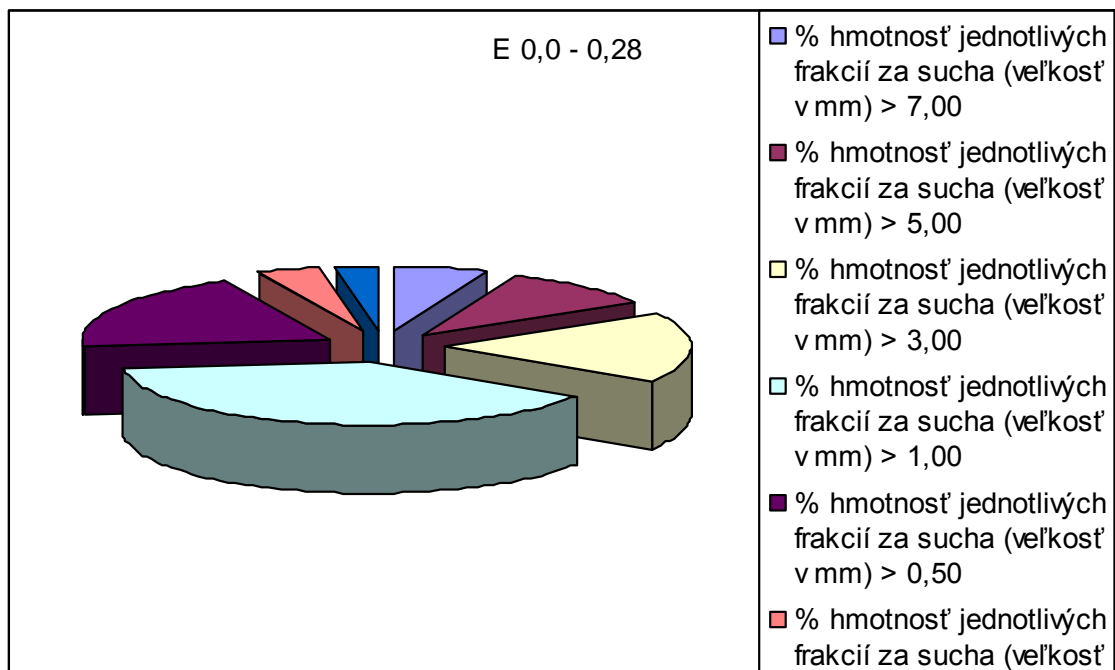
Graf. 6: Štruktúrne agregáty – humusový horizont (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)



Tab. 8: Štruktúrne agregáty (sledovaný variant, rok 2006)

Varianta	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
		> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
E	0,0 - 0,28	6,04	10,43	17,80	39,17	19,66	4,22	2,68

Graf. 7: Štruktúrne agregáty (sledovaný variant, rok 2006)



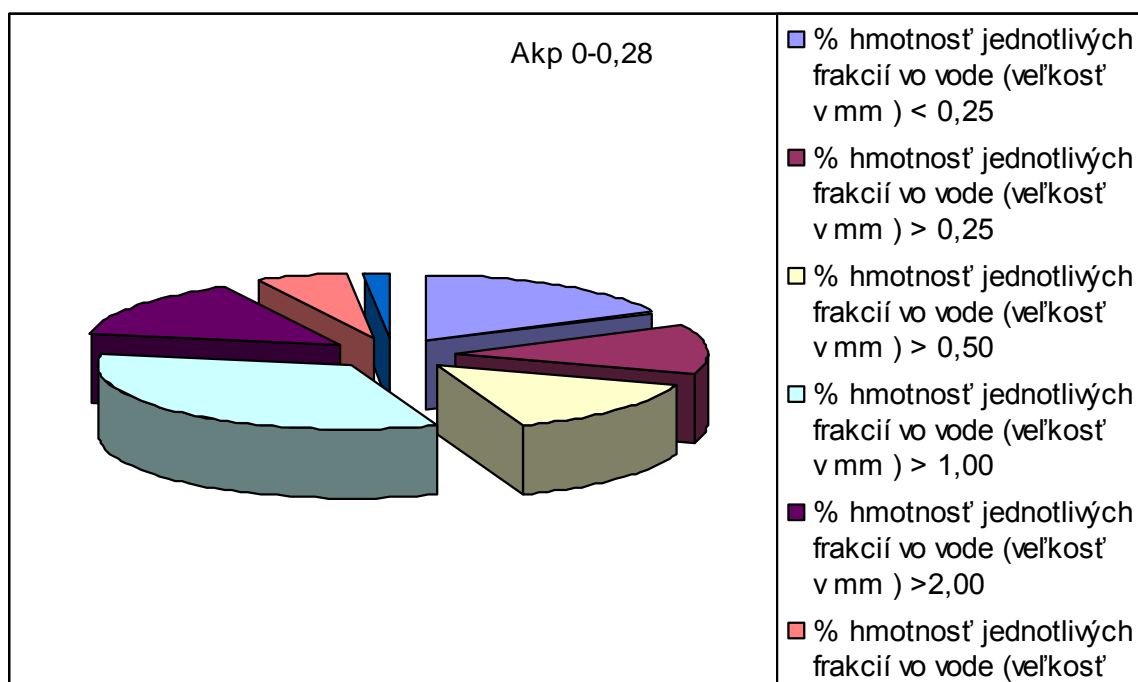
Hodnotenie štruktúrneho stavu pôdy (Tab.7) sa odvíja od zrnitosti zloženia a podielu agronomicky najcennejších agregátov. Tvorba štruktúrnych agregátov je ovplyvňovaná celým radom prírodných, ale aj kultivačných faktorov. Tieto sa zároveň podieľajú aj na vytváraní priaznivej vodoodolnej štruktúry, ktorá je rezistentná voči drobeniu, a tým vytváraniu pôdneho prísušku. *FULAJTÁR* (1986) považuje za najcennejšie agregáty o veľkosti 1 – 5 mm, podľa *SISÁKA* (1994) sú optimálne agregáty o veľkosti 0,5 – 3,0 mm. Pri zohľadnení týchto kritérií hodnotenia štruktúrnych a vodoodolných agregátov predstavuje ich zastúpenie na záujmovej ploche tretinu až polovicu z celkového množstva (zastúpenie štruktúrnych agregátov o veľkosti 1 – 5 mm je 35,43 %, zastúpenie štruktúrnych agregátov o veľkosti 0,5 – 3 mm je 28,66 %).

Po aplikácii 100 ton biokalu sa zastúpenie štruktúrnych agregátov o veľkosti 1 – 5 mm zvýšilo na 67,4 % a agregátov o veľkosti 0,5 – 3,0 mm na 76,63 %. Tieto hodnoty dokumentujú jednoznačný pozitívny vplyv aplikácie biokalu.

Tab. 9: Vodoodolné agregáty – humusový horizont (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)

Horizont	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií vo vode (veľkosť v mm)						
		< 0,25	> 0,25	> 0,50	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
Akp	0-0,28	17,84	12,52	14,04	33,28	14,72	5,88	1,72

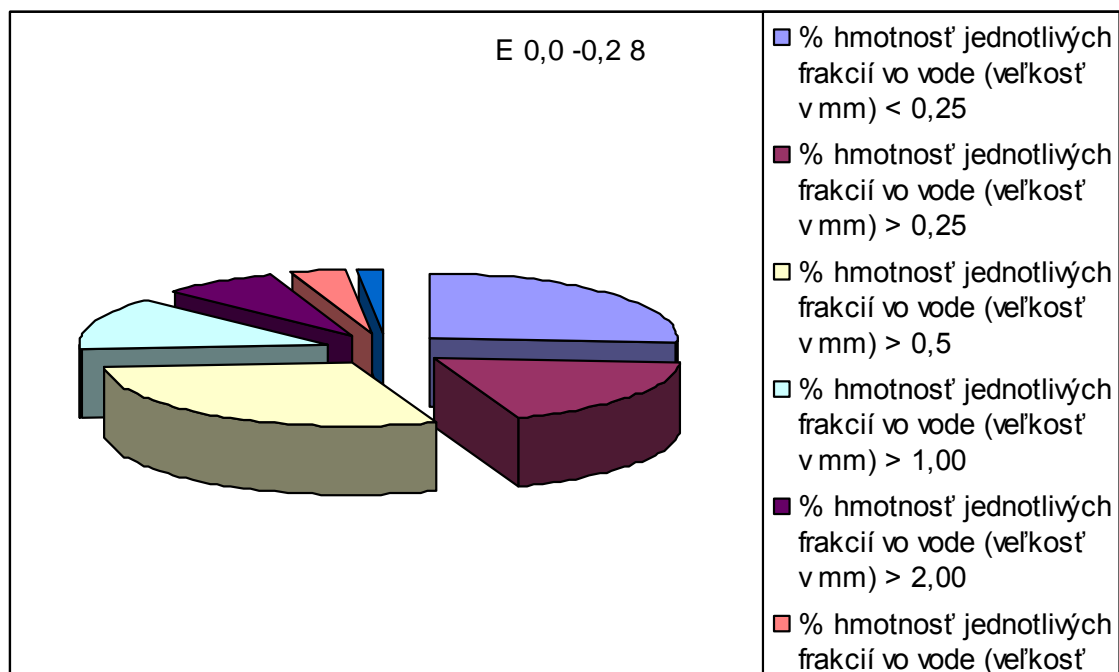
Graf. 8: Vodoodolné agregáty – humusový horizont (základná sonda – nehnojený variant, rok 2001)



Tab.10: Vodoodolné agregáty (sledovaný variant, rok 2006)

Variant	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií vo vode (veľkosť v mm)						
		< 0,25	> 0,25	> 0,5	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
E	0,0 -0,2 8	26,52	17,96	29,52	13,24	7,52	3,52	1,72

Graf. 9: Vodoodolné agregáty (sledovaný variant, 2006)



Zastúpenie vodoodolných agregátov o veľkosti 1 – 5 mm na začiatku sledovaného obdobia (Tab. 9) bolo 53,88 %, zastúpenie vodeodolných agregátov o veľkosti 0,5 – 3 mm bolo 62,04 %. Po uplynutí sledovaného obdobia sa však pozitívny vplyv biokalu na ich tvorbu neprejavil. Uvedená skutočnosť môže byť spôsobená aj charakterom klimatických pomerov počas sledovaného obdobia.

4.2 Hodnotenie sledovaných parametrov pôdnych vlastností v období 2006 – 2009

V tejto časti diplomovej práce sa zameriavame na hodnotenie vybraných parametrov sledovaných pôdnych vlastností v návaznosti na jednotlivé varianty hnojenia. Vzhľadom na skutočnosť, že sa z prevádzkových a ekonomických dôvodov nepodarilo zachovať 100-% kontinuitu výskumu v období 2006-2009, je táto časť diplomovej práce venovaná vyhodnoteniu jednotlivých chemických vlastností pôdy

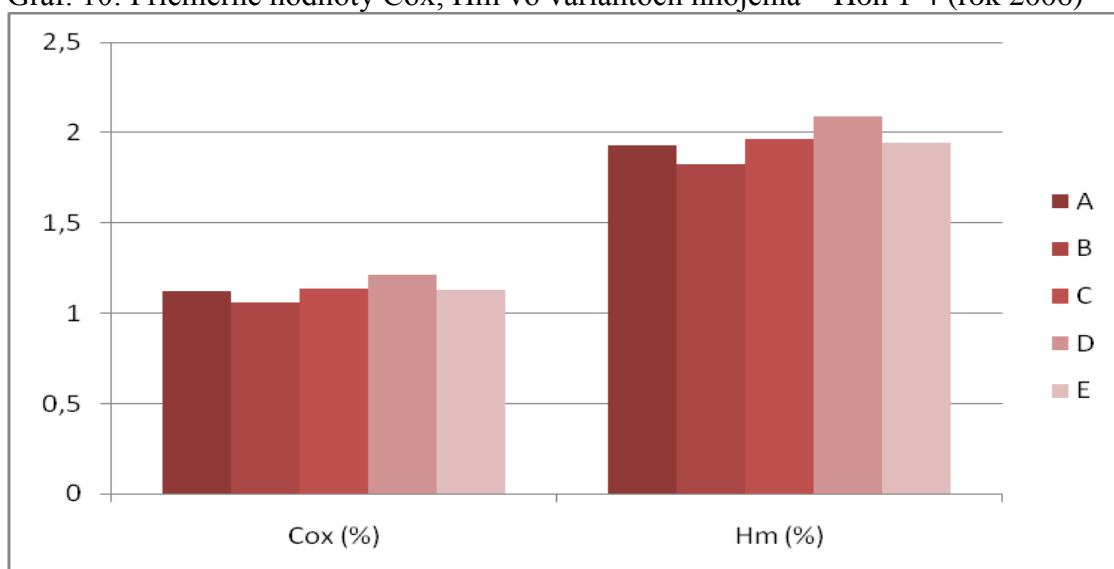
v závislosti na všetky varianty hnojenia na všetkých parcelách a vyhodnoteniu štruktúrnych a vodoodolných agregátov na parcele 1(A).

Tab. 11: Priemerné hodnoty Cox, Hm, a pH – Hon 1 – 4 (rok 2006)

Hon	Variant hnojenia	%		pH	
		Cox	Hm	H ₂ O	KCl
1-4	A	1,120	1,931	6,70	5,90
	B	1,058	1,824	6,40	5,64
	C	1,140	1,965	6,60	5,93
	D	1,214	2,093	7,00	6,47
	E	1,129	1,946	6,81	6,18

Cox – organický uhlík, *Hm* - humus, *pH* - pôdna reakcia (H₂O) – aktívna, (KCl) – výmenná

Graf. 10: Priemerné hodnoty Cox, Hm vo variantoch hnojenia – Hon 1-4 (rok 2006)



Graf. 11: Priemerné hodnoty pH H₂O a KCl vo variantoch hnojenia– Hon 1-4 (rok 2006)

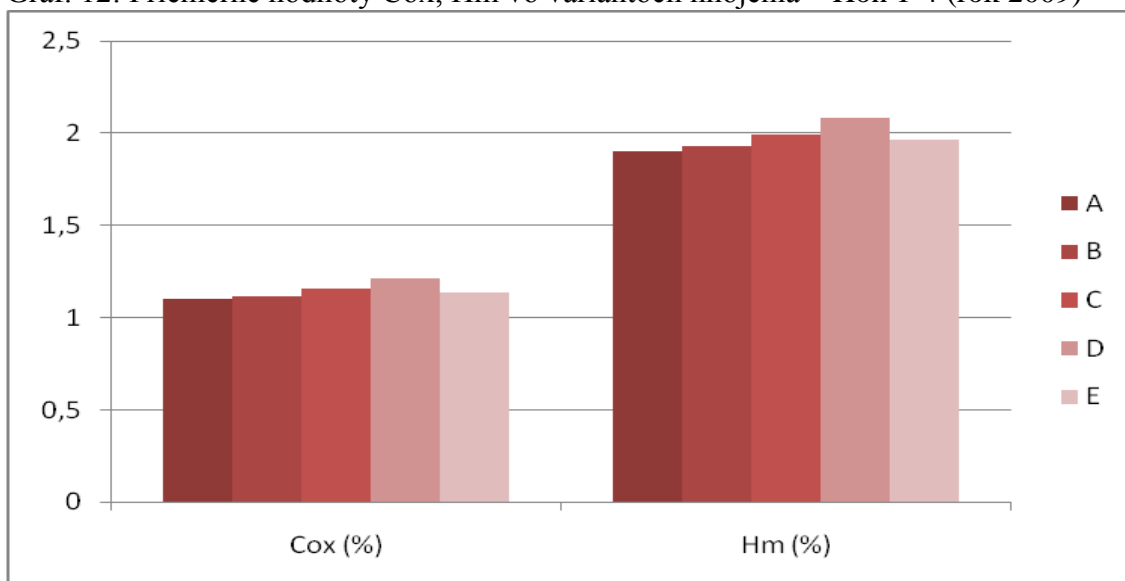


Tab. 12: Priemerné hodnoty Cox, Hm, a pH – Hon 1 – 4 (rok 2009)

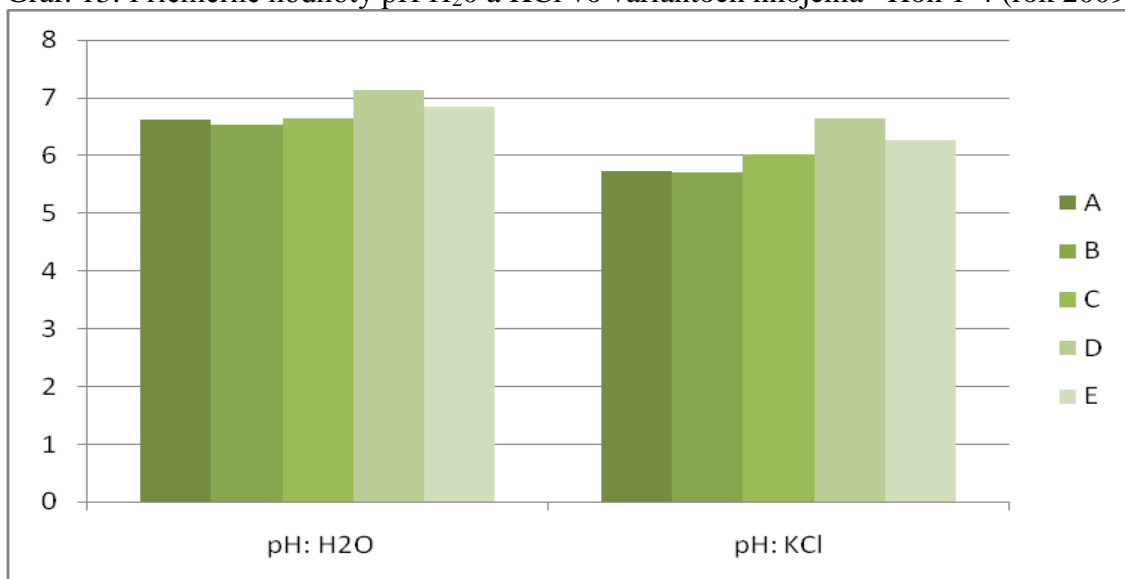
Hon	Variant hnojenia	%		pH	
		Cox	Hm	H ₂ O	KCl
1-4	A	1,105	1,905	6,62	5,74
	B	1,118	1,927	6,54	5,70
	C	1,158	1,996	6,65	6,02
	D	1,210	2,086	7,14	6,64
	E	1,140	1,965	6,84	6,26

Cox – organický uhlík, Hm - humus, pH - pôdna reakcia (H₂O) – aktívna, (KCl) – výmenná

Graf. 12: Priemerné hodnoty Cox, Hm vo variantoch hnojenia – Hon 1-4 (rok 2009)



Graf. 13: Priemerné hodnoty pH H₂O a KCl vo variantoch hnojenia – Hon 1-4 (rok 2009)



Z porovnania výsledkov uvedených v oboch tabuľkách vyplýva, že po uplynutí ďalších 3 rokov trvania pokusu sa zmenili niektoré ukazovatele chemických vlastností

pôdy. Výraznejšie je vidieť túto skutočnosť v hodnotách výmennej pôdnej reakcie (pH/KCl), kde s výnimkou kontrolného variantu (variant A) sa hodnoty pH ustálili v intervale neutrálnej hodnoty pH (6,5 – 7,2 jednotiek pH). Tento dlhodobý posun hodnôt pôdnej reakcie k intervalu neutrálne pôdnej reakcie sa prejavil vo všetkých honoch a variantoch.

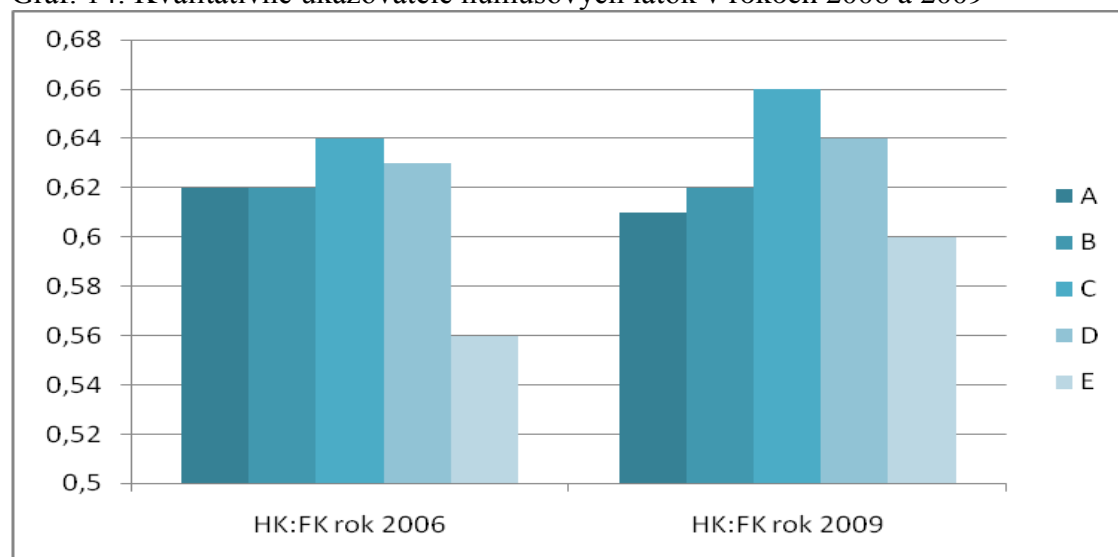
V hodnotách obsahu organického uhlíka (Cox) a humusu (Hm), výrazné zmeny po dobu sledovania týchto parametrov nenastali. Akumulácia a transformácia organickej hmoty v pôdnom profile je proces dlhodobý, a ako taký, nie je viazaný na krátkodobé aplikácie dodávaných komponentov (ZAUJEC, 2009). Aj napriek tomu je vidieť úbytok humusu v kontrolnom - nehnojenom A variante, zatiaľ čo najpriaznivejšie sa prejavuje variant C – aplikácia deleného množstva biokalu.

Tab. 13: Kvalitatívne ukazovatele humusových látok :

Hon	Variant hnojenia	HK : FK	
		rok 2006	rok 2009
1 - 4	A	0,62	0,61
	B	0,62	0,62
	C	0,64	0,66
	D	0,63	0,64
	E	0,56	0,60

HK – humínové kyseliny, FK – fulvokyseliny

Graf. 14: Kvalitatívne ukazovatele humusových látok v rokoch 2006 a 2009



Kvalita humusových látok, t.j. pomer humínových kyselín k fulvokyselinám je v sledovaných pôdnych blokoch nízka. Vo všetkých sledovaných variantoch hodnotíme typ humusu ako humátovo-fulvátový (HK : FK je v rozpätí 0,5 – 1,00). Tak ako bolo

konštatované, akumulácia a transformácia organickej hmoty je proces dlhodobý a preto sa výraznejšie a dynamickejšie zmeny neprejavili.

Tab. 14: Priemerné hodnoty S, H, T a V – Hon 1 – 4 (rok 2006)

Hon	Variant hnojenia	mmól.kg ⁻¹			% V
		S	H	T	
1-4	A	198,44	17,11	215,55	92,06
	B	192,75	13,78	206,53	93,33
	C	179,00	19,80	198,80	90,04
	D	176,88	14,93	191,81	92,22
	E	209,75	12,63	222,38	94,32

S – suma výmenných bázičických katiónov, H – hydrolytická acidita, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázičickými katiónmi

Tab. 15: Priemerné hodnoty S, H, T a V – Hon 1 – 4 (rok 2009)

Hon	Variant hnojenia	mmól.kg ⁻¹			% V
		S	H	T	
1-4	A	188,22	16,10	204,32	92,12
	B	180,74	12,96	193,70	93,30
	C	190,24	17,12	207,36	91,74
	D	172,48	15,07	187,55	91,96
	E	196,92	13,04	209,96	93,78

S – suma výmenných bázičických katiónov, H – hydrolytická acidita, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázičickými katiónmi

Hodnoty hlavných ukazovateľov sorpčnej schopnosti pôdy sú závislé na charaktere pôdneho koloidného komplexu v danej pôde. V prípade sledovaných variantov sa jednotlivé hodnoty príslušných ukazovateľov výrazne nemenili – charakter a kvalita koloidného komplexu je daná prírodnými podmienkami, ale aj napriek tomu sa v priebehu 3-ročného sledovania najpozitívnejšie prejavil variant C – s delenou aplikáciou biokalu. Stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázičickými katiónmi (V) je vo všetkých variantoch plne nasýtený (hodnoty V > 90 %).

Tab. 16: Štruktúrne agregáty – rok 2009

Hon	Variant	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií za sucha (veľkosť v mm)						
			> 7,00	> 5,00	> 3,00	> 1,00	> 0,50	> 0,25	< 0,25
1(A)	A	0,-0,20	18,20	20,42	26,30	23,20	8,40	1,62	1,86
	B	0,-0,20	14,62	16,46	20,86	27,40	11,96	4,16	4,54
	C	0,-0,20	12,06	20,12	28,00	28,16	10,02	0,92	0,72
	D	0,-0,20	11,12	16,18	22,48	30,06	12,14	3,82	4,20
	E	0,-0,20	7,34	12,08	15,26	36,40	17,06	6,14	5,72

Sledovaním tvorby najcennejších agregátov o veľkosti 0,5 – 3,0 mm po uplynutí doby troch rokov bolo zistené, že najvyššie množstvo týchto štruktúrnych agregátov bolo vytvorených vo variantoch E – 68,72 % a C – 66,18 %. Najnižšia suma týchto najcennejších agregátov bola zaznamenaná vo variante A – 57,90 %.

Koeficient štruktúrnosti vypočítaný z podielu sumy agregátov o rozmeroch 0,25 – 7,0 mm a sumy agregátov < 0,25 a > 7,00 poukazuje na skutočnosť, že najvyššie hodnoty – a teda najpriaznivejší stav – sú vo variante C – 6,82, potom vo variante E – 6,65. Najnižšie hodnoty koeficientu štruktúrnosti boli zaznamenané vo variante A - 3,98.

Tab. 17: Vodoodolné agregáty – rok 2009

Hon	Variant	Hĺbka (m)	% hmotnosť jednotlivých frakcií vo vode (veľkosť v mm)						
			< 0,25	> 0,25	> 0,5	> 1,00	> 2,00	> 3,00	> 5,00
1 (A)	A	0,-0,20	19,02	12,00	18,24	24,04	22,14	5,36	5,20
	B	0,-0,20	20,14	17,64	22,30	17,00	16,06	4,92	1,94
	C	0,-0,20	22,08	16,66	23,66	14,38	10,42	7,62	5,18
	D	0,-0,20	14,78	12,14	20,14	21,48	17,08	9,32	5,06
	E	0,-0,20	20,12	19,38	28,62	16,20	8,64	4,62	2,42

Tvorba vodoodolných agregátov je závislá na mnohých pôdnych a klimatických faktoroch. Za sledované obdobie na vybranom hone bolo zistené, že najvyššia suma najpriaznivejších vodoodolných agregátov – t.j. agregátov o veľkosti intervalu 0,5 - 3,0 mm sa vytvorila vo variantoch A - 69,78 % a D - 68,02 %. Vyhodnotením koeficientu vodoodolnosti – t.j. pomerom súčtu agregátov o rozmeroch 0,25 – 10,0 mm a < 0,25 mm bolo zistené, že najvyššie hodnoty, a teda najpriaznivejší stav, sa vytvoril vo variante D – 5,76.

5 NÁVRH NA VYUŽITIE POZNATKOV

Obnova priaznivých funkcií pôdy a najmä jej fyzikálno-chemickej rovnováhy je možná, ale vyžaduje enormné úsilie. Diplomová práca prispieva k sumarizácii poznatkov o vplyvoch biokalu na fyzikálne a chemické vlastnosti hnedozeme.

Mnohostranné prínosy využívania biokalu ako organického hnojiva vidíme najmä v oblastiach :

1. Organická hmota viazaná v biokale sa rozkladá pomalšie ako v maštal'nom hnoji. Z hľadiska obsahu živín považujeme biokal za dusíkato-draselné hnojivo.
2. Využívaním vyhnitého kalu ako organického hnojiva dochádza k úspore nákladov na nákup priemyselných hnojív. Pri odsírení bioplynu sa dostáva do vyhnitého kalu aj síra, ktorá je žiaduca najmä pri pestovaní olejnin.
3. Zvýšenou teplotou v procese metanogenézy (okolo 55°C) dochádza k eliminácii klíčivosti semien burín. Aplikáciou vyhnitého kalu nedochádza k zvyšovaniu zásoby semien burín v pôde klesajú požiadavky na nákup herbicídov.
4. Vyhnitý kal je predovšetkým pohodovým zdrojom dusíka. Tento je z kalu fyziologický využiteľnejší než z minerálnych hnojív. Vyhnitý kal má pH 7,63 – 8,5 a neokysľuje pôdu, dochádza k lepšiemu využitiu fosforu z pôdy.
5. Vyhnitý kal používaný na ľahkých a eróziou ohrozených pôdach zvyšuje ich objemovú hmotnosť, súdržnosť, vododržnosť a vodostálosť pôdných agregátov. Riadenou aplikáciou kalu sa zlepšuje protierózna ochrana územia a zvyšuje sa obsah organickej hmoty v pôde.
6. Z hľadiska ochrany povrchových a podzemných vôd pod vyplavovaním dusíka v ňom obsiahnutý je menej pohyblivý než v minerálnych hnojivách. Pri správnom používaní vyhnitého kalu je znížené riziko kontaminácie podzemných a povrchových vôd.
7. Biokal po aplikácii na pôdu zvyšoval jej vlhkosť najmä v koreňovej zóne pestovaných rastlín.

6 ZÁVERY

Získané výsledky analyzovaných kvalitatívnych parametrov mechanických a chemických vlastností pôdy, hodnotených v nadväznosti na metodiku riešenia diplomovej práce a dobu časového trvania pokusu, umožňujú definovať niekoľko výsledných záverov z celej skúmanej problematiky :

- Sledovaným pôdnym subtypom bola Hnedozem kultizemná (HMa), výrazne ovplyvnená antropogénnou činnosťou.
- Obsah oxidovateľného organického uhlíka (a humusu) v priebehu rokov riešenia projektu vykazoval tendenciu nárastu (vo všetkých variantoch hnojenia a na všetkých honoch). Najvýraznejšie pozitívne zmeny po aplikácii jednotlivých komponentov boli zaznamenané vo variante C s delenou aplikáciou biokalu.
- Kvalita humusových látok, udávaná pomerom HK : FK, zostávala po celú dobu trvania pokusu stabilná. Najvyššie hodnoty vzájomného pomeru sa prejavovali vo variante C – typ humusu humátovo-fulvátový.
- Priaznivý vplyv aplikácie biokalu sa výraznejšie prejavil aj v sledovaní hodnôt pôdnej reakcie (pH). Hodnoty pH sa zvýšili a priblížili k intervalu hodnôt neutrálnej pôdnej reakcie.
- Po uplynutí rokov trvania pokusu je pozorovateľný nárast obsahu výmenných bázických kationov (S) v pôdnom profile, zníženie hodnôt hydrolytickej acidity (H), nárast celkovej sorpčnej kapacity (T), a tým aj stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi (V). Aj v tomto zhodnotení sa ako najpriaznivejší prejavuje variant C.
- Zastúpenie najpriaznivejších veľkostí štruktúrnych agregátov (0,5 – 3,0 mm) sa po aplikácii jednotlivých dávok a foriem organických hnojív prejavovalo rozdielne. Z hľadiska kapacitných a ekonomických možností bola pozornosť zameraná na hon A. Najvyššie množstvo týchto štruktúrnych agregátov bolo vytvorených vo variantoch E – 68,72 % a C – 66,18 %. Súčasne boli v týchto variantoch zaznamenané aj najvyššie koeficienty štruktúrnosti pôdy.
- Zastúpenie vodoodolných agregátov v jednotlivých variantoch sa prejavovalo rozdielne. Najvyššia suma najpriaznivejších vodoodolných agregátov – t.j. agregátov

o veľkosti intervalu 0,5 - 3,0 mm sa vytvorila vo variantoch A a D. Najpriaznivejšie hodnoty koeficientu vodoodolnosti boli zaznamenané vo variante D.

Získané výsledky a definované závery, dosiahnuté riešením diplomovej práce, rozširujú všeobecné poznatky o pôdnom fonde SR a napomáhajú jeho komplexnejšiemu poznaniu. Zároveň diplomová práca ponúka netradičný pohľad na využitie organického odpadu, ako kvalitného zdroja humusotvorných látok v pôdnom profile.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. ANDREUX, F. G. et al. 1990: *Humus contents and transformation in native and cultivated soils. Sci. Total environ*: 1990. 249 – 265 s.
2. BEDRNA, Z., HRAŠKO, J., SOTÁKOVÁ, S. 1968 *Pol'nohospodárske pôdoznanectvo Bratislava: SVPL*, 1968. 175 s.
3. BEDRNA, Z. 1968: *Ku geografii pôd Východoslovenskej nížiny. Geogr., Čas.* 20, 1968, č. 2, 140 – 150 s.
4. BEDRNA, Z. 1973: *Systematika a klasifikácia pôdotvorných procesov. Geogr. Čas., čas.*, 25, 1973, č. 1, s. 54 – 63.
5. BEDRNA,Z.– FULAJTÁR,E.-ZRUBEC,F.-JURÁNI,B.: *Pôdne režimy*. Bratislava : VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1989. 222 s.
6. BEDRNA,Z.: *Pôdotvorné procesy a pôdne režimy*. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1977. 132 s.
7. BEDRNA,Z.–HRAŠKO,J.– SOTÁKOVÁ,S.: *Pol'nohospodárske pôdoznanectvo*. Bratislava: SVLP, 1968. 362 s.
8. BENKO, V. a.i. 1987: *Agrochémia a pôdoznanectvo*, 2. prepracované vyd. Bratislava: Príroda, 1987. 230 s.
9. BENKO,V.–FECENKO,J.–HANES,J.–MASARYK,Š.: *Agrochémia a pôdoznanectvo*. 2.prepracované vydanie, Bratislava: Príroda, 1987. 230 s.
10. ČURLÍK, J. BEDRNA, Z. HANES, J. HOLOBRADÝ, K. HRTÁNEK, B. KOTVAS, F. MASARYK, Š. PAULEN, J. 2003. *Pôdna reakcia a jej úprava*. Bratislava: Jaroslav Suchoň – Suma print Bratislava, 2003. 249 s. ISBN 80-967696-1-8

11. DŽATKO, M et all. : *Charakteristika bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek SSR*. Bratislava : Príroda, 1976. 103 s.
12. FIALA, K., KOBZA, J., MATÚŠKOVÁ, Ľ., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., BÚRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ, B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D., PECHOVÁ, B.1999: *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – pôda*. Bratislava. 1999. VÚPOP, 142 s. ISBN 80-85361-55-8
13. FREYTAG, H. E.1980: *Zur Qualifizierung der Mineralisierung der organischen Boden-substanz natürlichen Sedingungen. Arch. Acker und Pflanzenbau und Bodenk:* 1980, 24, č. 12, 791 – 798 s.
14. FULAJTÁR,E.: *Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie*. Bratislava: Veda, 1986. 156 s.
15. FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôd*. VUPOP. Bratislava. 2006. 142 s. ISBN 80-89128-20-3
16. HANES, J. et al. 1997: *Pedológia*. Nitra: ES SPU, 1997. 120 s.
17. HANES, J., SISÁK, P. 1980: *Pôdoznalectvo*. Bratislava: Príroda, 1980. 80 s.
18. HANES,J. – SISÁK, P.: *Pôdoznalectvo pre poslucháčov PEF*. Bratislava : Príroda, 1980. 163 s.
19. HANES,J. et al.: *Pedológia*. Nitra: SPU, 1997. 119 s.
20. HANES,J.: *Pedologické praktikum*. Nitra: VŠP, 1995. 153 s.
21. HEGEDUŠ, L. 1997: *Eko-Bio-Agro-program pestovateľských úspechov*. In: *Roľnícke noviny*, roč. V, 1997, č. 1, s. 12 príloha.

22. HOLOBRADÝ, K. 1997. *Vápnenie kyslých pôd Slovenska*. In: Roľnícke noviny, roč. V, 1997, č. 1, s. 9 príloha.
23. HOLOBRADÝ, K.: *Vápnenie kyslých pôd Slovenska*. In: Roľnícke noviny, roč. 5, 1997, č. 1, s. 9 príloha.
24. HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z.: *Aplikované pôdoznanectvo*. Bratislava: Príroda, 1988. 474 s.
25. HRAŠKO, J. : 1975. *Pol'nohospodárske pôdy SSR: Záverečná správa*. Bratislava: VÚPaVR, 1975. 61 s.
26. HRAŠKO, J.: *O význame a hodnotení pôdy ako základného výrobného prostriedku*. Zborník: Hodnotenie produkčnej schopnosti pôd SSR. Bratislava: VÚP a VR, 1981. s. 1-7.
27. HRAŠKO, J.: *Pol'nohospodárske pôdy Slovenska a súčasné aspekty zvyšovania ich úrodnosti*. Bratislava: ÚV SAS, 1973. s. 25 – 45.
28. HRAŠKO, J.: *Pol'nohospodárske pôdy Slovenska a súčasné aspekty zvyšovania ich úrodnosti*. Bratislava: ÚVSAS, 1973. 25-45 s.
29. HRAŠKO, J.: *Racionálne využívanie pôdneho fondu a zúrodňovanie pol'nohospodárskych pôd*. Zborník ČSAZ č. 122, Praha: 1988. s. 3 – 28.
30. HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z.: *Aplikované pôdoznanectvo*. Bratislava: Príroda, 1988. 474s.
31. HROŠŠO, F.: *Základy půdoznanectví*. Praha: SZN, 1956.
32. HROŠŠO, F.: *Základy půdoznanectví*. Praha: SZN, 1956.

33. IGAZ, D. 2001. *Spracovanie tekutých organických odpadov a ich využitie v poľnohospodárskej krajine z hľadiska ochrany životného prostredia*. Autoreferát dizertačnej práce. SPU. Nitra. 2001. 25 s.
34. JURÁNI, F. – FIALA, K.: *Fyzikálno-chemické zákonitosti živinových režimov*. Záverečná správa VÚPVR, Bratislava. 1984.
35. JURČOVIČOVÁ, O.: *Pôdna organická hmota a jej funkcie*. Roľnícke noviny, roč. V, 1997, č. 1, s. 7 príloha.
36. KOSIL, V.: *Půdoznalectví I., II.*, Praha: SPN, 1973.
37. KOSIL, V.: *Půdoznalectví*. Praha: SPN, 1962.
38. KUNDLER, P.: *Zeitschrift für Pflanzennahrung Düngung Bodenkunde, Band 78*, 1957. Helf 213.
39. LINKEŠ, V. et al.: *Informačný systém o pôde*. Bratislava: Príroda, 1988. 195 s.
40. LÍŠKA, E. – CÍGLAR, J. – PILÁT, A.: *Základy poľnohospodárskych sústav*. Nitra: VŠP, 1990. 180 s.
41. MALÁČ, B.: *Hlavné pôdne typy Slovenska*. Bratislava, SVPL 1962
42. MORFOGENETICKÝ *klasifikačný systém pôd Slovenska*. Bratislava.: VÚPaOP, 2000 . ISBN 80-85361-70-1
43. MUDROCH, J.: *O význame poznania a hodnotenia pôd pre plnenie úloh RV v SSR*. Zborník: Hodnotenie produkčnej schopnosti pôd SSR. Bratislava: VÚP a VR, 1981.s. 8-14.
44. MUDROCH, J.: *O význame poznania a hodnotenia pôd pre plnenie úloh RV v SSR*. Zborník: Hodnotenie produkčnej schopnosti pôd SSR. Bratislava: VÚP a VR, 1981. s. 8-14.

45. MUCHA, V.: *Study of humus substances formation from different humus – forming materials in soil.* Zb. z VI. čl. pôdoznalecká konferencia Nitra: 1983. s. 223 – 229.
46. NAJMR, S. – TJAGLO, G. – ŠPIČKA, A. – JANOVSÝ, J.: *Poznáme pôdu.* Praha: SZN, 1956.
47. NĚMEČEK, J. - SMOLÍKOVÁ, L. - KUTÍLEK, M.: *Pedologie a paleopedologie.* Praha: Akademia, 1990. 552 s. ISBN 80-200-0153-0
48. NOVÁK, J.: *Půdoznalství I., II., III.,* Učebné texty. Praha: 1953.
49. NOVÁK, V.: *Zkulturnění pud v Československu.* In: Rostl. výr., 6-7, 1960, s. 883-892.
50. NOVÁK, J.: *Půdoznalství I,II,III*(učebné texty).Praha, 1953.
51. POSPÍŠIL R, - BAJLA, J. – ČERNÝ, I. – CANDRÁKOVÁ, E. a kol. 2009. *Využitie biokalu pri pestovaní poľných plodín.* Vedecká monografia. SPU. Nitra. 2009. 186 s. ISBN 978-80-552-0289-1
52. PRAX, A. : 1990. *Půdoznalství.* Brno: VSŽ, 1990. 99 s.
53. SLOVÍK, R. - LIBANT, V.: *Geológia,* Nitra: VŠP, 1995. 94 s. ISBN 80-7137-604-3
54. SOTÁKOVÁ, S.: *Organická hmota a úrodnosť pôdy.* Bratislava: Príroda, 1982. 236 s.
55. SOTÁKOVÁ, S.: *Pôdoznalstvo,* Bratislava: Príroda, 1981. 490 s.
56. SOTÁKOVÁ, S.: *Pôdoznalstvo.* 3. vyd. Bratislava: Príroda, 1988. 404 s.
57. SOTÁKOVÁ, S.: *Pôdoznalstvo.* Bratislava: Príroda, 1981. 399s.

58. SOTÁKOVÁ, S.: *Pôdoznanectvo*. Bratislava: Príroda, 1988. 404 s.
59. ŠÁLY, R. : *Pôda základ lesnej produkcie*. Bratislava: Príroda - vydavateľstvo kníh a časopisov, 1978. 235 s.
60. ŠPÁNIK, F. - REPA, Š.: *Intenzita makro a mikroklimatických meraní v poraste ozimnej pšenice*. In: Acta Fytotechnica, Nitra: 1990, XLVI, s. 81 - 87.
61. TRINGELOVÁ, M. 2004. *Vplyv vyhnitého kalu po výrobe bioplynu na mechanické a chemické vlastnosti pôdneho typu*. Diplomová práca. Nitra. 2004. SPU. 51 s.
62. VRKOČ, F.: *Výkonné pôdné prostredí - základní předpoklad intenzivní rostlinné výroby*. Praha: VÚRV, 1988. s. 37 – 42.
63. ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – TOBIAŠOVÁ, E. – SZOMBATHOVÁ, N.: 2002. *Pedológia* SPU. Nitra 2002, 98 s. ISBN 80-8069-090-1
64. ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – NÁDAŠSKÝ, J. - SZOMBATHOVÁ, N. - TOBIAŠOVÁ, E. -: 2009. *Pedológia a základy geológie (učebnica)* SPU. Nitra 2009, 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5