

Mullamikrobioloogia

Mullamikrobioloogia on mulla (mikro-)organismide ja nende poolt läbiviidavate protsesside uurimine.

Peamiselt uuritakse protsesse, mis mõjutavad esmaproduktiooni, aineringet ja keskkonna seisundit (kvaliteeti). Uute uurimisvaldkondade hulka kuuluvad taimekahjurite bioloogiline tõrje, saasteainete lagundamine ning mulla organismide ja keskkonna vastasmõjud (mikroobiökoloogia), risosfääri mikroobikooslus, mikroobide osa mulla struktuuri kujundamisel, ökotehnoloogiad- kompostimine, mahepõllumajandus.

Tähtsamad nimed mullamikrobioloogias: Sergei Winogradski (1856-1953)- nitrifikatsioon ja väevli oksüdeerimine; Pfeffer ja A.B. Frank- mükoriisa; J.G. Lipman (1874-1939) - mulla organismide mõju mulla viljakusele ja taimede kasvule.

Mulla mõiste

Muld on maakoore pindmine kobe kiht, mis on tekkinud elusa ja eluta looduse (kivimite) pikaajalisel vastastikusel toimel.

Muld on kompleks, mis koosneb tahkest anorgaanilisest aineest, orgaanilisest aineest, veest, õhust ja elusorganismidest. Mineraalmulla põhikomponendid on liiv, savi ja kruus. Sõltuvalt savi ja liiva osakaalust mullas kujuneb mulla struktuur.

Mulla koostis

mineraalid - peamiselt räni, alumiinium, raud, väikestes kogustes Ca, Mg, K, Na, P orgaaniline aine, mis koosneb süsivesikutest, valkudest, lipiididest vesi ja gaasid, mulla organismide hingamise tõttu on CO₂ kontsentratsioon mullas kõrge

mulla organismid - bakterid, seened, algloomad, nematoodid, rõngussid, lestad, putukad, roomajad, soojaverelised

Mulla orgaaniline aine

Orgaaniline aine moodustab kogu mullast 2-10% (keskm. 4%) haritavatel maal.

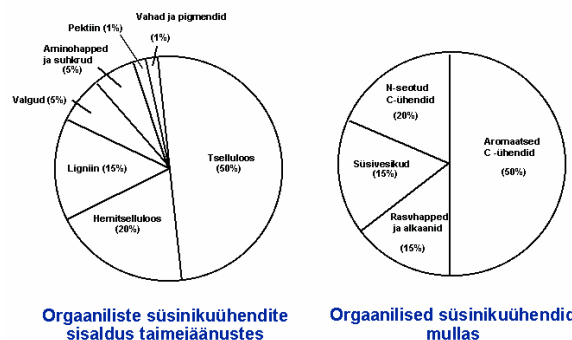
Kogu org. aine mullas on pärit mikroorganismide, taimede ja loomade jäänustest. Suurim osa org. aineest pärineb taimedest.

Põhiosa orgaanilisest aineest esineb mullas huumusena (suure molekulmassiga pruun või must aine).

Huumus koosneb osalisest lagunenu org. aineest, mille mikrobioloogiline

lagunemine on väga aeglane. Huumus on juhusliku järjestusega polümeer, mis koosneb aroomaatsetest ja heterotsükliilistest rõngastest. Huumuse ruumiline struktuur on käsnakujuline, mis absorbeerib vett, ioone, org. molekule. Huumuse teke on peamiselt mikrobioloogiline protsess- orgaaniliste polümeeride lagundamine monomeerideks ja sellele järgnev polümeerisatsioon spontaansete keemiliste reaktsioonide vahendusel.

1996 a avastati, et mullas esineb suures koguses (kuni 100 mg/g) valk glomaliin, mida arvavasti toodavad seened (*Glomales*). See valk on väga stabiilne mullas, arvatakse et ta seob mullaosakesi. Glomaliin võib moodustada kuni 27% mulla



orgaanilisest süsnikust ja tema osakaal mulla orgaanilises aines on suurem kui huumusel.

Mulla keemilised ja füüsikalised omadused

pH, enamik mulla mikroobe eelistab pH vahemikku 6-7

Toitained. Erinevad mullad sisaldavad erinevas koguses ja eri kujul orgaanilist ainet, anorgaanilist ja orgaanilist lämmastikku ning fosforit.

Temperatuur: mesofiilid 8(15)-45 °C, temperatuur mõjutab nii rakkude füsioloogiliste protsesside kiirust kui

ka mulla füüsikalisi ja keemilisi omadusi. Enamikel mikroobidel on min-max temperatuuri vahemik ~30 °C.

Vesi, mikroobidele on optimaalne veepotentsiaal -0.01 MPa

Gaasid: aeroobne * anaeroobne (O₂ <1%), CO₂ kontsentratsioon mullaatmosfääris on 1 või 2 suurusjärku suurem kui maapealses õhus, sügavuse suurenedes CO₂ kontsentratsioon suureneb. Redokspotentsiaal

Struktuur: pooridel on oluline osa vee ja õhu liikumisel mullas, poorid jagatakse mikropoorideks (<30 µm) ja makropoorideks (30-100 µm).

Mullahorisontide tähised mulla iseloomustustes:

- O** orgaaniline horisont, koosneb taimede ja loomade jäänustest (metsakõdu, rohukulu)
- A** huumushorisont, akumulatiivne horisont
- E** leethorisont, eluviaalne horisont
- B** illuviaalne horisont (sisseuhte horisont)
- C** lähtekivim

Mulla organismid

Mulla elustik e. edafon on mullas elavate organismide kogum.

Mulla mikroorganismid on viirused, bakterid, seened, vetikad ja algloomad; kokku moodustavad nad vähem kui 0.5% mulla märgkaalust.

Bakterid, seened ja vetikad moodustavad mulla **mikrofloora**.

Mullas on palju erinevaid mikroelupaiku.

Organismid	Arvukus g ⁻¹	Biomass (kg/ha)
Bakterid	10 ⁸ -10 ⁹ 10 ⁷ -10 ⁸	300-3000 300-3000
Seened	10 ⁵ -10 ⁶	500-5000
Vetikad	10 ³ -10 ⁶	10-300
Algloomad	10 ³ -10 ⁵	5-200
Lüljalgsed	30	500-1000
Vihmaussid		350-1000 (2500)
Taimejuured		10-50 tonni

Bakterid

Looduslikes muldades on bakterite liigiline mitmekesisus, hinnatuna kasutades molekulaarseid meetodeid, suurusjärgus 6000-10 000 *E. coli* genoomi; haritavatel maadel 350-1500 genoomi. Kultiveerimisel põhinevad meetodid annavad tulemuseks vähem kui 40 genoomi. Mikrobioloogilisest seisukohast vaadatuna koosneb muld väga suurest hulgast mikroelupaikadest. Mulla osakeste suurusel on mikroobikoosluse struktuurile suurem mõju, kui keskkonna pH või orgaanilise aine sisaldusel. Oluline on ka orgaanilise aine kvalitatiivne koostis; kergemini lagundatav orgaaniline aine põhjustab α- ja γ-proteobakterite domineerimist (peamiselt r-strateegid), orgaanilise aine väike kontsentratsioon soodustab *Acidobacterium* hõimakonna bakterite osakaalu suurenemist koosluses. Mikroobikoosluse struktuuri mullas mõjutavad oluliselt kliimaga seotud tegurid- sademed, temperatuur. Mulla osakeste pinnal toimuvad tsüklilised veesisalduse muutused, mis põhjustab omakorda muutusi mikroobikoosluse struktuuris. Osa mikroobikooslusest sureb mullaosakese kuivamise käigus.

Proteobakterid -heterotroofid, kemolitotroofid ja kemofototroofid, aeroobid, anaeroobid. (*Pseudomonas*, *Nitrosomonas*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Chromatium*, purpursed mitteväävlbakterid)

Rohelised väävlibakterid - anaeroobsed fotolitotroofid, kasutavad S^0 või H_2S elektronidoonorina

Suure G+C sisaldusega G⁺ liigid -aktinomütseedid. Aktinomütseedid on kemoorganotroofsed filamente moodustavad bakterid. Enamik mullast isoleeritud aktinomütseete on streptomütseedid, kes suudavad lagundada ligniini, kitiini, pektiini, keratiini, huumusainet. Aktinomütseete hulka kuuluvad ka perekond *Frankia* liigid.

Madala G+C sisaldusega G⁺ liigid- sporogeensed batsillid. *Bacillus* (aeroobne, katalaaspositiivne) ja *Clostridium* (anaeroobne, katalaasnegatiivne).

Tsüanobakterid- obligaatsete fototroofid, esinevad üherakulistena, kolooniatena, filamentidena.

Enamik baktereid mullas on organotroofid ja põhiosa orgaanilisest ainest lisandub mulda taime juurte või taimejäänuste kujul.

Mulla ülemises kihis on bakterite ja seente biomass ning arvukus suurem kui sügavamates kihtides.

Risosfäär

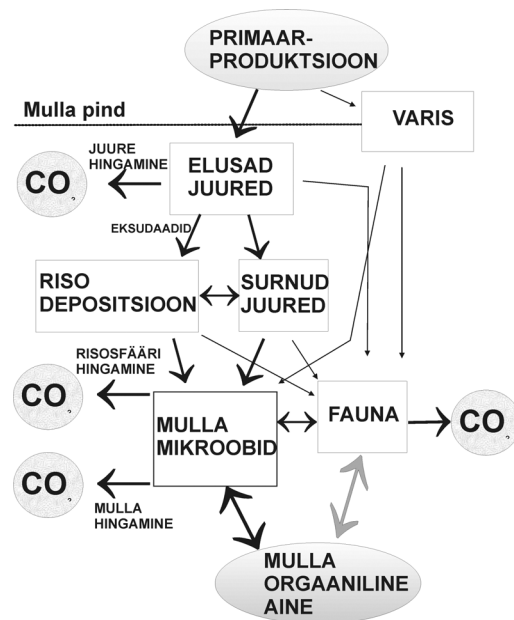
Risosfääri mikroobikoosus erineb kvantitatiivselt ja kvalitatiivselt mulla mikroobikoosusest. See erinevus väljendub nii mikroorganismide arvukuse väärtustes kui ka koosluse erinevate osade esindatuses. Taime juured eritavad ümbritsevasse mulda ühendeid, mis soodustavad mikroorganismide kasvu (lahustunud C-ühendite kontsentratsioon võib olla kuni 100 korda suurem juurte läheduses). Kuni 40% taimede primaarproduksioonist maismaal arvatakse suunduvat risosfääriprotsessidesse. Samas juuri ümbritsevat mulda asustavad mikroorganismid eritavad keskkonda eksoensüüme ja taimekasvufaktoreid, muutes nii ise aktiivselt oma elukeskkonda. Juureeritiste kogus ja koostis erineb nii piki juurt kui ka juurest kaugenedes, mistõttu ka risosfääri mikroorganismid on juurestiku eri piirkondades erineva mõju all.

Enamasti kasutatakse risosfääri mikroorganismide uurimisel mikroorganismide arvukuse ja ensümaatilise aktiivsuse näitajaid. Tihti rakendatakse juurestiku mõju hindamisel juurestiku/mulla mikroorganismide suhet, mis võrdleb juurestiku mikroorganismide arvu juurtest vabas mullas olevate mikroorganismide arvuga. See suhe sõltub nii taime liigist kui ka juure ruumilisest paiknemisest ja on vahemikus 5-100, kuid enamasti 10-20 piires. Lisaks bakteritele on juurte läheduses suurem ka algloomade arvukus.

Kirjanduse andmetel on risosfääri mikroobikoosuse struktuur sõltuv taime liigist. Oletatakse, et erinevad puu- ja rohttaimede liigid erinevad juurte kaudu eritavate ühendite koostise osas ning see omakorda põhjustab erinevusi juurestiku mikroobikoosuse struktuuris ja arvukuses.

Bakterid katavad juure pinnast 5-10%, ülekaalus on G⁻ bakterid (*Pseudomonas*, *Achromobacter*), vähem on G⁺ baktereid (*Bacillus*, *Arthrobacter*).

Risosfäär on see osa mullast, mis paikneb vahetult taime juurte ümbruses ja on juurte poolt mõjutatud.



Endofüütsed bakterid

Endofüütsed bakterid elavad taime juurtes. Nad soodustavad taime kasvu ja kaitsevad taime tõvestavate mikroobide eest. Bakterite arvukus juures varieerub vahemikus 10^3 - 10^7 KMÜ/g toorkaalu kohta. Leitud on liike perekondadest *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Erwinia*, *Cellulomonas*, *Clavibacter*, *Curtobacterium* ja *Microbacteriu*.

Mükoriisa e. seenjuur on sümbioos taimejuure ja seene vahel. Seen varustab taime mineraalsete toitainetega mullast. Mükoriisa erineb teistest risosfääri assotsiatsioonidest suurema spetsiifilisuse ja organiseerituse taseme poolest. Eristatakse ekto- ja endomükoriisat. Ektomükoriisa (esineb männil, kasel, pajul, tammel) puhul paiknevad seene niidid taime rakkude vahel ja ümber, endomükriisa (esineb enamikul teraviljadel, kanarbikulised, orhideed, kartul, õunapuu) korral tungib seene niit taime rakku, kus moodustuvad vesiikulid. Ektomükoriisa seente optimaalne kasvutemp. on 15-30°C ja pH 4.0-6.0.

Taime kasu mükoriisast: toitainete parem absorptsioon mullast, ionide selektiivne absorptsioon mullast, resistentsus taimepatogeenide suhtes (antibiootikumide tootmine), suurem taluvus toksiinide suhtes, suurem taluvus keskkonnategurite temp., niiskuse, pH) kõikumise suhtes. Seen saab taimelt fotosünteesiprodukte.

Patogeensed mikroorganismid mullas

Clostridium tetani (põhjustab teetanust), *Clostridium botulinum* (põhjustab botulismi) ja *Clostridium perfringens* (põhjustab gaasgangreeni) on endospore moodustavad bakterid, kelle tavaliseks elupaigaks on muld taimehaigusi põhjustavd enamasti seened, millede osa elutsüklist möödub mullas mullas esineb baktereid (*Bacillus thuringiensis*), mis on patogeensed putukatele

Mõned mullamikrobioloogiat käsitlevad ajakirjad:

Soil Biology and Biochemistry, Biology and Fertility of Soils, Applied Soil Ecology, Applied and Environmental Microbiology, Microbial Ecology, Environmental Microbiology