

# 12.

## PÔDA AKO PROSTREDIE MIKROORGANIZMOV

Pôdu chápeme ako vrchnú časť zemskej kôry. Skladá sa najmä zo zvetraných hornín, vody, vzduchu, ďalších organických a anorganických látok a je obývaná spoločenstvom rôznych organizmov. Činnosťou týchto organizmov a vplyvom meniacich sa vonkajších podmienok dochádza v pôde k neustálym premenám.

Pôda je primárnym prostredím pre mikroorganizmy, pričom biologický faktor je rozhodujúcim pri vzniku každej pôdy z materskej horniny. Pôdne organizmy svojou činnosťou podmieňujú:

- **Zvetrávanie hornín a minerálov** v dôsledku biochemických procesov, čo je rozdrobovanie, premena a rozpúšťanie hornín a minerálov účinkom atmosféry, hydrosféry a biosféry. Biologické zvetrávanie podmieňujú rastliny, živočíchy a mikroorganizmy svojimi metabolitmi, predovšetkým produkciou  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}^3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  a širokou škálou organických kyselín.
- **Rozklad a syntézu organických látok.** Mikroorganizmy rozkladajú odumreté rastlinné a živočíšne zvyšky v procese mineralizácie. Pri úplnej mineralizácii vznikajú anorganické produkty, napr.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}^3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , ktoré využívajú rastliny. Pri neúplnej mineralizácii zase vznikajú prekursori humusových látok, ktoré formujú chemické, fyzikálne a biologické vlastnosti pôdy a tým aj úrodnosť pôdy.
- **Premiešavanie organických a minerálnych látok**, ktoré sa uskutočňuje predovšetkým cez zažívacie trakt pôdnej fauny (napr. dážďovky).
- **Tvorba pôdnych agregátov.** Pod agregátom rozumieme zhluk štruktúrotvorných elementov organického a minerálneho pôvodu, ktoré sú pospájané tmeliacimi látkami. V tomto procese sa uplatňujú mikroorganizmy. A to mycélium húb, ktoré mechanicky opletá pôdne častice a tým ich zároveň aj spevňuje. Baktérie vylučujú slizové látky, čo sú polyméry polysacharidovej povahy a tie stmelujú pôdne čiastočky. Základným spojivom je však humus.

Vertikálne je pôda rozdelená na vrstvy, tzv. horizonty, pričom rôzne pôdy majú rôzne horizonty. Vo všeobecnosti však v pôdach rozoznávame horizont:

- **O - pokrývkový horizont (vrstva)**, často z organických komponentov,
- **A - organo-minerálny povrchový (humusový) horizont**, ktorý obsahuje najmä minerálny materiál v rôznom štádiu rozkladu,
- **B - podpovrchový horizont**, ktorý obsahuje minerálne látky a zriedkavo aj organickú hmotu,
- **C - pôdotvorný substrát**, ktorým je zvetraná pevná alebo sedimentárna hornina.

Všetky horizonty a vrstvy tvoria **pedon** ako priestorovú jednotku pôdy. Pôdotvornými procesmi najviac premenené povrchové a podpovrchové horizonty nazývame **solum**.

V lesných pôdach v organickom pokrývnom horizonte rozoznávame ďalšie subhorizonty:

- **L nekrotický (opad)**, ktorý obsahuje ešte nerozložený organický materiál ako je spadnuté lístie, ihličie, drobné konáriky, kúsky kôry stromov, odumreté organizmy,
- **F - fermentačný (drvina)**, ktorý obsahuje polorozložený organický materiál, pričom sa dá ešte rozoznať jeho pôvod,
- **H - humifikačný (melina)**, ktorý obsahuje už rozložený organický materiál.

Medzi významné charakteristiky pôdnej hmoty patrí charakteristika edafónu vo všeobecnosti a najmä pôdných mikroorganizmov a poukazuje tiež na rozdiely v biologických vlastnostiach jednotlivých pôd. Povrchové humusové horizonty sú najviac oživené. Sú prerastené koreňmi rastlín, nachádzajú sa v nich živými organizmami zavlečené a primiešané odumreté povrchové a vnútro pôdne zvyšky rastlín, ako aj odumreté telá živočíchov a zvyšky rastlín. Pôdny humus predstavuje tmeliacu hmotu minerálnych a organických častíc do pôdných štruktúrnych agregátov a zároveň zdroj energie a živín pre väčšinu pôdných živočíchov. Činnosť pôdných živočíchov nespočíva len v mechanickom premiešaní organických látok s minerálnymi látkami. V povrchových vrstvách pôdy jednotlivé druhy edafónu súčasne neustále rozkladajú, pretvárajú a zlučujú jednoduché aj zložité chemické látky. Pôdne živočíchy transportujú minerálne a organické látky v pôde do jednotlivých pôdných horizontov. Týmto spôsobom napomáhajú optimalizovať pôdnu konzistenciu a

udržiavať priaznivý pomer medzi plynnými, kvapalnými a pevnými zložkami pôdnej hmoty nielen v povrchových, ale aj podpovrchových vrstvách pôdy. Mikroorganizmy sú funkčne prepojené s vyššími rastlinami a pôdnymi živočíchmi, pričom tvoria zložitú štruktúru potravových, symbiotických, konkurenčných a iných vzťahov živej zložky pôdy. Pôda by bez organizmov nebola pôdou, ale len mŕtvym substrátom, zvetranou hornou vrstvou litosféry.

### 12. 1. Výskyt mikroorganizmov v pôde a jej ochrana

V pôde sa nachádzajú živé organizmy mikroskopických rozmerov až po stavovce, ktorých telá sú veľké aj jeden meter. Na základe veľkosti možno edafón rozdeliť na:

- **mikroedafón** (< 0,2 mm), napr. baktérie, aktinomycéty, vírusy, baktériofágy, mikroskopické huby, sinice, riasy, prvoky,
- **mezoedafón** (0,2 – 2 mm), napr. koreňové vlásky rastlín, hýfy niektorých bazídiových húb, chvostoskoky, roztoče, hlístovce a drobnejší hmyz,
- **makroedafón** (2 – 20 mm), napr. larvy chrobákov a múch, mnohonôžok, stonôžok, pavúkov a mäkkýšov,
- **megaedafón** (> 20 mm), napr. dážd'ovky, slizniaky, hraboše, krtky a pod.

Mikroorganizmy sú dominujúcou zložkou živých organizmov v pôde. V 1 g pôdy je  $10^8$  –  $10^9$  baktérií,  $10^5$  –  $10^6$  húb,  $10^4$  –  $10^5$  prvokov a  $10^3$  –  $10^4$  eukaryotických rias. Čo do hmotnosti je v pôde najviac mycélií mikroskopických a bazídiových húb, a to 0,05 – 0,1 % z hmotnosti pôdy, zatiaľ čo baktérií 0,003 – 0,03 %, rias 0,002 – 0,01 % a prvokov len 0,001 %. Do mikrofauny sú v pôde zaraďované aj prvoky - bičíkovce, meňavky a brvovce. V pôde sú najpočetnejšie a hmotnosťou najviac zastúpené bičíkovce.

Množstvo mikroorganizmov, ich rodová a druhová skladba, variabilita a diverzita spoločenstva ako aj jeho aktivita sú v rôznych pôdach rôzne. Vo všeobecnosti však možno konštatovať, že:

- počet mikroorganizmov klesá s hĺbkou, pričom najviac mikroorganizmov nachádzame v povrchovom horizonte, čo úzko súvisí s množstvom dostupných živín,

- väčšina pôdnych mikroorganizmov patrí do skupiny mezofilných druhov, menej psychrofilných druhov a najmenej termofilných druhov (napr. kompost),
- baktérie sú najčastejšie viazané na pevné častice, napr. prach alebo zvyšky pôvodnej horniny,
- značná časť mikroorganizmov sa kumuluje v oblasti koreňovej sústavy, t. j. v rizosfére,
- mycélium pôdnych druhov húb dosahuje značnú dĺžku, čo najmä v nepriaznivých podmienkach umožňuje transport živín aj z väčšej vzdialenosti,
- v obrábaných pôdach sa nachádza menej druhov húb, čo pravdepodobne súvisí z orbou, ktorá spôsobuje roztrhnutie hubového mycélia.

**Baktérie** sú veľmi dôležitou súčasťou pôdnej bioty a predstavujú takmer polovicu mikrobiálnej biomasy. Sú to najmä zástupcovia triedy *Scotobacteria*, veľmi často sa v pôde vyskytujúce nefotosyntetizujúce baktérie, ktoré rozkladajú celulózu, pohlcujú, pretvárajú a produkujú dusík a síru, podieľajú sa na tvorbe humusových látok. Menej často sa v pôde vyskytujú zástupcovia triedy *Anoxyphotobacteria*, *Oxyphotobacteria*, *Firmibacteria* alebo *Mollicutes*. V hlbších vrstvách pôdy výrazne dominujú anaeróbne druhy, vďaka ktorým aj v týchto priestoroch prebiehajú mikrobiologické procesy.

Baktérie majú v pôde veľký význam aj z hľadiska jej úrodnosti, kedy sa mnohé podieľajú napr. na podpore rastu a vývinu rastlín. Sú to tzv. voľne žijúce, rizosférne (vyskytujúce sa v blízkosti koreňovej sústavy) alebo fylosférne (vyskytujúce sa na povrchu rastliny) baktérie, ktoré majú za určitých podmienok pozitívny vplyv na rastliny. Tento vplyv môže byť priamy a nepriamy. Priamy vplyv na rastliny majú baktérie, ktorých druhy napr. pútajú vzdušný dusík, majú schopnosť uvoľňovať železo a fosfor z chemických zlúčenín alebo produkovať biologicky aktívne látky. Sú to napr. druhy rodu *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Rhizobium* a iné. Nepriamy vplyv na rastliny majú baktérie prostredníctvom tzv. biologickej ochrany, kedy produkujú látky zamedzujúce rast patogénnych organizmov.

Väčšina pôdnych baktérií sú heterotrofné organizmy. Mnohé z nich sú schopné vytvárať spóry, ktoré im umožňujú prekonať ekologicky nepriaznivé obdobia (napr. chlad, sucho). Väčšiu časť baktériocenózy v pôde tvoria **nesporujúce aeróbne baktérie**. Ich počet je veľmi dynamický. Nedostatok vody a tepla ich v značnej miere decimuje. Vyznačujú sa však veľkou schopnosťou rozmnožovania a obyčajne nepresahujú 10 % z celkového bakteriálneho

spoločenstva v nezamokrenej pôde. S narastaním počtu **sporulujúcich baktérií** sa zvyšuje aj energia mineralizačných procesov v pôde. Sporulujúce baktérie podliehajú počas roka menším výkyvom ich počtu a hmotnosti a preto v nepriaznivých ekologických podmienkach dominujú. Po obnove priaznivých podmienok sa zvyšuje premena neaktívnych spór na aktívne vegetatívne bunky, ktoré sa následne rýchlo rozmnožujú.

Značný význam pre posúdenie rozdielov v množstve a kvalite baktérií v pôde má aj ich rozdelenie na rýchlo (r-stratégovia) a pomaly rastúce (K-stratégovia) druhy. **R-stratégovia** uprednostňujú priaznivejšie prostredie a menej konkurentov (napr. mikroskopických húb) pre svoj rast a rozmnožovanie. Rýchlo rastúci r-stratégovia sa rozmnožujú a rastú v optimálnych ekologických podmienkach veľmi rýchlo, pričom však kvalita ich potomstva nie je veľmi vysoká. Tieto mikroorganizmy majú značnú mobilitu a tak veľký počet potomstva im umožňuje rýchlo kolonizovať nové prostredie. Pomaly rastúce druhy **K-stratégov** indikujú spoločnosť, ktoré musí pre svoj rast a vývoj prekonať mnohé nedostatky a nepriaznivé vlastnosti prostredia (menej živín, málo organických látok, nepriaznivú pôdnu reakciu, premnožené huby atď.). Kvalita ich potomstva je vysoká. Nemajú však veľkú schopnosť a tendenciu k migrácii a pri kolonizácii nového prostredia sú zozáčiarku v minime a len po určitom čase sa dostatočne rozmnožia.

Početnosť a druhové zloženie baktériocenóz sa v pôde mení vo vertikálnom aj horizontálnom smere, čo súvisí predovšetkým s vplyvom primárnych ekologických faktorov ako je aerácia, množstvo organických zvyškov, pôdna reakcia, vlhkosť a teplota prostredia.

**Mikroskopické a vyššie (klobúkaté) huby** predstavujú v pôde veľmi početnú skupinu organizmov. Ich vlákna predstavujú veľmi účinnú formu adaptácie húb na také heterogénne prostredie akým je pôda. Mycélium, ktoré je vytvorené spletaním hýf, je svojou špecifickou štruktúrou schopné prerastať priestory zaplnené vzduchom a čiastočne aj vodou. Vlákna rastú po povrchu pevných častíc a prenikajú aj do puklín a dutín minerálov. Podobne kolonizujú aj odumreté zvyšky rastlín prerastajúc do ich pletív a buniek. Veľkosť hýf je čo do ich priemeru rôzna napr. od 3  $\mu\text{m}$  do 6  $\mu\text{m}$  u druhu *Alteranaria alternata*, 17  $\mu\text{m}$  u druhu *Mucor circinelloides* f. *circinelloides* alebo od 13  $\mu\text{m}$  až do 29  $\mu\text{m}$  u druhu *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*. Rovnako dĺžka hýf býva rôzna, pričom sa často rozprestierajú aj do niekoľko desiatok až stoviek metrov. Huby prežívajú v pôde predovšetkým v rôznej forme odpočinkových štruktúr, napr. chlamydospóry, artrospóry, konídie, skleróciá a pod. Majú však veľmi silnú schopnosť rásť a rozmnožovať sa, čo im umožňuje rýchlo sa prispôbiť

meniacim sa ekologickým podmienkam prostredia. V pôdach so špecifickými ekologickými vlastnosťami (kyslé, alkalické, zamokrené, vysušené a pod.) sa, čo do počtu, nachádza menej húb, ale ich druhová skladba je väčšia.

Bazídiové druhy húb majú v pôde iba vláknité mycélium, zatiaľ čo plodnice vyrastajú nad povrch pôdy. Výnimky existujú aj v týchto prípadoch. Sú to napr. hľuzovky, plodnice ktorých sa tvoria pod povrchom pôdy. Pre rozdielne podmienky tvorby humusových povrchových horizontov však nemajú osobitný význam. Na druhej strane sú však veľmi vysoko cenené v potravinárskom priemysle.

Pôda je prostredím aj pre širokú škálu patogénnych mikroorganizmov, ktoré spôsobujú ochorenie poľnohospodársky významných rastlín. Medzi hubové ochorenia, tzv. mykózy patrí napr. padanie klíčnych listov v skleníkoch (*Olpidium brassicae*), nádory na koreňoch kapustovín (*Plasmodiophora brassicae*), choroba rajčiakov a zemiakov (*Phytophthora infestans*), hniloba cibule (*Perenospora destructor*), múčnatka na uhorkách (*Erysiphae graminis*) a iné. Bakteriózy, ktoré nie sú veľmi časté vyvolávajú baktérie. Napr. nádorové ochorenia na koreňoch viacerých rastlín (*Agrobacterium tumefaciens*, *Xanthomonas campestris*), ochorenie rajčiakov (*Corynebacterium michiganense*). Virózy, t. j. vírusové ochorenia sú v pôde prenášané hád'atkami a larvami rôzneho hmyzu. Nadzemnú časť infikuje savý hmyz ako napr. vošky, ploštice alebo bzdochy. Tabak, tulipány a iné rastliny poškodzuje vírus tabakovej mozajky. Viróza zemiakov, žltá mozajka fazule a uhoriek sa prejavuje škvrnitosťou, nekrozou, zmenami tvaru listov, znetvorením koreňového systému až vädnutím a napokon úhynom.

Ochranu pôdy pred enormným šírením patogénnych mikroorganizmov schopných vyvolať ochorenie rastlín predstavuje **dezinfekcia** - čo je chemický spôsob likvidácie určitých druhov patogéna; **sterilizácia pôdy** - t. j. použitie chemikálií pary alebo teploty 200 °C, kedy dochádza k zničeniu akéhokoľvek života v pôde; **opatrenie proti premnoženým škodcom** - čo predstavuje striedanie plodín, vápnenie kyslej pôdy, používanie návnad a pestovanie rastlín, ktoré odpudzujú škodcov (napr. *Tagetes*); **opatrenia proti parazitom** - kedy sa odporúča zvýšená hygiena v chove zvierat, dodržiavanie osobnej hygieny, používanie antibiotík v chove iba pri výskyte väčšieho počtu patogénov.

## 12. 2. Ekologická funkcia a činnosť pôdných mikroorganizmov

V rámci celého spoločenstva mikroorganizmy plnia v pôde mnohé dôležité funkcie, pričom za najdôležitejšie možno pokladať:

- **Rozklad a mineralizácia organických látok.** Odhaduje sa, že sa na tomto procese podieľajú až 90 %-nou účasťou. Za rozklad zvyškov odumretých rastlín sú v pôde najviac zodpovedné saprotrofné mikroskopické huby. Zvyšky odumretých živočíchov a zoomikroedafónu rozkladajú predovšetkým baktérie. Huby pracujú pri rozklade organických látok efektívnejšie ako baktérie. Do hýf sa transportuje až 50 % z rozložených látok, zatiaľčo do baktérií len 20 %.
- **Produkcia látok primárneho a sekundárneho metabolizmu.** Mnohé mikroorganizmy do pôdy produkujú rôzne látky, napr. extracelulárne enzýmy, antibiotiká, ale tiež toxíny a produkty vlastného metabolizmu.
- **Tvorba a odbúravanie humusových látok.** Mikroorganizmy sa svojou činnosťou podieľajú tak na vzniku ako aj rozklade humusových látok.
- **Fixácia vzdušného N<sub>2</sub>.** Iba niektoré baktérie sú schopné pútať vzdušný dusík a zabudovávať ho do organických látok, čím pôdu obohacujú o tento biogénny prvok.
- **Asimilácia minerálnych látok.** Väčšina mikroorganizmov dokáže pokryť svoje nutričné potreby z anorganických, t. j. minerálnych zdrojov, napr. N, S, a P.
- **Vzájomné vzťahy medzi mikroorganizmami.** Mnohé mikroorganizmy sú patogénne vo vzťahu k rastlinám alebo živočíchom, niektoré vytvárajú symbiózu alebo iný (+) a (-) označovaný vzťah (viď kapitola 10.).
- **Potrava pre iné organizmy.** Mnohé mikroorganizmy sú dôležitým článkom v trofickom reťazci pre iné, často väčšie organizmy.
- **Úprava životného prostredia.** Organizmy sú otvorené systémy, ktoré si so svojim okolím vymieňajú látky a energiu, čím ovplyvňujú navzájom nielen seba, ale aj prostredie. Napr. okysľovanie pôdy vplyvom produkcie kyselín alebo otepľovanie v dôsledku silného metabolizmu.

Najznámejšou je úloha húb rozkladať organické látky v pôde. Mnohé askomycéty a bazídiomycéty produkujú rôzne enzýmy, ktoré rozkladajú celulózu aj lignín. Súčasne prebiehajú aj syntetizujúce procesy, ktoré smerujú k tvorbe humusu v pôde. Niektoré druhy húb rodu *Alternaria*, *Aspergillus*, *Humicola* atď. produkujú exudáty (výlučky) podobné humusovým látkam. Takto sa ovplyvňujú v negatívnom, ale aj pozitívnom zmysle nielen biologické, ale aj fyzikálne a chemické vlastnosti pôd.

Činnosť baktérií a mikroskopických húb je dôležitým biologickým indikátorom odlišnosti jednotlivých genetických pôdných typov. K významným ukazovateľom činnosti mikroorganizmov v pôde patrí najmä pôdna respirácia a rozklad celulózy.

**Pôdna respirácia** predstavuje uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy do ovzdušia. Na uvoľňovaní oxidu uhlíka sa podieľajú všetky živé organizmy v pôde. Najväčší podiel, takmer 80 % pripadá na mikroorganizmy. Časť CO<sub>2</sub> sa akumuluje aj v pôdnom humuse, ale viac ako polovica uniká z pôdy do prízemnej atmosféry. Uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy, okrem toho, vyjadruje aj úroveň mineralizácie a množstvo organickej hmoty v pôde, nakoľko pozitívne koreluje s týmito hodnotami.

Pri štúdiu pôdnej respirácie sa najčastejšie stanovuje **bazálna aspirácia** (BR, ktorá hodnotí len skutočné dýchanie pri prirodzenom obsahu organických látok v pôde), zriedkavejšie aj **potenciálna respirácia** (PR, ktorá sa stanovuje po pridaní rýchlo sa rozkladajúcej glukózy, argilínu, lucernovej múčky a pod). Bazálna aspirácia poukazuje na schopnosť mikroorganizmov využívať dostupný substrát, t. j. (predovšetkým organickú hmotu. Potenciálna respirácia je indikátorom mikrobiologickej aktivity vyprovokovanej dávkou ľahko rozložiteľnej organickej hmoty. Jej stanovenie má veľký význam v pôdach ovplyvnených rôznymi negatívnymi faktormi (napr. acidifikácia, zvýšené množstvo ťažkých kovov, negatívna antropizácia a pod.). Dýchanie mikroorganizmov je typom energetického mechanizmu. Pri rozklade polysacharidov a sacharidov sa okrem vodíka a uhlíka uvoľňuje aj značné množstvo energie, ktoré sa následne využíva mikroorganizmami.

Rýchlosť a objem pôdnej respirácie ovplyvňuje okrem dostatočného zdroja, zvyškov odumretých rastlín a pôdneho humusu, aj vlhkosť a teplota pôdy, zloženie mikrobiocenózy. Z údajov intenzity respirácie a biomasy pôdných organizmov môžeme stanoviť **špecifickú respiračnú aktivitu** (ŠRA) pomocou **metabolického kvocientu**  $q_{CO_2}$ , čo je pomer medzi bazálnou respiráciou a mikrobiálnou biomasou. Metabolický kvocient vyjadruje energetickú dostatočnosť ekosystému a používa sa na určenie indexu rozvoja a disturbancie ekosystému.



Nízke hodnoty  $q\text{CO}_2$  signalizujú optimálnu spotrebu uhlíka v metabolizme mikroorganizmov. Veľmi vysoké hodnoty  $q\text{CO}_2$  sú spojené s nedostatkom v počte mikroorganizmov, alebo ich stresovým stavom.

**Rozklad celulózy** je viacstupňový, prevažne biologický proces, ktorý prebieha v aeróbných alebo anaeróbných podmienkach. Pri rozklade celulózy v prítomnosti kyslíka vzniká ako koncový produkt  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{CO}_2$ , zatiaľčo pri nedostatku kyslíka to sú rôzne produkty kvasenia a hnitia ako alkaloidy, organické kyseliny, fenoly, uhl'ovodíky, vodík, metán a pod.

Mikroorganizmy využívajú na rozklad celulózy tzv. celulolytické enzýmy, ktoré produkujú mnohé mikroskopické huby, najmä rodov *Fusarium*, *Phoma*, *Rizoctonia*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Altenaria* a *Verticillium*. Najaktívnejšie sú však bazidiomycety. Schopnosť rozkladať celulózu pozorujeme aj pri baktériách, a to najmä u druhov rodu *Cellvibrio*, *Cellumonas*, *Myxococcus*, *Sorangium*, *Clostridium* a pod.

Rýchlosť prebiehajúceho rozkladu celulózy určuje nielen prítomnosť baktérií a húb, ale aj pôsobenie vlhkosti, teploty, pôdnej reakcie, ale aj množstva, prípadne aj kvality odumretej organickej hmoty a humusu v pôde. Limitujúcim faktorom rozkladu celulózy je tiež dostatok dusíka a jeho pomer k uhlíku (C : N). Nedostatok dusíka v pôde významne spomaľuje rozklad celulózy. Tak tomu je najmä v prípadoch pomeru C : N > 30 : 1. V pôdnom humuse sa takéto hodnoty vyskytujú len veľmi zriedkavo, spravidla len v extrémne kyslom prostredí s pH < 3. Preto sa opadanka ihličnatých lesov rozkladá oveľa pomalšie ako listie a bylenný podrast listnatých lesov. Pomer týchto biogénnych chemických prvkov je v mikroorganizmoch 5 : 1.

Abundancia, variabilita a činnosť tak baktérií ako aj mikroskopických húb je ovplyvnená primárnymi a sekundárnymi ekologickými faktormi.

### **12. 3. Mikroorganizmy v procese biologickej remediácie**

Spoločenstvá rôznych druhov mikroorganizmov predstavujú obrovský potenciál uplatňujúci sa v biosfére pri rôznych biochemických pochodoch. Mikroorganizmy majú kľúčové postavenie predovšetkým pri premenách odumretej organickej hmoty a sú neoddeliteľnou súčasťou kolobehu uhlíka, dusíka, fosforu, ale aj ďalších chemických prvkov. Zásadnú úlohu majú tiež pri regulácii redoxpotenciálov v prírodných systémoch (pôdy, vody),

tiež pri uvoľňovaní zložiek hornín a ich rozpade. Okrem oblastí s extrémnymi podmienkami (pH, teplota, prítomnosť rôznych kovov a pod.) sa mikroorganizmy podieľajú na odbúravaní a transformácii takmer všetkých chemických zlúčenín rôzneho charakteru v prírode. Jednou z rozhodujúcich vlastností mikroorganizmov, ktorá podmieňuje vysokú intenzitu ich metabolickej činnosti, je ich relatívne veľký povrch i napriek rozmerom pohybujúcim sa v rozmedzí niekoľkých  $\mu\text{m}$ , resp. desiatín mm. Ich ďalšou mimoriadnou vlastnosťou je rýchla schopnosť adaptácie na meniace sa životné podmienky. S intenzitou metabolickej činnosti mikroorganizmov súvisí aj ich veľká biosyntetická aktivita.

Ťažké kovy sa vplyvom antropogénnej činnosti stali neželanou súčasťou životného prostredia. Majú ekologicky významné postavenie, pretože viaceré z nich sú toxické už pri nízkych koncentráciách a majú schopnosť akumulovať sa v rôznych živých organizmoch. Biologickou cestou sú nedegradovateľné. Za najviac škodlivé sa považujú prvky As, Cd, Hg a Pb. Avšak aj esenciálne prvky sa vo veľkom množstve stávajú toxickými. Takto sa prejavuje Cr, Co, Sn, Sb, Cu, Ni, Ag, Au, Zn, Mo, W, Mn, Fe a iné. Niektoré látky prítomné v prostredí majú svojim chemickým zložením na mikroorganizmy nepriaznivý vplyv. Sú to tzv. antimikróbne látky, napr. oxidačné a redukčné činidlá, formaldehyd, tenzidy, alkylačné činidlá, ióny ťažkých kovov. Väčšina antimikróbnych látok môže mať vo veľmi nízkych koncentráciách na mikroorganizmy aj stimulačný účinok tým, že zrýchľujú ich metabolickú činnosť.

Dekontaminácia zložiek životného prostredia, predovšetkým vôd znečistených ťažkými kovmi, je jednou z dôležitých úloh súčasnej vedy. Chemická precipitácia, koagulácia, iónová výmena, kvapalinová extrakcia, ultrafiltrácia, reverzná osmóza, adsorpcia, remediácie a bioremediácie predstavujú konvenčné metódy používané na úpravu znečistených vôd kontaminovaných ťažkými kovmi.

**Remediácie** - sú metódy, resp. technológie odstraňovania prírodného alebo antropogénneho znečistenia z rôznych substrátov ako je voda, pôda a vzduch. Remedialné postupy využívajú fyzikálne procesy (odstraňovanie kontaminantov z pôd, ich koncentrovanie a bezpečné uloženie/skládkovanie), chemické procesy (likvidácia, neutralizácia a fixácia nebezpečných zlúčenín), termálne procesy (odstraňovanie alebo deštrukcia kontaminantov spaľovaním, splyňovaním a pod.) a biologické procesy (vyžitie biologického materiálu = bioremediácie).

**Bioremediácie** využívajú schopnosť širokého spektra biologických substrátov, keď sa živá (metabolicky aktívna) alebo aj neživá (metabolicky neaktívna) biomasa uplatňuje za účelom zníženia alebo odstránenia toxických látok rôzneho pôvodu, vrátane ťažkých kovov. Biologické substráty ako napr. baktérie, kvasinky, riasy, chaluhy, rastliny, machy a huby sú schopné nahromadiť kovy z vodného prostredia. Napr. pri odstraňovaní, resp. znižovaní obsahu ťažkých kovov sa z mikroorganizmov uplatňujú, napr.: *Saccharomyces cerevisiae* znižuje obsah  $Cd^{2+}$ , Cr(III), Cr(VI), *Ralstonia eutropha* sa považuje za  $Cd^{2+}$  tolerantný druh, druhy rodu *Mycobacterium* a *Burkholderia* výrazne znižujú koncentráciu polycyklických uhľovodíkov (PAU) tým, že ich biodegradujú, druh *Escherichia coli* je schopný akumulovať Hg. V biologických remediáciách sa však z baktérií najviac uplatňujú druhy rodov *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Nocardia* a iné. Mikroskopické vláknité huby tvoria druhú, v bioremediáciách, veľmi často využívanú skupinu mikroorganizmov. Napr. druh *Aspergillus niger* výrazne znižuje obsah  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , Se (IV), akumuluje a volatilizuje As a pod. *Aspergillus nidulans* akumuluje  $Ni^{2+}$  a jeho mutantné kmene sa považujú za  $Cd^{2+}$  tolerantné. Širokú škálu využitia majú tiež druhy *Aspergillus oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Stachybotrys chartarum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Verticillium marquandii*, *Neosartorya fischeri*, *Trichoderma viride*, *Cunninghamella blakesleeana* a mnohé druhy rodu *Penicillium*.

Baktérie a mikroskopické huby sú častými odpadovými produktmi pri rôznych priemyselných fermentáciách, pretože sa využívajú pri výrobe mnohých organických kyselín (napr. *Aspergillus niger* pri výrobe kyseliny citrónovej), rastových látok, antibiotík (napr. *Penicillium chrysogenum*), emulgátorov a pod. a tak je tu veľká možnosť využitia biomasy ich odpadového mycélia.

Mikroorganizmy majú v procesoch bioremediácie veľký potenciál využitia. Ich štruktúra je veľmi zložitá a existuje veľa spôsobov interakcií kationov kovov a mikroorganizmov. Tieto interakcie závisia jednak od typu mikroorganizmu a jeho metabolickej aktivity ako aj od formy prvku. Bioremediácie redukujú potenciálne, akútne alebo dlhodobé znečistenie, či iné environmentálne riziko.

Na sanáciu znečistenia pôd, vôd a sedimentov sa v súčasnosti používajú najmä konvenčné a relatívne dlho používané fyzikálno-chemické procesy, ktoré sú však prevádzkovo finančne nákladné. Biologické procesy sú alternatívne s množstvom výhod, napr. nízke vstupné a prevádzkové náklady, možnosť selektívneho odstraňovania

kontaminantov, využitie odpadového materiálu, možnosť recyklovať a opätovne použiť už použitý biomateriál - čo je jednak ekonomické a jednak ekologické k životnému prostrediu. Bioremediáciám a mnohým iným metódam odstraňovania kontaminácií zo zložiek životného prostredia, nakladania s odpadmi a pod. sú venované mnohé odborné práce a publikácie.

#### **12. 4. Mikrobiologická charakteristika pôdných typov na Slovensku**

Jednotlivé pôdne typy sú na základe Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska z r. 2012 zaradené do nasledujúcich skupín:

**A. skupina pôd iníciaľných.** Sú to pôdy s iníciaľným pôdotvorným procesom, ktorý je tlmený či narúšaný rôznymi faktormi a podmienkami. Pôdy sú prevažne s ochrickým Ao-horizontom, silikátovým až karbonátovým bez ďalších diagnostických horizontov, s výnimkou glejového horizontu, občas s umbrickým horizontom a náznakmi ďalších horizontov. Z pôdných typov do tejto skupiny pôd patrí litozem, regozem, fluvizem a ranker. Fluvizeme sú pôdy s ochrickým A-horizontom z holocénnych fluviaľných sedimentov, s pôdotvorným procesom slabej tvorby a akumulácie humusu, pretože tento proces je, resp. v nedávnej minulosti bol narúšaný záplavami a aluviaľnou akumuláciou. Pre fluvizeme je typická textúrna rozmanitosť, rôzna minerálna bohatosť a rôzne vysoká hladina podzemnej vody s následným vplyvom na vývoj ďalšieho, glejového G-horizontu. Pôvodným prirodzeným porastom fluvizemí boli v minulosti lužné lesy a lúky. Skultúrené fluvizeme majú rôznorodé chemické a fyzikálne vlastnosti. Môžu byť kyslé až alkalické. Obsah humusu a živín môže byť najmä v širších alúviách dosť vysoký z dôvodu občasného naplavovania humifikovaných organických látok počas povodní. Fluvizeme sa vyskytujú v rôznych nadmorských výškach a klimatických oblastiach Slovenska s čím úzko súvisí aj rôzna mikrobiocenóza a to najmä v obrábaných a v lúčnych pôdach. Mykocenóza tejto skupiny pôd je pestrá s najčastejšie sa vyskytujúcimi druhmi rodu *Absidia* (*A. glauca* var. *glauca*, *A. spinosa* var. *spinosa*), *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. niger*), *Cladosporium*, *Cunninghamella*, *Mucor*, *Mycocladius*, *Neosartorya*, *Penicillium* (*P. decumbens*, *P. expansum*), *Talaromyces*, *Trichoderma* (*T. harzianum*, *T. viride*).

**B. skupina pôd rendzinových.** Sú to pôdy s mačtinovým pôdotvorným procesom až po procesy akumulácie a stabilizácie humusu, s výnimkou recentných alúvií. Pôdy majú molický

Am-horizont, niekedy až ochrický horizont bez ďalších diagnostických horizontov alebo len s ich náznakmi. Z pôdných typov do tejto skupiny pôd patrí rendzina a pararendzina.

**C. Skupina molických pôd** - je charakteristická procesom intenzívneho hromadenia a premeny organických látok, t. j. humifikácie zvyškov najmä stepnej a lužnej vegetácie, podmieňujúcim vznik molického A-horizontu, v podmienkach nepriesakového až periodicky priesakového vodného režimu. Sú to pôdy s dominantným molickým Am-horizontom, ktoré sú okrem možnej prítomnosti glejového horizontu bez ďalších diagnostických horizontov alebo len s ich náznakmi. Z pôdných typov do tejto skupiny pôd patrí černozem a čiernica. Černozeme sú reliktné pôdy, pozostatok kumulácie zvyškov stepných tráv na jar a ich humifikácie v letnom období roka. Majú len molický A-horizont do hĺbky 0,6 m, pričom najčastejším pôdotvorným substrátom je karbonátová spraš. Čiernice sú v typickom vývoji dvojhorizontové A-CG pôdy, najčastejšie vyvinuté z fluviálnych silikátových a karbonátových sedimentov rôzneho veku, na ktorých sa už neakumuluje nový sediment. Podmienkou je teplá a suchá klíma s výparným režimom. Pre vývoj čiernic je potrebné dlhodobé periodické zvlhčovanie profilu podzemnou vodou. Dominantným pôdotvorným procesom podmieňujúcim vznik čiernic, je výrazná tvorba a hlboká akumulácia vysokokondenzovaných organických látok na pôdotvorných substrátoch v podmienkach zvýšeného prevlhčenia pôdy podzemnou vodou. Čiernice sa vyvinuli vo všetkých nížinách Slovenska, klimaticky ohraničených teplou, suchou, lokálne mierne suchou oblasťou v nadmorských výškach od 95 do 200 m. Niektoré subtypy čiernic patria medzi naše najúrodnejšie pôdy. Ich mikrobiocenóza je bohatá a pestrá vďaka dostatočnej zásobe organických látok, vyrovnanému priebehu mineralizačných a humifikačných procesov a neutrálnej až slabo alkalickéj pôdnej reakcii. Medzi najčastejšie sa vyskytujúce druhy pôdných mikroskopických húb patrí *Absidia glauca* var. *glauca*, *A. spinosa* var. *spinosa*, *Acremonium murorum*, *A. roseogriseum*, *A. sclerotigenum*, *Actinomucor elegans*, *Alternaria alternata*, *A. brassicae*, *A. tenuissima*, široká škála druhov rodu *Aspergillus*, *Aureobasidium pullulans* var. *pullulans*, *Circinella simplex*, *Cladosporium herbarum*, *C. macrocarpum*, *Cordana pauciseptata*, *Curvularia lunata*, *Cylindrocarpon album*, *Doratomyces stemonitis*, *Emericella nidulans*, *Eupenicillium brefeldianum*, *Eurotium rubrum*, široká škála druhov rodu *Fusarium*, *Gliocladium atrum*, *Hamigera avellanea*, široká škála druhov rodu *Chaetomium*, *Mucor* a *Penicillium*, *Phoma betae*, druhy rodu *Rhizopus*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Ulocladium chartarum*, *Zygorhynchus moelleri*.

**D. skupina vertikálnych pôd.** Patrí tu pôdny typ smonica na ílovitých morských substrátoch, s humusovým A povrchovým horizontom, ktorý podobne ako aj podpovrchový horizont má vertikálne tvary, t. j. trhliny a sklzné plochy vytvárané napučíavaním a usadením pôdnej hmoty.

**E. skupina umbrických pôd** s pôdnym typom umbrizem. Tento pôdny typ má silno kyslý povrchový A-horizont tmavej farby hrubý najmenej 20 cm, je kyprej konzistencie a vytvorený z kyslého pôdotvorného substrátu v lesnom poraste. Z mikroskopických húb boli z umbrizeme izolované druhy *Cladosporium cladosporioides*, *Fomes fomentarius*, *Isaria fumosorosea*, *Mortierella parvispora*, *Mycocladius corymbifer*, *Penicillium griseofulvum*, *P. janthinellum*, *P. lanosum*, *Trichoderma koningii*, *T. viride*, *T. viridescens*, *Trichophaea abundans* a *Umbelopsis ramanniana*.

**F. skupina ilimerizovaných pôd** predstavuje pôdy s procesom ilimerizácie, t. j. translokácie a akumulácie koloidných ílovitých častíc a niektorých voľných seskvioxidov v podmienkach priesakového alebo sezónne priesakového typu vodného režimu. Sú to pôdy translokačné s dominantným podpovrchovým luvickým Bt-horizontom. Do tejto skupiny pôd patrí hnedozem a luvizem. Hnedozeme sú typické trojhorizontovým A-Bt-C pôdnym profilom. Pôdotvorným substrátom sú spraše, sprašové hliny, svahoviny a neogénne sedimenty. Pôvodným porastom boli lesy s hustým trávnatým porastom. Lesy sa postupne vyrúbali a dnes patria hnedozeme medzi naše najviac skultúrené pôdy. Pretože majú nedostatok humusu, ktorý má nižšiu stabilitu, je humusový horizont plytký a svetlý. Hnedozeme sú rozšírené najmä v územiach pahorkatín a nízko položených kotlin v nadmorskej výške od 150 do 480 m. V hnedozemiach prebieha intenzívna mikrobiálna aktivita, ktorá sa odráža na pomerne rýchlej premene organickej hmoty a preto obrábané hnedozeme patria k našim veľmi úrodným pôdam. Luvizeme sú pôdy so štyrmi horizontami: A, El, Bt a C, kedy pod humusovým A horizontom s nízkym obsahom humusu a kyslej reakcie vzniká vybielený eluviálny E horizont ochudobnený o íl, ktorý sa kumuluje v Bt horizonte. Zo skupiny ilimerizovaných pôd boli izolované druhy rodu *Absidia*, *Actinomucor elegans*, *Alternaria* (*A. alternata*, *A. humicola*), široká škála druhov rodu *Aspergillus*, *Botrytis cinerea*, *Circinella simplex*, *Clonostachys rosea* f. *rosea*, *Cylindrocarpum album*, *Emericella nidulans*, *E. rugulosa*, *Eurotium herbariorum*, široká škála druhov rodu *Fusarium*, *Chaetomium*, *Mucor* a *Penicillium*, *Phoma glomerata*, *Purpureocillium lilacinum*, *Rhizomucor pusillus*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Stachybotrys chartarum*, *S. cylindrospora*, *Stemphyllium botryosum*, druhy rodu *Trichoderma* a *Verticillium*.

**G. Skupina kambizemných pôd.** Do tejto skupiny patria pôdy s procesom brunifikácie (hnednutia): alterácie, oxidického zvetrávania (fyzikálne a chemické premeny prvotných minerálov, oxidov železa a ílových minerálov). Sú to pôdy alternačné s dominantným Bv-horizontom. Patria sem kambizeme s kambickým Bv-horizontom, pod ochrickým alebo umbrickým A-horizontom. Kambizeme patria medzi naše najrozšírenejšie pôdy. Pre pôdy nižších polôh je charakteristická pomerne rýchla mineralizácia rastlinných zvyškov, nízka intenzita nitrifikácie a pomerne pestrá mikrobiocenóza. So stúpajúcou nadmorskou výškou sa menia tak primárne ako aj sekundárne ekologické faktory, ktoré ovplyvňujú vlastnosti pôd a tým aj zloženie mikrobiálneho spoločenstva, v ktorom klesá abundancia baktérií a stúpa zastúpenie mikroskopických húb. Mykocenóza kambizemí je pestrá s početným zastúpením druhov rodu *Absidia*, *Acremonium*, *Acrostalagmus*, *Actinomucor*, *Alternaria*, *Amylomyces*, *Aphanoascus*, *Arthroderma*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Beauveria*, *Bispora*, *Byssochlamys*, *Cephalosporium*, *Circinella*, *Clonostachys*, *Coemansia*, *Curvularia*, *Doratomyces*, *Engyodontium*, *Eupenicillium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Gelatinospora*, *Geomyces*, *Gongronella*, *Gymnoascus*, *Hormographiella*, *Chaetomium*, *Idriella*, *Lecanicillium*, *Malbranchea*, *Mortierella*, *Mucor*, *Myrothecium*, *Neosartorya*, *Omphalospora*, *Paecilomyces*, *Papulaspora*, *Penicillium*, *Pochonia*, *Ramichloridium*, *Taeoniella*, *Thamnidium*, *Trichoderma*, *Truncatella*, *Ugola*, *Volutella*, *Wallemia*, *Wardomyces* a *Zygorhynchus*.

**H. Skupina andozemných pôd.** Predstavuje pôdy s andozemným pôdotvorným procesom vytvorené zo sopečných hornín s výskytom alofánu a tým nadmernej akumulácie humusu a nízkej objemovej hmotnosti. Sú to alternačné pôdy s dominantným melanickým Aa-horizontom. Do tejto skupiny pôd patrí andozem, ktorá má melanickým A-horizont a kambický Bv-horizont zo zvetralín vulkanických hornín s prevahou vitrických substancií. Z mikroskopických húb boli v andozemi zaznamenané druhy *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. wentii*, *Aureobasidium pullulans* var. *pullulans*, *Fusarium oxysporum*, *Mycocladius corymbifer*, *Penicillium expansum*, *P. glabrum*, *P. glandicola*, *P. janthinellum*, *P. restrictum*, *P. thomii*, *P. waksmanii*, *Rhizopus oryzae*, *Trichoderma koningii* a *Umbellopsis ramanniana*.

**I. Skupina podzolových pôd** je charakteristická procesom podzolizácie, t. j. vertikálnej translokácie a akumulácie seskvioxidov a humusových látok v pôdnom profile. Do tejto skupiny pôd patrí podzol. Podzoly sú štvorhorizontové A-Ep-Bs-C pôdy, ktoré sa vyvinuli prevažne z ľahších zvetralín kyslých hornín v podmienkach chladnej a vlhkej klímy vysokohorských polôh. Lokálne sa nachádzajú aj v stredných a nízkych polohách, ak

pôdotvorným substrátom sú extrémne kyslé horniny (napr. výstupky kremencov, kremité viate piesky a pod.). Dominantným pôdotvorným procesom pri vývoji týchto pôd je proces podzolizácie, t. j. vnútropôdne zvetrávanie minerálov s následnou translokáciou seskvioxidov (oxidy Al a Fe) a nízkomolekulových organických látok perkolujúcich vodami a ich akumuláciou v podloží. Sú to pôdy extrémne kyslé ( $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} < 5$ ) vo všetkých horizontoch. Podzoly sú najviac rozšírené vo Vysokých a Nízkych Tatrách na ľahších zvetralinách kyslých, prevažne granitoidných hornín a vo vrcholových partiách iných kryštálických pohorí Slovenska. Sú rozšírené v nadmorských výškach od 800 (1400) – 2000 m v oblasti alpínskych lúk, kosodreviny a smrekových lesov. Menšie komplexy podzolov sa vyvinuli pod borovicovými lesmi na viatych kremičitých pieskoch Borskej nížiny v nadmorskej výške 200 až 235 m. V podzoloch sa hromadí kyslý surový humus a tiež procesy mineralizácie a humifikácie prebiehajú pomerne pomaly. Tieto podmienky predurčujú najmä chudobnú bakteriocenózu. Aj keď je abundancia pôdnych mikroskopických húb nižšia, jej variabilita a pestrosť je vysoká. Izolované boli druhy rodu *Absidia*, *Acremonium*, *Acrostalagmus albus*, druhy rodu *Aspergillus*, *Backusella lamprospora*, *Botrytis cinerea*, *Cephalosporium curtipes*, *Coemansia reversa*, *Cylindrocarpon obtusiusculum*, *Emericella nidulans*, druhy rodu *Fusarium*, *Gilmaniella humicola*, *Hormographiella verticillata*, druhy rodu *Chaetomium*, *Mucor*, *Mycocladius corymbifer*, *Neosartorya fischeri*, široká škála druhov rodu *Penicillium*, *Rhizopus oryzae*, *Sarocladium strictum*, *Trichocladium opacum*, *Umbellopsis ramanniana* a *Zygorhynchus moelleri*.

**J. Skupina hydromorfných pôd.** Sú to pôdy s hydromorfným pôdotvorným procesom prebiehajúcim pod dlhodobým vplyvom zvýšenia pôdnej vlhkosti za nedostatku kyslíka v pôdnej hmote. Pôdy majú dominantný mramorovaný Bg-horizont, či glejový podpovrchový horizont BG. Do tejto skupiny pôd patrí pseudoglej a glej. Pseudogleje ako trojhorizontové A-Bm-C pôdy, ktoré sa vyvinuli z rôznych, prevažne nekarbonátových pôdotvorných sedimentov v podmienkach premyvného vodného režimu s prebytkom povrchových, najčastejšie hypodermických vôd. Pôdy majú na povrchu plytký a svetlý, tzv. ochrický humusový horizont. Pseudogleje sa vyvinuli prevažne na zarovnaných formách reliéfu hraničicích so svahmi. Najčastejšie sú to oblasti úpätných svahovín, riečne terasy, pseudoterasy a pod. v teplej až mierne chladnej klimatickej oblasti v nadmorskej výške od 200 do 1000 m a prevažne zalesnené listnatými lesmi. Gleje sú pôdy s glejovým redukčným G-horizontom do 50 cm od povrchu. Fyzikálno-chemická charakteristika týchto pôd a redukčné procesy súvisiace s vytlačením kyslíka predurčujú týmto pôdam nízku



mikrobiocenózu a výrazný pokles niektorých jej skupín, napr. Mucoromycotina. Medzi mikroskopické huby vyskytujúce sa tak v pseudogleji ako aj gleji možno zaradiť druhy *Aspergillus fumigatus*, *Doratomyces stemonitis*, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*, *Penicillium canescens*, *P. decumbens* a *P. janthinellum*.

**K. Skupina salinických pôd** je charakterizovaná salinickými pôdotvornými procesmi ako je zasolenie, slancovanie a solidizácia. Sú to pôdy s dominantným slaniskovým S-horizontom alebo (alebo tiež) slancovým Bn-horizontom. Patrí sem slanisko a slanec, ktoré sa ostrovčekovite nachádzajú v oblasti Komárna, Šale, Nových Zámkov a na Východoslovenskej nížine.

**L. Skupina kultizemných pôd** - je charakteristická výrazným kultivačným pôdotvorným procesom. Sú to pôdy s dominantným kultivačným Ak-horizontom bez ďalších diagnostických horizontov. Do tejto skupiny pôd patrí kultizem s kultizemným melioračným A-horizontom > 35 cm a hortizem horizontom s hortickým Ah horizontom s výraznejšími znakmi pozitívnej antropizácie pôdy v záhradách alebo sadoch. Z mikroskopických húb boli doteraz z kultizeme izolované druhy *Acrostalagmus luteoalbus*, *Alternaria alternata*, *Arthrinium sphaeospermum*, *Arthroderma uncinatum*, druhy rodu *Aspergillus*, *Byssochlamys nivea* var. *nivea*, *Clonostachys rosea* f. *rosea*, *Cunninghamella elegans*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Humicola fuscoatra* var. *fuscoatra*, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*, *Neosartorya fischeri*, *Paecilomyces variotii*, druhy rodu *Penicillium*, *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia*, *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*, *Staphylotrichum coccosporum*, *Talaromyces trachyspermus*, *T. udagawe* a druhy rodu *Trichoderma*.

**M. skupina technogénnych pôd** zahŕňa pôdny typ antrozem (pôvodne prírodné materiály) a technozem (človekom vyrobené látky).

Z hľadiska výskytu a biodiverzity pôdnych mikroskopických húb môžeme jednotlivé pôdny typy zhodnotiť nasledovne: zastúpenie predstaviteľov Mucoromycotina, ktoré v pôdach vyžadujú dostatok ľahkorozložiteľných organických látok, je v skupine iniciálnych (A.), molických (C.), ilimerizovaných (F.) a kambizemných pôd (G.) viac-menej rovnaké, resp. s minimálnymi rozdielmi. Skupina hydromorfných pôd (J.), charakteristická redukčnými procesmi, je naopak na Mucoromycotina veľmi chudobná. K najčastejšie sa vyskytujúcim patria druhy *Absidia glauca* var. *glauca*, *A. spinosa* var. *spinosa*, *Mucor fragilis*, *Mycocladius corymbifer*, *Rhizopus stolonifer* var. *stolonifer*, ktorých frekvencia výskytu sa v jednotlivých pôdnych typoch pohybuje od 56,2 % do 68,7 %. Výrazne najbohatšiu a druhovo najpestrejšiu

skupinu tvoria Ascomycota a ich anamorfné štádia. K najčastejšie sa vyskytujúcim patria druhy *Acremonium murorum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. versicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *F. sporotrichoides*, *Penicillium aurantiogriseum* var. *aurantiogriseum*, *P. canescens*, *P. citrinum*, *P. decumbens*, *P. expansum*, *P. funiculosum*, *P. chrysogenum*, *P. janthinellum*, *P. purpurogenum*, *Trichoderma koningii* a *T. viride* s frekvenciou výskytu od 56,2 % do 81,2 %. Ascomycota a ich teleomorné štádia tvoria menšiu skupinu mikroskopických húb s najčastejšie identifikovaným druhom *Talaromyces flavus* a *T. wortmanii*. Najbohatšie rodové a druhové zastúpenie Ascomycota sme zaznamenali v skupine iniciálnych (A.) a v skupine molických pôd (C.), menej v skupine ilimerizovaných (F.) a v skupine kambizemných pôd (G.). Skupina podzolových (I.) a hydromorfných pôd (J.) je na Ascomycota ešte chudobnejšia.