



## **PÕLLUMULDADE BIOLOOGILISE MITMEKESISUSE UURIMINE JA SOBIVA METOODIKA VÄLJA TÖÖTAMINE (INDIKAATOR: COLLEMBOLATE ARVUKUS, LIIGILINE KOOSSEIS)**

Jätkuuringu teemaks oli „Muldade bioloogiline mitmekesisuse seiremetoodika täiendamine Indikaator: Hooghännalised (*Collembola*)- arvukus ja liigiline koostis mullas”.

Töö teostaja: TTÜ Tartu Kolledž, Põllumajandusuuringute Keskus, Mullaseire büroo

Uuringu eesmärgiks on selgitada välja põllumuldade bioloogilise mitmekesisuse erinevused olenevalt viljelusviisist ja tehnoloogiast ning sõltuvalt muldade omadustest. Välja töötada sobiv metoodika mullaproovide võtmiseks ja analüüsiks, et saada interpreteeritavaid tulemusi bioloogilise mitmekesisuse hindamiseks ja erinevate põllumajanduslike tootmisviiside võrdlemiseks mullaelustiku seisukohalt.

### **Metoodika**

Mullaelustiku seiret viidi läbi 18 proovialal, millest kaheksal teostati seiret nii 2009. a. kui ka 2010. aastal. Proovialad valiti välja koostöös Põllumajandusuuringute Keskusega ja paiknevad Tartumaal (Ilmatsalu – proovialade lühendid: I1, I2, I3, Rannu – R1, R2), Viljandimaal (Olustvere – O1, O2, O3), Põlvamaal (Põlva – Põ1, Põ2, Põ3, Põ4), Jõgevamaal (Palamuse – Jõ1) ja Raplamaal (Kuusiku – TKK1, TKK2, MKK1, MKK2). Proovialade valimisel võeti aluseks erinevad viljelusviisid (tavaviljelus, keskkonnasõbralik majandamine (KSM), mahetootmine), erinevad kultuurid (rohuma, teravili allakülviga, teravili, raps, hernes/vikk) ja erinevad mullatüübid ning lõimised.

### **Tulemused ja arutelu**

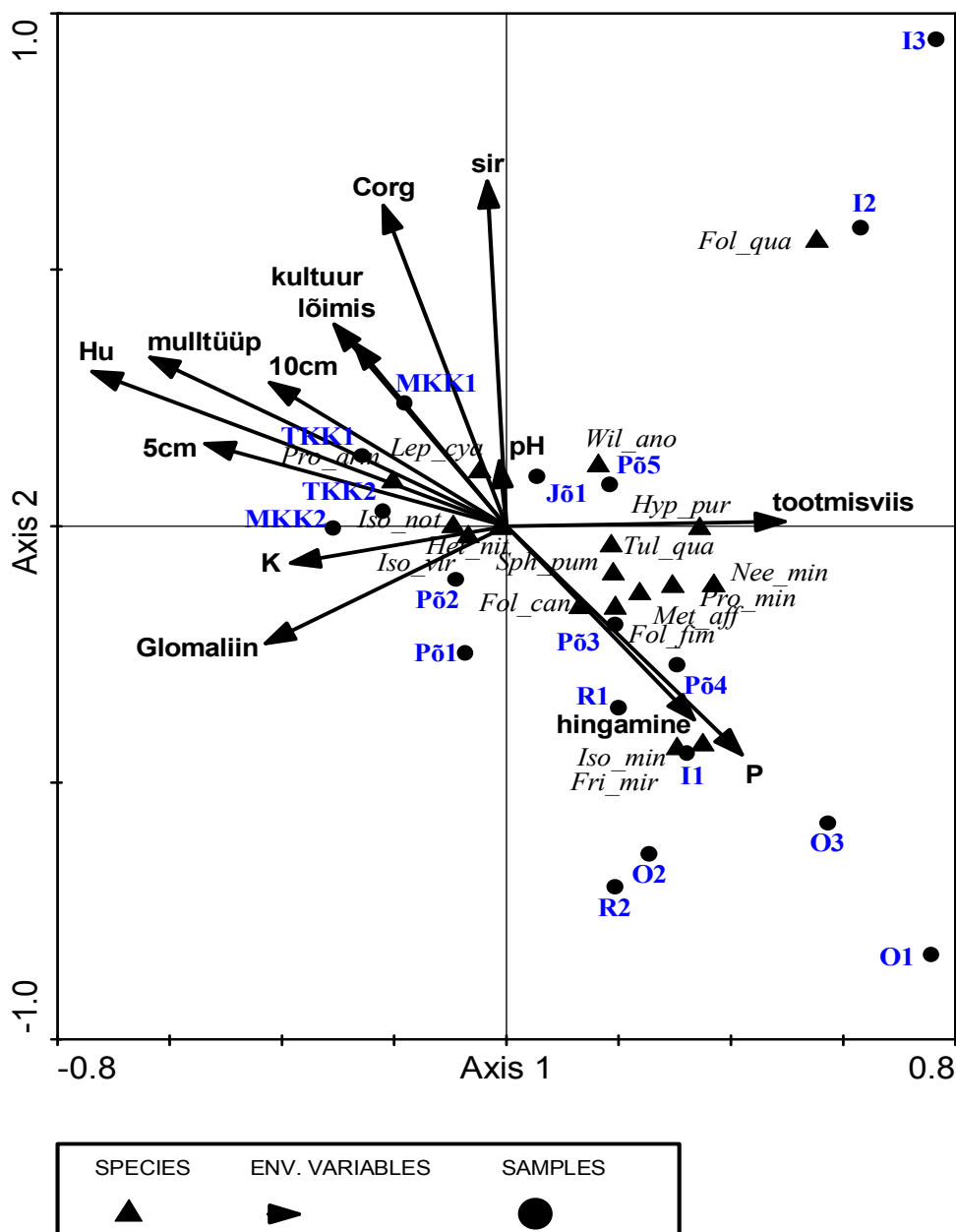
Maaelu arengukava (MAK) põllumajandusliku keskkonnatoetuse (PKT) seire ja hindamise raames jätkati 2010. aastal juba 2009 a. alustatud mullaelustiku uuringut hooghännaliste arvukuse ja liigilise koostise osas. Hooghännalised on väga oluline mulla seisundit näitav indikaator kuna hooghännaliste mitmekesisus on otseselt seotud mulla kogu bioloogilise mitmekesisusega:

- hooghännalised on ühed kõige tähtsamatest organismidest mulla orgaanilise aine lagunemisprotsessis, olles levinud agendid seeneeostele ja bakteritele ning aidates kaasa seente arenemisele lagunemisprotsessi ajal;
- hooghännalised on üks kõige sagedamini kasutatavaid ökoloogilisi gruppe mulla ökoloogilise hindamise läbiviimisel, kuna nad on väga tundlikud muutuste suhtes maakasutuse praktikates

Hooghännaliste arvukuse ja liigilise koosseisu määramise metoodika täiendamiseks võeti proovid erinevatelt sügavustelt. Tulemuste analüüsil selgus, et liikide arv, võetuna 0-5 cm sügavuselt ja liikide arv, võetuna 5-10 cm sügavuselt, erineb. See tähendab, et ülemises 0-5 cm mullakihis võivad eksisteerida ka liigid, kes vajavad oma elutegevuseks taimset varist (nt.

*Lepidocyrtus cyaneum* (Lep\_cya)) ja 5-10 cm mullakihiis saavad elada hooghännalised, kes vajavad oma elutegevuseks muldkeskkonda (nt. *Protaphorura armatus* (Pro\_arm)). Siit ka ettepanek edaspidiste uuringute jaoks, et proovide sügavus peaks olema vähemalt 10 cm, sest 5 cm proovikihi ekstraheerimine ei anna täielikku tulemust. Siin peab arvestama ka seda, et paljudel mullaelustiku rühmadel on iseloomulikuks migreeruda sügavamatesse kihtidesse, kui keskkonnatingimused muutuvad ekstreemseteks (liiga kuum, külm, märg). Kuna ka hooghännalistel on sama kohastumine, siis jääb 5 cm proovikiht liiga õhukeseks, et anda proovialade iseloomustusi või teha järeltusi.

Erinevate uurimisalade keskkonnategurite ja hooghännaliste liikide omavahelised seosed on esitatud joonisel 1 kanoonilise vastavusanalüüsina (Canonical Correspondence Analysis (CCA)). Keskkonnateguritena on hinnatud tootmisviisi, kultuuri, mullatüüpi ja lõimist, niiskust 5 cm ja 10 cm sügavusel, mulla pH, toitainetest mulla fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldust, glomaliini, huumuse sisaldust ning orgaanilist süsinikku (Corg) ja mikroobikoosluse mulla mikroobide biomassi substraadi poolt indutseeritud hingamist (SIR) ja üldist hingamisaktiivsust. Keskkonnateguritena omavad olulist rolli mullatüüp ja SIR. Domineerivad liigid on koondunud ordinatsiooniteljestiku keskele *Isotoma notabilis* (Iso\_not) ja *Heteromurus nitidus* (Het\_nit) ning vähem arvukamad liigid jaotuvad teljestikus laiali, sõltuvalt nende arvukusele proovialas. Andmete analüüsil korreleerus mulla fosforisisaldus negatiivselt ( $p < 0.05$ ) mulla niiskusesisaldusega 10 cm sügavusel, mullatüübi ja lõimisega, mulla pH, orgaanilise süsiniku (Corg) ja glomaliini sisaldusega, huumusesisaldusega (Hu) ning mikroobide biomassi substraadi poolt indutseeritud hingamisega (SIR). Mulla pH korreleerus positiivselt mulla orgaanilise süsinikuga, mis omakorda korreleerus positiivselt mullatüübi ja lõimisega ning niiskusesisaldusega 10 cm sügavusel, mikroobide hingamise (SIR) ja glomaliini ning huumuse (Hu) sisaldusega. Mullaniiskus 5 cm sügavusel korreleerus positiivselt ( $p < 0,05$ ) mullaniiskusega 10 cm sügavusel, lõimisega, mullatüübiga ja kultuuriga ning negatiivselt ( $p < 0.05$ ) tootmisviisiga ja mullaniiskus 10 cm sügavusel korreleerus negatiivselt mulla fosforisisaldusega ning positiivselt mullatüübi, lõimise, kultuuri, orgaanilise süsiniku (Corg) ja huumuse sisaldusega. Negatiivne korrelatsioon oli mikroobide hingamise ja kultuuri vahel ning positiivselt korreleerus mulla mikroobikoosluse indutseeritud hingamine SIR lõimisega, orgaanilise süsiniku (Corg) ja huumuse sisaldusega, negatiivselt mulla fosforisisaldusega.



Joonis 1. Kanooniline vastavusanalüüs (CCA), kus kolmnurkadena on tähistatud liigid, joontena keskkonningimused ja ringidena on tähistatud proovialad. I ja II telg on kaetud 47,1 % ja 25,5 % varieeruvusest

Hooghännaliste keskmine arvukus korreleerus negatiivselt liikuva fosforisisaldusega, positiivselt orgaanilise süsiniku (Corg) ja huumusesisaldusega, liikide arv korreleerus negatiivselt kaaliumisisaldusega ja positiivselt mulla happesusega. Liikidest korreleerusid negatiivselt ( $p < 0,05$ ) *Isotomielle minor* (Iso\_min) mulla niiskussisaldusega 10 cm sügavusel, mullatüübiga ja huumuse sisaldusega, positiivselt mulla fosforisisaldusega, *Metaphorura affinis* (Met\_aff) korreleerus negatiivselt niiskussisaldustega 5 cm ja 10 cm sügavusel, *Proisotoma minuta* (Pro\_min) niiskussisaldusega 5 cm sügavusel, mullatüübi ja kultuuriga,

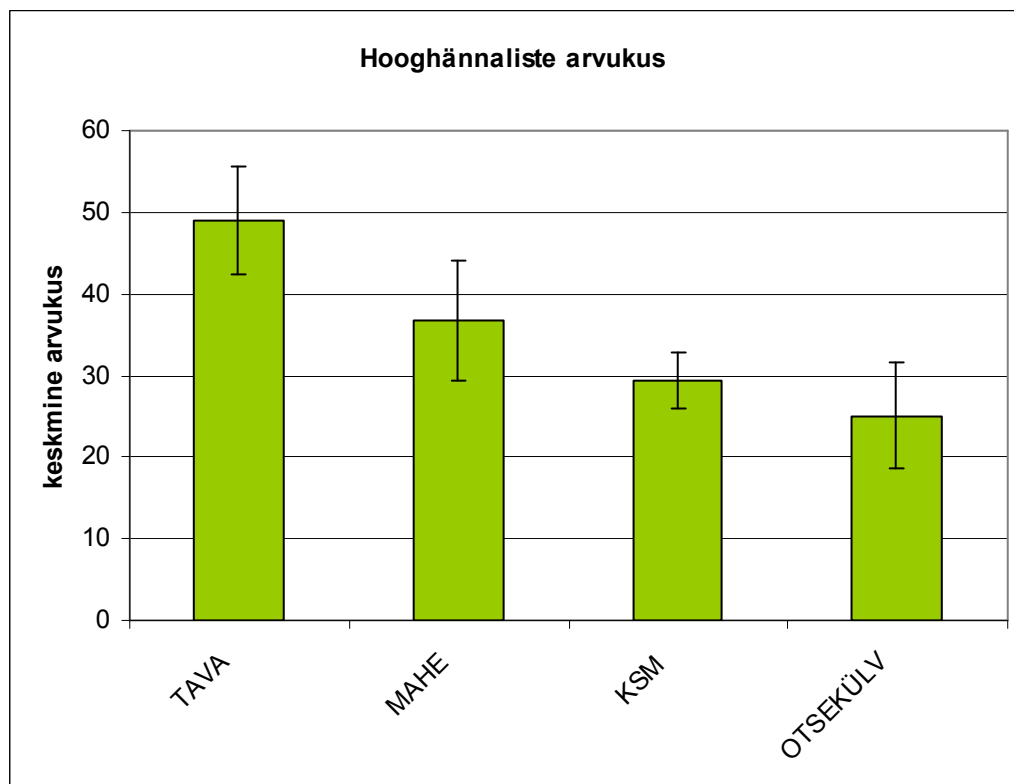


*Hypogastura purpurescens* (Hyp\_pur) kultuuri ja mulla kaaliumisisaldusega, *Neelus minus* (Nee\_min) mullatüübi ja huumuse sisaldusega, *Sphaeridia pumilis* (Sph\_pum) kultuuriga, *Folsomia quadriculata* (Fol\_qua) korreleerus negatiivselt kaaliumisisaldusega ja positiivselt indutseeritud hingamisega (SIR) ning *Willemia anophthalma* (Wil\_ano) negatiivselt fosforisisaldusega ja positiivselt indutseeritud hingamise (SIR), orgaanilise süsiniku (Corg) ja huumuse sisaldusega. Positiivselt korreleerus ( $p < 0,05$ ) *Isotoma notabilis* (Iso\_not) mikroobide indutseeritud hingamisega (SIR) ja huumuse sisaldusega, *Protaphorura armatus* (Pro\_arm) mullatüübiga, mikroobide indutseeritud hingamisega (SIR), orgaanilise süsiniku (Corg) ja glomaliini ning huumuse sisaldusega, korreleerudes negatiivselt mulla fosforisisaldusega, *Heteromurus nitidus* (Het\_nit) korreleerus positiivselt mullaniiskusega kahel erineval sügavusel ja kaaliumi ja huumuse sisaldustega.

Hooghännaliste liikide arvukuse analüüsil selgus, et võrreldes aastaga 2009 iseloomustab 2010. aastat märgatavalt väiksem liikide arv (17 liiki, 2009. aastal 24 liiki) ja äärmiselt väike arvukus. Kaheksa võrdlusalala 2010. a keskmine arvukus jäi vahemikku 8,7 kuni 44,7, võrdluseks 2009. aastal samade proovialade keskmine arvukus oli 17,8 kuni 137,0. Põhjuseks on siin ilmselt 2010. aasta suvel valitsenud kõrgemad õhutemperatuurid ja väiksem niiskusesisaldus mullas.

Kui analüüsida viljelusviiside mõju hooghännalistele, selgus et liigilisest mitmekesisusest lähtudes oli positiivse mõjuga keskkonnasõbralik majandamine (KSM), kus Shannon-Wieneri mitmekesisuse indeks oli 2,185 ja negatiivse mõjuga otsekülv (indeks oli 1,054). Tavaviljelusega ja maheviljelusega põldudel oli vastav indeks enam-vähem ühesugune, vastavalt 1,536 ja 1,563.

Kui lähtuda hooghännaliste keskmisest arvukusest, oli suurim arvukus tavaviljelusega proovialadel, madalaim otsekülviga proovialadel (joonis 2). Kui lähtuda dominantliikide ja enam levinud liikide osatähtsusest koosluses, oli keskkonnasõbraliku majandamisega (KSM) ja maheviljelusega proovialadel dominantliikide osatähtsus maha surutud ning liikide osatähtsus oli ühtlasem, samas kui tavaviljelusega ja otsekülviga proovialadel oli dominantliikide osatähtsus koosluses suhteliselt suur.

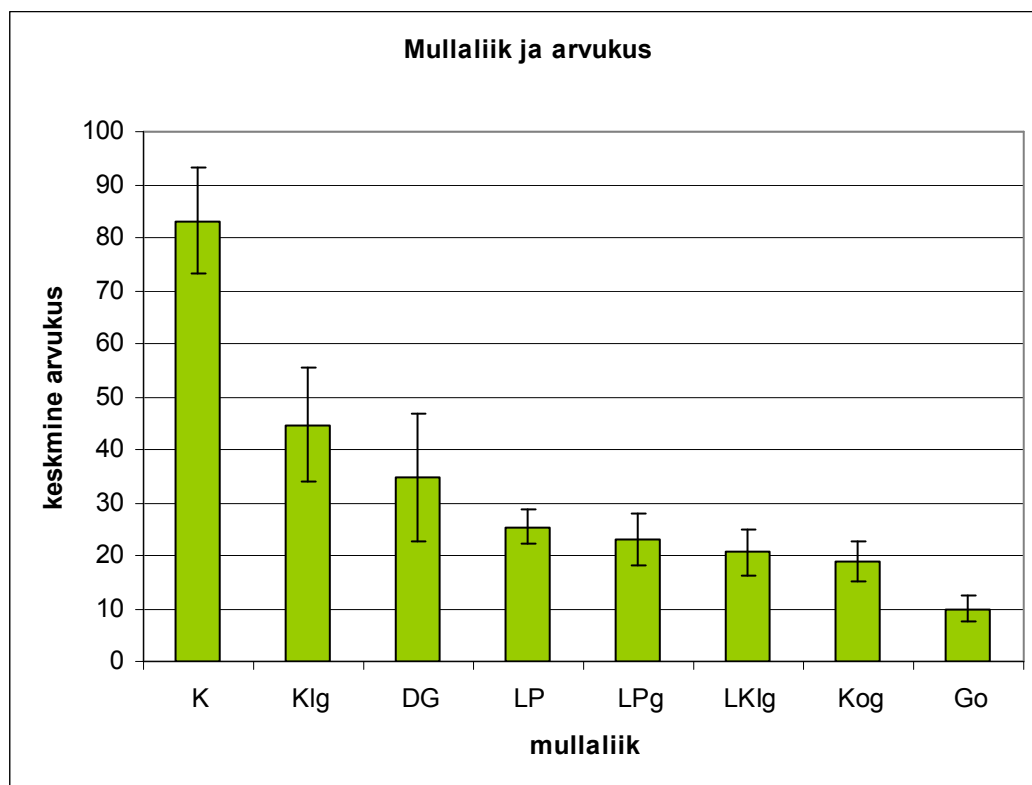


Joonis 2. Hooghännaliste keskmine arvukus ( $\pm$ SE) sõltuvalt toetustüübist, lisaks on esitatud ka otsekülvi põldude tulemused

Nende andmete põhjal võib hetkel väita, et otsekülv kahjustab nii hooghännaliste liigilist koosseisu kui ka arvukust, võimaldades eksisteerida dominantliigil. Põhjuseks võib olla see, et otsekülvil kasutatakse suhteliselt palju kemikaale ning sellega kahjustatakse teiste liikide esinemist ja arvukust. Toetustüüpide analüüsil selgus, et oluline pole niivõrd see, kas tegemist on võimalikult keskkonnasõbraliku tootmisega (antud juhul siis mahetootmine), kuivõrd see, millise mullaliigiga on tegu ning millised on nende muldade omadused (toitainete sisaldus, milline on mulla pH ja huumuse sisaldus.)

Antud uurimuses viidi läbi ka hooghännaliste liigirikkuse ja arvukuse analüüs sõltuvalt mullaliigist (K, Kog, DG, LKIg, LPg, Go, LP, KIg) ja lõimisest (ls või sl). Ilmneb, et mullaliikidest mõjutasid hooghännaliste liigilist mitmekesisust kõige enam deluviaal-gleimuld (DG) ja rähkmuld (K''). Vastavalt mitmekesisuse indeksile (Shannon-Wiener), oli suurim mitmekesisuse indeks deluviaal-gleimullas DG (2,150), maakasutuseks rohumaa (Ilmatsalus) ja gleistunud nõrgalt ehk õhukeselt leetunud mullas LKIg (2.096), kus kasvas suviraps (Põlva). Madalaim Shannon-Wieneri'i mitmekesisuse indeks oli Kuusiku rähkmuldades (K''), olles 1,317. Uuritud lõimiste Shannon-Wieneri'i mitmekesisuse indeksid olid võrdlemisi sarnased, liivsavimuldades oli 1,722 ja saviliivmuldades 1,981.

Arvukuselt oli hooghännalisi kõige enam rähkmuldades (K''') (83,2) ja madalaim oli arvukus leostunud gleimullas (Go) (10,0) (Joonis 3). Mullalõimistest oli enim hooghännalisi liivsavimuldades (50,9), madalam oli arvukus saviliivmuldades (21,8).

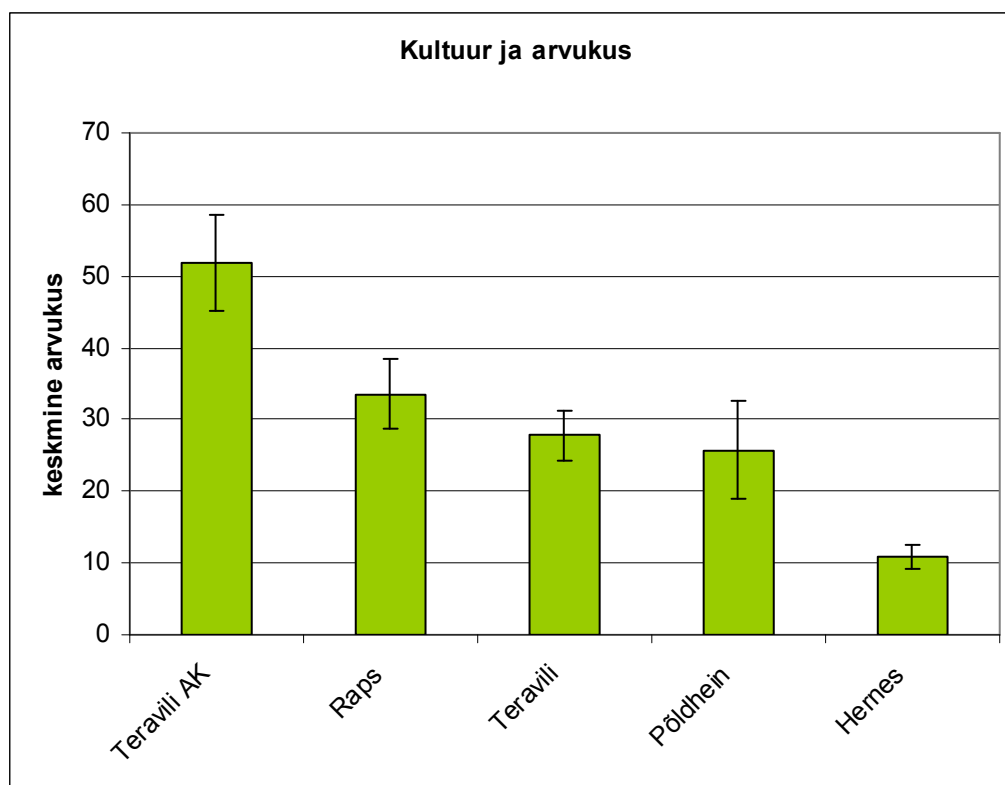


Joonis 3. Hooghännaliste keskmine arvukus ( $\pm$ SE) ja mullaliik

Tehti ka analüüs sõltuvalt kasvatatavast kultuurist (teravili, teravili allakülviga, raps (suviraps ja taliraps), hernes või vikk ja põldhein). Olulisema tähtsusega liikide jaoks oli teravili allakülviga, põldhein ja raps. Shannon-Wiener'i mitmekesisuse indeks oli kõrgeim proovialadel, kus oli põldhein ja raps, vastavalt 2,088 ja 2,025. Madalaimad mitmekesisuse indeksid olid proovialadel, kus kasvatati hernerst või vikki ja allakülviga teravilja, vastavalt 1,407 ja 1,474. Proovialad, kus oli tegemist monokultuurse teraviljaga, oli mitmekesisuse indeks 1,946.

Enam levinud liikide osatähtsuse analüüsil selgus, et proovialad, kus kasvatati teravilja allakülviga ja hernerst, on dominantliigi osatähtsus märgatavalt kõrgem, vastavalt moodustas *Isotoma notabilis* kooslusest 52,5% ja 65,9%. Dominantliik moodustas kooslusest märgatava osa ka proovialadel, kus kasvas raps või teravili, vastavalt 40,1% ja 40,9%, kuid sealjuures oli rapsipõldudel ka teiste liikide osatähtsus suhteliselt kõrgem võrreldes teraviljapõldudega.

Joonisel 4 on esitatud keskmine hooghännaliste arvukus sõltuvalt kultuurist. Suurim arvukus esines proovialadel, kus oli teravili allakülviga (51,9), madalaim oli arvukus, kus kasvatati hernerst või vikki (10,8). Enam-vähem ühesuguse arvukusega olid proovialad, kus kasvatati teravilja või põldheina, vastavalt oli hooghännaliste keskmine arvukus 27,8 ja 25,7.



Joonis 4. Hooghännaliste keskmine arvukus ( $\pm$ SE) sõltuvalt kasvatatavast kultuurist

Väga keeruline on öelda, millistest biomassi ja hingamise väärtustest võib rääkida, et tegemist oleks kvaliteetse mullaga, kuna siiani ei ole paika pandud väga täpset mõõteskaala vahemikku. Üldiselt, mida suurem on mullas orgaanilise aine hulk ja mida kvaliteetsem on muld, seda suurem on mikroobikoosluse biomass. Häireks on põhjust siis, kui mullas ei suudeta tuvastada mikroobikoosluse aktiivsust - siis on tegemist surnud mullaga.

### Kokkuvõte

1. Hindamiseks põllumuldade hooghännaliste arvukust ja mitmekesisust, on soovitatav võtta mullaproov vähemalt kahelt sügavuselt, kuni 10 cm sügavuseni ja 2009. a uuringu alusel võib veel lisada, et mullaproovi tuleks ekstraheerida soovituslikult 48h (või 32h kui on tegemist rohkearvuliste proovidega).
2. Kui on vaja teostada seiret väga paljudel proovialadel, siis võib võtta mullaproove ekstraheerimiseks ka ühelt sügavuselt, 0-10 cm ja vähemalt kümnes korduses. Aga sellisel juhul ei ole võimalik analüüsida nt hooghännaliste kolme peamise grupi mitmekesisust sõltuvalt sügavuskihist.
3. Erinevate uurimisalade keskkonnategurite ja hooghännaliste liikide omavaheliste seoste analüüsil selgus, et olulist rolli hooghännaliste koosluse iseloomustamisel omavad mullatüüp ja mulla mikroobide biomassi hingamine (SIR).



4. Limiteerivaks teguriks arvukusele ja liikide arvule on kõrge suvine õhutemperatuur ja madal sademete hulk, millest tingituna hakkab koosluses suurenema dominantliigi osakaal ja väheneb teiste liikide osatähtsus.
5. Erineva toetustüübiga (TAVA, MAHE, KSM) põldude analüüsil selgus, et vastavate toetusmeetmete rakendamine avaldab mõju ka hooghännaliste arvukusele ja liigilisele koosseisule, aga see tuli pigem välja sarnaste omadustega muldadel.
6. 2010.a tulemused näitavad, et otsekülv vähendab märgatavalt nii collembolate arvukust kui ka mitmekesisust.
7. Põllukultuuridest oli hooghännaliste liigilise mitmekesisuse jaoks soodsaimad põldhein ja raps ning suuremat arvukust soosis teravili allakülviga.
8. Mullatüübil on suur mõju hooghännaliste arvukusele ja mitmekesisusele. Rähkmullad oma kõrge huumuse ja toitainete sisalduse tõttu on sobilikumad hooghännaliste arvukusele, kuid mitte mitmekesisusele. Liigniisked mullad (gleimullad) olid antud uuringu kohaselt ebasoodsad ja vähendasid hooghännaliste arvukust ja mitmekesisust.