



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Tartu kolledž

## **EFEKTIIVSETE MIKROORGANISMIDE SEGU MÕJU SALATKRESSILE**

## **THE INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ON GARDEN CRESS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Andra VILLEMS

Üliõpilaskood: 192485NAEM

Juhendaja: Laura Lokko, MSc

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

24. mai 2021

Autor: Andra Villems, (allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

24. mai 2021

Juhendaja: Laura Lokko, (allkirjastatud digitaalselt)

Kaitsmisele lubatud

24. mai 2021

Kaitsmiskomisjoni esimees Annely Kuu, (allkirjastatud digitaalselt)

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Andra Villems

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Efektiivsete mikroorganismide segu mõju salatkrössile”,

mille juhendaja on Laura Lokko,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

24. mai 2021

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

**TalTech Tartu kolledž**  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Andra Villems, 192485NAEM  
Õppekava, peeriala: NAEM06/18, Tööstusökoloogia  
**Juhendaja:** Projektijuht, Laura Lokko, 5373 5192

**Lõputöö teema:**

Efektivsete mikroorganismide segu mõju salatkressile.  
The influence of effective microorganisms on garden cress.

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. anda kirjandusele tuginedes ülevaade salatkressist, efektiivsetest mikroorganismidest, EM-i kasulikkusest ja kasutusmeetoditest;
2. viia läbi nõukatse, mille käigus uurida kahe EM töötuse ning EM lahuse kontsentratsioonide erinevusi;
3. analüüsida katse tulemuste alusel EM-ide mõju salatkressile, mulla hingamisele ja teistele mulla parameetritele.

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

<b>Nr</b>	<b>Ülesande kirjeldus</b>	<b>Tähtaeg</b>
1.	Kirjanduse läbitöötamine ja katse ettevalmistamine.	30.10.20
2.	Katse läbiviimine, tulemuste ja arutelu koostamine.	30.04.21
3.	Töö lõppvormistus ja esitamine.	24.05.21

**Töö keel:** eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** 24. mai 2021

**Üliõpilane:** Andra Villems (allkirjastatud digitaalselt) 24. mai 2021

**Juhendaja:** Laura Lokko (allkirjastatud digitaalselt) 24. mai 2021

# SISUKORD

EESSÕNA .....	6
SISSEJUHATUS .....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	9
1.1 Salatkress.....	9
1.1.1 Kasvatamine.....	10
1.2 Efektiivsed mikroorganismid.....	10
1.2.1 Koostis.....	11
1.2.2 Põllumajanduslik kasulikkus.....	13
1.2.3 EM kasutamisevõimalused ja meetodid .....	13
1.2.4 Varasemad uuringud.....	15
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	20
2.1 Taimeparameetrite määramine.....	22
2.2 Mulla üldparameetrite määramine.....	23
2.3 Mikrobioloogia analüüsimine.....	24
2.4 Andmetöötlus.....	26
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	28
3.1 Taimeparameetrite analüüs .....	28
3.1.1 Salatkressi idanevus .....	28
3.1.2 Salatkressi taimede pikkus .....	31
3.1.3 Salatkressi kuivaine.....	33
3.1.4 Salatkressi värske biomass.....	35
3.2 Mulla üldparameetrite analüüs .....	37
3.2.1 Mulla kuivaine.....	37
3.2.2 Mulla happesus .....	39
3.2.3 Mulla elektrijuhtivus .....	42
3.3 Mulla mikrobioloogia analüüs .....	44
KOKKUVÕTE .....	49
SUMMARY.....	51
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	53
LISAD .....	61

## EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema ning sõnastuse pakkus autorile välja juhendaja Laura Lokko. Töös läbiviidud katse jaoks kogutud proove analüüsiti TalTech Tartu kolledži laboris.

Töö autor soovib tänada juhendajat Laura Lokkot, kes suunas ja oli abiks töö valmimisel. Lisaks tänab autor perekonda ja lähedasi, kes olid toeks lõputöö kirjutamisel.

Efektiivsete mikroorganismide (EM) segu mõju hindamiseks viidi läbi nõukatse. Katses kasutati kahte erinevat EM töötluste viisi. Ühe meetodina kasutati mulla kastmist, kus mulda kasteti 1%, 5% ja 10% EM lahusega. Teise meetodina kasutati seemnete töötlemist, kus seemneid töödeldi enne külvamist 10%, 20% ja 30% EM lahusega. Kontrollkatses kasteti mulda kraaniveega. Seejärel määrati vastavaid metoodikaid kasutades erinevad taime- ja mullaparametrid ning mulla mikrobioloogia. Uuringus selgus, et efektiivsete mikroorganismide kasutamine mõjus positiivselt salatkressi pikkusele ja kuivainesisaldusele. Samuti aitas EM lahuse kasutamine kaasa mulla hingamisele, mulla happesusele ja elektrijuhtivusele. Katse tulemusel selgus veel, et EM-ide kasutamisel ei ilmnenud mõju taimede idanevusele ja värsketele biomassile ega mulla kuivainele.

Võtmesõnad: salatkress, efektiivsed mikroorganismid, mulla töötlemine, seemnete töötlemine, magistritöö.

## SISSEJUHATUS

Inimeste arv on maailmas aastast aastasse suurenenud ning toonud endaga kaasa kasvava nõudluse toidu järele (Kumar & Gopal, 2015). Põllumajandustoodangu suurendamiseks on võetud kasutusele keemilised väetised, sünteetilised inhibiitorid ja taimekaitsevahendid, mis küll kiirendavad ja tõhustavad põllukultuuride kasvatamist, kuid toovad endaga kaasa negatiivseid keskkonnamõjusid (*Ibid*). Praeguseks on keskkonnakaitsel inimkonna elus väga oluline koht ning teadlikkus ja mure nende toodete kahjulike mõjude pärast mullale ja keskkonnale on üha suurenenud (*Ibid*). Nende toodete kahjulikud keskkonnamõjud, kõrge hind ja raskused suure nõudluse rahuldamisega on põhjused, miks on oluline kasutusele võtta alternatiivseid tehnoloogiaid tootlikkuse tõstmiseks (*Ibid*).

Ennustuste kohaselt peab 2050-ndaks aastaks maailm toitma ligikaudu üheksa miljardit inimest, millest tulenevalt kasvab nõudlus toidu järele 60% (Iriti *et al.*, 2019; Parnell *et al.*, 2016). Seetõttu on ressursitõhusad lähenemisviisid taimekasvatusele tähtsamad kui kunagi varem, et toit oleks kättesaadav, piisava koguse ning parema kvaliteediga (*Ibid*). Samuti on oluline, et oleks võimalik toota rohkem, kasutades seejuures vähem ressursse (*Ibid*). Kasutada tuleb keskkonnasõbralikemaid ja jätkusuutlikumaid alternatiive ning lahendusi nagu näiteks taimekasvu soodustavad biostimulandid (Joshi *et al.*, 2019; Parnell *et al.*, 2016). Üheks selliseks lahenduseks on efektiivsed mikroorganismid (EM) – tehnoloogia, mida paljudes riikides kasutatakse (*Ibid*). Selle tehnoloogia puhul kasutatakse ära mikroobide efektiivsust (*Ibid*). See on jätkusuutlik lahendus, kuna ei toodeta uusi ressursse kasutades väetisi ega taimekaitsevahendeid, vaid kasutatakse ära looduses olemasolevad ressursid mikroorganismide näol (*Ibid*). Kuigi mikroobitooteid on kasutatud juba mitmeid aastaid, siis rohkem tähelepanu on hakatud neile pöörama alles viimastel aastatel (*Ibid*). Mitmete uuringute põhjal on tõestatud, et EM-ide kasutamine võib parandada mulla struktuuri, viljakust, bioloogilist mitmekesisust ja suurendada kohalike mikroorganismide aktiivsust, taimede tugevust ning saagikust (*Ibid*). EM-tehnoloogia on odav ja jätkusuutlik lahendus ning seetõttu tuleb selle kasutamisele ja tõhususele rohkem tähelepanu pöörata.

Magistritöö eesmärk on hinnata EM-ide mõju salatkressile, mulla hingamisele ning teistele mulla parameetritele. Töö eesmärgi täitmiseks püstitas autor järgnevad uurimisülesanded:

- 1) anda kirjandusele tuginedes ülevaade salatkressist, efektiivsetest mikroorganismidest, EM-i kasulikkusest ja kasutusmeetoditest;

- 2) viia läbi nõukatse, mille käigus uurida kahe EM töötuse ning EM lahuse kontsentratsioonide erinevusi;
- 3) analüüsida katse tulemuste alusel EM-ide mõju salatkressile, mulla hingamisele ja teistele mulla parameetritele.

Magistritöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses osas antakse ülevaade kirjandusest. Täpsemalt kirjeldatakse salatkressi ja efektiivsete mikroorganismide olemust. Samuti kirjeldatakse EM-ide kasulikkust, kasutusvõimalusi ja meetodeid ning antakse ülevaade varasemalt tehtud uuringutest. Teises peatükis on välja toodud töös kasutatud materjal ja metoodika. Viimases peatükis on kajastatud katses saadud tulemused ja nende arutelu.

Magistritöö on koostatud APA viitamissüsteemi alusel.



# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Salatkress

Salatkress (*Lepidium sativum* L.) on kiirekasvuline söödav rohttaim (vt joonis 1.1) (Vaishnavi *et al.*, 2020). Ristõieliste sugukonna kressi perekonda kuuluv taim on pärit Lähis-Idast (*Ibid*). Praegu kasvatatakse salatkressi kulinaarse lehtköögiviljana suuresti Aasias, Euroopas ja Ameerika Ühendriikides (Shabbir *et al.*, 2018; Singh & Paswan, 2017). Seda üheaastast taime kasutatakse eelkõige söögi- ja maitsetaimena (Juma & Martin, 2011). Salatkressile on omane kergelt sinepine võrtsikas aroom ning maitse (*Ibid*). Taim on tuntud ka ravimtaimena ning ta sisaldab mitmeid vajalikke aineid, näiteks C-vitamiin, karoteen, E-vitamiin ja B-grupi vitamiinid (Ghante *et al.*, 2011; Luigela, 2016). Taime lehed sisaldavad taimset valku ja mineraalaineid nagu jood, fosfor, kaalium, kaltsium ja raud (*Ibid*). Eelpool nimetatud vajalike ainete saamiseks on soovitatav lisada salatkressi toorelt salatitesse ja võileibadele või kasutada seda toidu garneeringuna (Singh & Paswan, 2017; Verma & Mahima, 2020). Salatkressi seemned ning nendest valmistatud õli ja pulber sisaldavad valke, rasvu, mineraalaineid, kiudaineid ja fütokemikaale (*Ibid*). Seemnetest saadud õli ja seemnete jahvatamisel saadud pulbrit saab lisada jookidesse ja toitudesse, et muuta neid tervislikumaks (*Ibid*). Mitmekesiste kasutusviiside, populaarsuse ja nõudluse tõttu tõuseb järjest salatkressi kasvatamine kaubanduslikul skaalal (Chundawat *et al.*, 2017).



Joonis 1.1 Salatkress (Foto: Garden Cress, 2021)

### 1.1.1 Kasvatamine

Salatkress paljuneb sugulisel teel (seemnetega) või vegetatiivselt (lehe, juure või varre tükkide abil) (Jain & Grover, 2016). Salatkress on taim, mille seemneid saab aasta jooksul mitu korda külvata (Jain & Grover, 2016; Verma & Mahima, 2020). Seemned külvatakse aasta alguskuudel, tavaliselt veebruari ja aprilli vahel (*Ibid*). Pärast külvi võrsub seeme nelja kuni kuue päeva jooksul ning taim võib kasvada 30-50 cm pikkuseks (*Ibid*). Saaki saab korjata mitmeid kordi ning noori võrseid võib koristada neli kuni kuus nädalat pärast külvamist (*Ibid*). Salatkressi kasvatamine on lihtne, kuna salatikress suudab kasvada erinevates kliima- ja mullastikutingimustes (Falana *et al.*, 2014). Samuti saab salatkressi kasvatada nõrgalt happelisel pinnasel ilma spetsiaalsete teadmisteta (*Ibid*). Olgugi, et kressile on sobilik igat tüüpi pinnas, on kõrge viljakusega muld vajalik, et saada kiire kasvu ning hea kvaliteediga taim (*Ibid*). Lisaks on sobivaimaks kasvukohaks niiske pinnasega päikesepaisteline piirkond (*Ibid*). Salatkressi suure stressitaluvuse ja lihtsa kasvatamisviisi tõttu suudab see levida kogu maailma (*Ibid*). Looduslikult kasvab kress teiste põllukultuuride läheduses (Jain & Grover, 2016).

## 1.2 Efektiivsed mikroorganismid

Efektiivsed mikroorganismid (EM) on bioväetis (vt joonis 1.2, järgmisel leheküljel), mis koosneb erinevat tüüpi kasulikest mikroorganismidest ning mida saab kasutada abiainena pinnase ja taimede mikroobse mitmekesisuse suurendamiseks (Sigstad *et al.*, 2013). EM-i tehnoloogia arendas 1970ndatel välja Jaapani ülikooli professor Teruo Higa (Gibby & Lancaster, 2018; Higa & Parr, 1994; Olle & Williams, 2015). EM on keskkonnasõbralik tehnoloogia, mis koosneb vedelas keskkonnas kooseksisteerivate ja omavahel sobivate kasulike aeroobsete, anaeroobsete ning mittepatogeensete mikroorganismide kääritatud segakultuurist (Abd El-Mageed *et al.*, 2020; Higa & Parr, 1994; Iriti *et al.*, 2019). Seda toodetakse loodusliku kääritamisprotsessi abil, mitte ei sünteesita keemiliselt ega geneetiliselt (*Ibid*). See bioväetis koosneb umbes 80-st liigist mikroorganismidest (*Ibid*). Efektiivsete mikroorganismide kasutamisega on võimalik vähendada vajadust keemiliste väetiste ja pestitsiidide järele (Joshi *et al.*, 2019; Pearce *et al.*, 2019). Seega aitab EM-i kasutamine kaasa keskkonnareostuse vähendamisele (*Ibid*).



Joonis 1.2 Efektiivsed mikroorganismid (Fotod: EM-Efektiivsed Mikroorganismid, 2021; Cherakah farm, 2013)

### 1.2.1 Koostis

Mikroorganismid, mis on lisatud EM-i tehnoloogiasse, on valitud vastavalt nende ülesannetele (Iriti *et al.*, 2019). EM-i koostises olevate peamiste mikroorganismide gruppideks on:

- fotosünteesivad bakterid (*Rhodopseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*);
  - piimhappebakterid (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*);
  - pärmid (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*);
  - aktinomütseedid (*Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*) ja
  - fermenteerivad seened (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) (*Ibid*).
- Fotosünteesilised bakterid

Fotosünteesilised või fototroopsed bakterid on eraldi seisvate isemajandavate mikroobide rühm, mis omab EM-i tegevuses juhtivat rolli (Golec *et al.*, 2006). Kasutades energiaallikatena päikesevalgust ja mullasoojust, sünteesivad need bakterid juureeritistest, orgaanilistest ainetest ja kahjulikest gaasidest (nt vesiniksulfiid) kasulikke aineid (*Ibid*). Fotosünteesiliste mikroobide poolt välja töötatud kasulike ainete hulka kuuluvad bioaktiivsed ained, suhkrud ning amino- ja nukleiinhapped, mis kõik soodustavad taimede kasvu ja arengut (*Ibid*). Nende mikroorganismide poolt

välja töötatud metaboliidid imenduvad taimedesse ja toimivad ka mikrofloora bioloogilist mitmekesisust suurendavate bakterite substraatidena (*Ibid*).

- Piimhappebakterid

Piimhappebakterid kasutavad ära fotosünteesiliste bakterite ja pärmide poolt toodetud suhkruid ja süsivesikuid ning toodavad nendest piimhapet (Golec *et al.*, 2006; Nayak *et al.*, 2020). *Lactobacillus* on kasulik bakter, mis võimaldab mulda steriliseerida ja eemaldada kasvukeskkonda kahjustavaid kõrvalsaadusi (*Ibid*). Piimhappebakterid pärsvad seega kahjulikke mikroorganisme ja suurendavad orgaaniliste ainete (näiteks tselluloos ja ligniin) lagunemist ja kääritavad nendest koosnevaid materjale kiiremini (*Ibid*). Lisaks suudavad nad pärssida tuntud taimekahjuliku seeneperekonna *Fusarium* paljunemist (arengut) (*Ibid*).

- Pärmid

Pärmid sünteesivad aminohapetest ning suhkrutest taimede kasvu soodustavaid antimikroobseid (kahjulike patogeene hävitamiseks) ja kasulikke aineid (Fall *et al.*, 2015; Golec *et al.*, 2006). Pärmseente poolt toodetud bioaktiivsed ained (hormoonid ja ensüümid) soodustavad rakkude ja juurte aktiivset jagunemist (*Ibid*). Need eritised on kasulikud alusained ka teistele efektiivsetele mikroobidele nagu piimhappebakterid ja aktinomütseedid (*Ibid*).

- Aktinomütseedid

Tekitavad orgaanilistest ainetest ja fotosünteesiliste bakterite poolt eritatavatest aminohapetest antimikroobseid aineid, mis pärsvad kahjulikke seeni ja baktereid (Fall *et al.*, 2015; Golec *et al.*, 2006). Aktinomütseedid võivad eksisteerida koos fotosünteesiliste bakteritega ning mõlemal liigil on võime parandada mullakeskkonna kvaliteeti, suurendades mulla antimikroobset aktiivsust (*Ibid*).

- Fermenteerivad seened

Seened lagundavad orgaanilisi aineid, saades lõpp-produktidena alkoholi, estreid ja antimikroobseid aineid (Golec *et al.*, 2006). Need pärsvad lõhnu ja hoiavad ära kahjulike putukate ja tõukudega nakatumise (*Ibid*).

### 1.2.2 Põllumajanduslik kasulikkus

Kasutades efektiivseid mikroorganisme, on võimalik vähendada kulusid toodangule (Joshi *et al.*, 2019). EM-ide kasutamine aitab vähendada väetiste kasutusvajadust ehk taimekasvatusega seotud kulud on väiksemad (*Ibid*). On tõestatud, et biostimulandid, sealhulgas taimede kasvu soodustavad mikroorganismid, suurendavad taimede toitainete omastamist, kasvu ja saagikust (Iriti *et al.*, 2019). Lisaks võivad nad parandada taimede taluvust abiootiliste stresside suhtes ja vastupidavust patogeenidele (*Ibid*). Sarnaselt teiste biostimulantidega võib EM positiivselt mõjutada taimede toitumist, muuta juurte morfoloogiat ja selektiivselt muuta risosfääri ja mikroobide koosluse struktuuri (Higa & Parr, 1994; Joshi *et al.*, 2019). Täpsemalt saab välja tuua, et efektiivsed mikroorganismid:

- parandavad mulla struktuuri;
- suurendavad mulla viljakust ja parandavad bioloogilist mitmekesisust;
- suruvad alla pinnases leiduvaid patogeene;
- tugevdavad taimede juurestikku;
- fikseerivad pinnases lämmastikku ja suurendavad toitainete omastamist;
- kiirendavad orgaaniliste jäätmete, jääkide ja komposti lagunemist;
- suurendavad orgaaniliste ühendite kasulikke mineraalaineid;
- suurendavad kohalike mikroorganismide aktiivsust;
- suurendavad taimede tugevust ja põllukultuuride saagikust (*Ibid*).

### 1.2.3 EM kasutamise võimalused ja meetodid

Efektiivseid mikroorganisme saab kasutada mitmel erineval viisil (Agripartner, 2020; Naik *et al.*, 2020). Põllumajanduses ja taimekasvatuses on EM lahuse kasutamise meetoditeks näiteks seemnete töötlemine, mulda lisamine, taimede pritsimine ja orgaanika lagundamine (*Ibid*). Vastavalt valitud meetodile on võimalik saavutada erinevaid tulemusi, kuna igal meetodil on isesugune efekt (*Ibid*).

Efektiivsete mikroorganismide segu kasutatakse seemnete töötlemiseks enne külvamist (Agripartner, 2020; Naik *et al.*, 2020). Seemnete töötlemiseks tuleb neid leotada EM-lahuses väiksemate seemnete korral pool tundi ja suuremate seemnete korral neli kuni kuus tundi (*Ibid*). Enne külvi tuleb seemned kuivatada, veendumaks, et need ei läheks klompi (*Ibid*). Seemnete töötlemine aitab suurendada taimede kasvukiirust, parandab lämmastiku omastamist ja tõstab fotosünteesi efektiivsust

(Agripartner, 2020). Seemnete töötlemise tagajärjel tugevneb taimede juurestik ja vastupanuvõime juurpatogeenide ning seenhaiguste vastu (*Ibid*).

Enne mullaharimist või külvi saab EM segu lisada pinnasesse (mullaga segades või põldude niisutussüsteemi abil), et parandada üldist mullaseisundit (Agripartner, 2020; Naik *et al.*, 2020). Seeläbi on võimalik aktiveerida mulla mikrobioloogilisi protsesse (Agripartner, 2020). EM lahuse lisamine mulda rikastab seda kasulike mikroorganismidega ning soodustab kasulike bakterirühmade arengut (*Ibid*). Sarnaselt seemnete töötlemisele aitab EM-ide mulda lisamine maha suruda taimede juurpatogeneid ja seenhaiguseid (*Ibid*).

Kolmandaks EM-ide pealekandmisviisiks on taimede pritsimine (Agripartner, 2020; Naik *et al.*, 2020). Kasvuperioodi vältel tuleb taimi pritsida kaks kuni kolm korda veega lahjendatud lahusega (*Ibid*). EM segu pritsimine taimedele aitab parandada nende kasvukiirust, saagikust ja saagi kvaliteeti (Agripartner, 2020). Lisaks muudab pritsimine taimede fotosünteesi efektiivsemaks ning tugevdab nende vastupanuvõimet haigustekitajate ja kahjurite suhtes (*Ibid*).

Samuti on EM-e võimalik lisada kompostile ja *bokashile* (EM-ga kääritatud nisukliid, riisikliid, kalajahu jne), kus EM-ide toimel vabastatakse toitaineid ja toitainerikkaid orgaanilisi happeid, mida taimed saavad kasutada (Olle & Williams, 2013). Võrreldes tavalise kompostimisega, aitab EM-ide lisamine suurendada mikroobide arvukust, toitainete sisaldust ja kompostimise kiirust (Muttalib *et al.*, 2016). EM *bokashi* abil toiduainete kääritamine on bioloogilise töötlemise vorm, mis stabiliseerib biojätmeid ja annab toitainerikka kasvu soodustava väetise (Olle, 2020). Kasutades EM-e taimede ja põllumajandussaaduste kasvatamisel ning ka loomakasvatuses, saadakse tulemusena kvaliteetsemat taimetoodangut, liha ja piima (*Ibid*). Töödeldes tekkivaid toidujätmeid EM *bokashina* ning hiljem selle ringlusse laskmisel põllumajandusliku väetisena, saavutatakse ringmajanduse ja nulljätmete mõistes toidujätmete täielikum utiliseerimine (*Ibid*). On pakutud välja, et tuleks asendada traditsiooniline kompostimine ja kasutada EM *bokashit* toidujätmete ringlusse võtuks, et hõlbustada nii taimekasvatust ja mulla kvaliteeti kui ka vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid (*Ibid*).

Lisaks EM-i tehnoloogia kasutamisele põllumajanduses, on võimalik neid kasutada ka muudes valdkondades näiteks loomakasvatuses, keskkonnakorralduses ja vesiviljeluses (Ncube, 2008).

Loomakasvatuses saab EM-e lisada joogiveele ja söödale ning kasutada neid ka läga ja sõnniku töötlemisel (Agripartner, 2020). Üheks kasutusviisiks on EM-idega laudaõhu ja

-pindade pritsimine (*Ibid*). EM aitab seeläbi suurendada loomade vastupanuvõimet haigustele ning parandada nende tervist (*Ibid*). Läga töötlemisel EM-idega muutub läga homogensemaks ning väheneb toiteelementide kadu, mistõttu säilib läga efektiivsus väetisena (*Ibid*). Nii läga ja sõnniku töötlemine kui ka laudaõhu pritsimine aitab vähendada ebameeldivate laudalõhnade teket (*Ibid*). Lisaks on EM tehnoloogiast abi keskkonnaprobleemidega võitlemisel (Joshi *et al.*, 2019). Nende abil saab taastada näiteks reostunud veekogu, maa-ala ja ka õhu mikrofloorat (*Ibid*). EM-ide kasutamine võib aidata aktiveerida vees olevaid kasulikke mikroorganisme ning seeläbi mitmekesistada ökosüsteemi ja suurendada veekogu isepuhastusvõimet (Aquaculture, 2016). Seega aitab EM-ide kasutamine kaasa vee kvaliteedi parandamisele, mis aitab keskkonda sealse elustiku jaoks tervislikumana hoida (*Ibid*).

#### **1.2.4 Varasemad uuringud**

Kirjanduses leidub mitmeid katseid, kus on uuritud EM toodete mõju nii mulla tervisele ja põllukultuuridele (Shin *et al.*, 2017). Seejuures on uuringud tehtud kasutades erinevaid EM kasutusmeetodeid (*Ibid*). Kirjanduses leiduvates uurimistöodes on avaldatud tihti vastuolulisi tulemusi EM-ide mõjust taimede arengu ja saagikuse kohta (*Ibid*). Mitmete uuringute kohaselt on efektiivsed mikroorganismid avaldanud positiivset mõju näiteks tomati, maisi, herneste, ubade, riisi ja nisu saagikusele, kasvule ja kvaliteedile (*Ibid*). Samas on mitmeid uuringuid, kus EM-ide kasutamisel ei ole ilmnenud või on ilmnenud hoopis negatiivsed mõjud (*Ibid*). Olle & Williamsi (2013) tehtud ülevaates uuriti 22 uurimistööd EM-i mõjust köögiviljade saagikusele ning selgus, et avaldatud uuringutest 84% juhtudest saadi positiivsed tulemused, 4% negatiivsed tulemused ja 12% ei avaldunud olulist mõju. Samuti kümnest tehtud uuringust EM mõju kohta köögiviljade kasvule selgus, et 70% juhtudest jõuti positiivse tulemuseni ning 30% puhul ei olnud EM-il olulist mõju (*Ibid*).

#### **EM kasutamine koos komposti või bokashiga**

Hiina Põllumajanduse Ülikooli Qu-Zhou katsejaamas viidi 1993. aastast alates läbi üksteist aastat kestnud pikaajaline mullaviljakuse ja nisu saagikuse parandamise põldkatse (Hu & Qi, 2013). Põldkatses kasutati kolme töötlust: efektiivsete mikroorganismidega komposti töötlemine, traditsiooniline komposti töötlemine ja väetamata kontroll (*Ibid*). Katses mõõdeti selliseid parameetreid nagu pinnase füüsikalised-keemilised näitajad, taime kõrgus ja biomass, taime lämmastiku, kaaliumi ja fosfori sisaldus ning taime saagikus (*Ibid*). Tulemustest selgus, et EM-komposti

pikaajalisel kasutamisel saadi mõõdetud parameetrite jaoks kõrgeimad väärtused ja kontrollmaatükil madalaimad väärtused (*Ibid*). Uuring näitas, et EM-i rakendamine suurendas orgaaniliste toitainete allikate tõhusust (*Ibid*).

Šveitsis viidi kasvuhoonetingimustes läbi nõukatse tomatitaimedega (Megali *et al.*, 2014). Eesmärgiks oli uurida efektiivsete mikroorganismide mõju tomati saagikusele (*Ibid*). Mulda väetati EM *bokashiga* ning peale selle lisati kord nädalas mulda 0,1% *bokashi* vedelikku ehk teed, mis tekib *bokashi* käärimisprotsessi käigus (lahjendatud vahekorras 1: 1000, *bokashi* tee: vesi) (*Ibid*). Katses uuriti EM-ide mõju ilma ja koos NPK väetise lisamisega (*Ibid*). Uuringus mõõdeti taime saagikust, kuiva biomassi, taimede õite ja viljade arvu (*Ibid*). Selgus, et EM-ide kasutamine suurendas taimede kasvu ja saagikust, kuiva biomassi, õite ja viljade arvu ning nende tekke kiirust (*Ibid*). Seejuures saadi EM-i kasutamisel koos NPK väetisega paremad tulemused saagikuse ja biomassi puhul (*Ibid*). Õite ja viljade arvukuse ning tekkekiiruse osas saadi vaid EM kasutamisel paremad tulemused, kui NPK väetise kasutamisel või nende kombinatsioonil (*Ibid*).

### **Mitme erineva EM töötluse kasutamine**

Lõuna-Itaalias viidi läbi põllukatse, kus uuriti efektiivsete mikroorganismide mõju erinevate tomatitaimede saagikusele (Tommonaro *et al.*, 2021). Katses kasutati mulla väetamiseks EM *bokashit*, mis segati pealmisesse mullakihti kaks nädalat enne tomatite istutamist (*Ibid*). Lisaks kasutati taimede töötlemiseks 0,2% EM lahust (lahjendatud vahekorras 1:500, EM: vesi), mida pritsiti taimedele üks kord iga seitsme päeva tagant (*Ibid*). Uuringu tulemusel selgus, et EM-ide kasutamine suurendas tomatitaimede saagikust, viljade arvu ja kaalu (*Ibid*).

Poolas Siedlce loodus- ja humanitaarteaduste ülikoolis viidi läbi uuring brokkoliga (Franczuk *et al.*, 2019). Katses uuriti efektiivsete mikroorganismide mõju, kasutades kahte töötlusviisi eraldi ja kombineeritult (*Ibid*). Ühe töötlusena kasteti mulda 10% EM lahusega enne seemnete eelidandamist ning ka põllumulda enne seemikute põllule istutamist (*Ibid*). Teise töötlusena kasutati taimede pritsimist ning pritsimiseks kasutati 10% EM lahust (*Ibid*). Katses uuriti brokkoli saagikust, brokkoli pea kaalu ja selle suurust, varre läbimõõtu ja kuivainet (*Ibid*). EM töötluste kasutamine suurendas brokkoli saagikust, kaalu ja pea suurust ning parimad tulemused saadi seejuures EM lahuse kombineeritud kasutamisel (mulda lisamisel enne seemikute arenemist ning pritsides taimi pärast idanemist) (*Ibid*). EM töötluste puhul ei ilmnenud mõju brokkoli varre läbimõõdule ja kuivainele (*Ibid*).



Viini loodusvarade ja bioteaduste ülikoolis tehtud potieksperimendis testiti mahepõllunduslikult kasvatatud tomatitaimede töötlemist tõhusate mikroorganismidega koos kivijahu suspensiooniga (Ndona *et al.*, 2011). Kivijahu või kivitolmu kasutatakse mullalisandina, et suurendada selle viljakust (*Ibid*). Aastal 2006 läbi viidud katses kasutatud EM töötluuse puhul lisati kasvupinnasele täiendavalt *bokashi* (*Ibid*). Kontrolltöötluuses kasutati tavalist kasvupinnast, kuhu ei olnud lisatud *bokashit* (*Ibid*). Alles 2007. aastal lisati kontrollsubstraadile veel samaväärne kogus *bokashit*, aga ilma EM-ita (*Ibid*). EM töötluuses kasutati niisutusvett, kuhu oli lisatud EM ning taimi kasteti iga 31 päeva tagant (*Ibid*). Iga kolme nädala tagant pritsiti taimi EM ja kivitolmu seguga (*Ibid*). Kontrolltöötluuses kasutati selle asemel kraanivett (*Ibid*). Uuringus hinnati EM-i mõju tomatitaimede saagile, toitainesisaldusele ja kvaliteedile (*Ibid*). Substraadi mikroobide biomass paranes mõlematel aastatel (*Ibid*). Kogusaak oli suurem ja viljatipumädaniku kahjustatud puuviljade arv vähenes EM-ga töödeldud taimedes 2007. aastal (*Ibid*). Parima kvaliteediklassiga puuviljade protsent oli mõlemal aastal EM töötluuses oluliselt suurem (*Ibid*). Taimede EM-iga töötlemine koos otsese kivitolmu pealekandmisega taimedele suurendas taimede saagikust ja soodustas taimetervist (*Ibid*).

### **EM töötlusena mulla kastmine**

Itaalias Toscanas asuvas kasvuhuones viidi läbi katse sibulatega, kus uuriti EM-ide mõju nende arengule (Domenico, 2019a). Katses kasutati töötluusena pinnase kastmist EM seguga (*Ibid*). Samuti tehti kontrollkatse, kus kasutati pinnase kastmiseks vett (*Ibid*). Katses valmistati EM lahus vahekorras 1:100 ning iga 10l pinnase kastmiseks kasutati vastavalt kahte liitrit lahust või vett (*Ibid*). Uuringus mõõdeti sibulate kaalu, nende läbimõõtu, pikkust ja ka juurte pikkust (*Ibid*). Katse näitas tõhusate mikroorganismidega töödeldud taimedes analüüsitud agronoomiliste parameetrite olulist suurenemist (*Ibid*). Uuringu tulemusena selgus, et EM lahusega pinnase töötlemine suurendas kõigi sibulasortide puhul nende sibulate massi, läbimõõtu, pikkust ning juurte pikkust (*Ibid*).

Hiinas uuriti efektiivsete mikroorganismide mõju Kollase jõe rannikuäärses piirkonnas kasvava *Sesbania canniba* kasvule ja mulla kvaliteedile (Cui *et al.*, 2021). Selleks viidi läbi nõukatse, kus lisaks efektiivsete mikroorganismide segu kasutamisele lisati mulda ka biosütt (*Ibid*). Katses kasutati EM töötluusena mulla kastmist ning niisutamise ajal kasteti mulda EM lahusega, mis oli lahjendatud vahekorras 1:200 (EM: vesi) (*Ibid*). Viidi läbi ka kontrollkatse, kus mulda kasteti kahekordselt destilleeritud veega (*Ibid*). Katses uuriti seemnete idanemust, taimede pikkust ja läbimõõtu, taime biomassi ja mulla kvaliteeti (*Ibid*). Uuringus selgus, et EM lahusega mulla kastmine koos biosöe

lisandiga suurendas seemnete idanevust, taime kõrgust ja läbimõõtu, biomassi ja parandas mulla kvaliteeti (*Ibid*).

### **EM töötlusena taimede pritsimine**

Ühes oataimedega läbiviidud uuringus hinnati mehhanisme, mis vähendavad soolastressi mõju EM-ide kasutamisel (Talaat *et al.*, 2015). Oataimi (*Phaseolus vulgaris* L.) kasvatati soolases või mittesoolases keskkonnas nii EM-i kasutamisega kui ka ilma selleta (*Ibid*). Katses kasutati EM põhilahust ning seda lahjendati vahekorras 1:1 000 (EM: vesi) (*Ibid*). Lahust pritsiti niisutamise ajal taime ja mulla pinnale (*Ibid*). Töötlemata taimi pihustati kahekordselt destilleeritud veega (*Ibid*). Katses mõõdeti taimede kõrgust, lehtede arvu, juurte pikkust ning varre ja juurte kuivmassi (*Ibid*). Soolasel pinnasel kasvavatel taimedel vähenesid mõõdetud parameetrite näitajad tunduvalt (*Ibid*). Kuid EM lahuse lisamine soolases pinnases kasvavatele taimedele, kaitses neid soolasuse kahjuliku mõju eest ja parandas märkimisväärselt nende parameetrite väärtuseid võrreldes kontrolltöötlusega (*Ibid*). Ka mittesoolases pinnases kasvatatud taimedele lisatud EM lahus aitas kaasa mõõdetud parameetrite näitajate suurenemisele (*Ibid*).

Ühes Šveitsis läbiviidud uuringus hinnati EM-ide mõju basiilikule (*Ocimum basilicum* L.) (Filipović *et al.*, 2016). Katses kasutati kahte EM kasutusmeetodit: mulla kastmine enne istutamist ja taimede pritsimine (*Ibid*). Ühes variandis töödeldi pinnast 0,6% EM lahusega kolm päeva enne saagi koristamist (*Ibid*). Teises variandis kasutati 0,2% EM lahust taimede pritsimiseks kolm nädalat pärast istutamist (*Ibid*). Tehti ka kontrollkatse, kus kasutati kastmiseks ja pritsimiseks vaid vett (*Ibid*). Katses hinnati EM segu mõju taime kõrgusele, juurte pikkusele, taime laiusle, õisikute arvule, maapealsele värsketele biomassile ja kuivmassile (*Ibid*). Uuringu tulemusena leiti, et pinna töötlemisel ja taimede pritsimisel EM lahusega suurenesid taime kõrguse, laiuse, juurte pikkuse, õisikute arvu, taimse biomassi ja kuivmassi näitajad (*Ibid*). Parimad tulemused saadi pinna töötlemisel, vaid juurte pikkuse näitajad olid paremad taimede pritsimise puhul (*Ibid*).

### **EM töötlusena seemnete leotamine**

Rio de Janeiro Föderaalsete Maaülikooli taimepatoloogia osakonna kasvuhuones viidi läbi katse, kus kasutati EM lahust seemnete töötlemiseks (Siqueira *et al.*, 2002). Uuringus kasutati porgandi, kurgi, oa, peedi, paprika, maisi, takja, herne ja tomati taimede seemneid (*Ibid*). Katse eesmärgiks oli hinnata EM segu mõju seemnete idanevusele, taime elujõulisusele ja kaalule (*Ibid*). Katse läbiviimiseks töödeldi seemneid lahjendamata EM segus, bioväetises või vees (kontroll) kuni 10 minutit (*Ibid*). Katse

tulemusel selgus, et EM segu kasutamine suurendas kõigi taimede seemnete idanevust (*Ibid*). Võrsete juurte pikkus EM töötlusel oli võrreldes kontrollkatsega suurenenud kurgi, peedi, herne, paprika ja porgandi taimedel (*Ibid*). Herne, peedi, porgandi, oa, takja ja maisi võrsete biomass oli EM töötluse puhul oluliselt suurem kui kontrollkatses (*Ibid*). Üldiselt oli enamike testitud taimede puhul mõõdetud parameetrid suuremad kui veega või bioväetisega töötlemisel (*Ibid*).

Jimma ülikooli põllumajandus- ja veterinaarmeditsiini kolledžis viidi läbi katse kohvitaimega (*Coffea arabica* L.) (Mohammed *et al.*, 2013). Uuringus hinnati EM-ide mõju kohvi seemikutele ja taime edasisele arengule (*Ibid*). Katses töödeldi seemneid EM lahusega ning seemnete leotamisel oli viis erinevat taset: 3,5; 4,5; 5,5; 6,5 tundi EM lahuses ja 72 tundi puhtas vees (*Ibid*). Katsepottides kasutati substraadina EM komposti ja metsamulda, mis olid kolmes erinevas proportsioonis (100% metsamulda; 75% metsamulda + 25% EM komposti; 50% metsamulda + 50% EM komposti) (*Ibid*). Katses mõõdeti idanevust, taime kõrgust, varre läbimõõtu, põhiokste arvu ja kuivainet (*Ibid*). Uuringus järeldati, et EM lahusega kohvi seemnete töötlemine idanevuse suurendamiseks ei pruugi olla eelistatav vees leotamisele (*Ibid*). Uuringu tulemusel selgus, et EM-ga töödeldud seemnetel ilmnisid pärast tärkamist paremad näitajad agronoomiliste parameetrite (seemiku kõrgus, põhiokste arv ja kuivainesisaldus) osas (*Ibid*). Parimad tulemused saadi metsamulla pinnase ja EM lahuses 4,5 h seemnete leotamise kombinatsioonist, mille tulemusel saadi ümberistutamiseks jõuline kohvitaime istik (*Ibid*).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

Selgitamaks välja EM lahuse mõju salatkressile viidi läbi nõukatse. Katse viidi läbi TalTech Tartu kolledži laboris vahemikus 01.02.2021-15.02.2021. Nõukatse käigus kaaluti 14 erinevasse potti 500 g mulda. Mullana kasutati katses poest ostetud *Biolani* looduslikku musta mulla segu.

Katses kasutati kahte erinevat EM töötamise viisi. Ühe meetodina kasutati mulla kastmist, kus mulda kasteti 1%, 5% ja 10% EM lahusega. Teise meetodina kasutati seemnete töötlemist ehk seemneid töödeldi enne külvamist 10%, 20% ja 30% lahusega. Seemnete töötlemiseks uputati seemned vastavalt toote infole viieks minutiks lahuse sisse ning seejärel kuivatati. Viidi läbi ka kontrollkatse, kus kasteti salatkressi seemneid tavalise kraaniveega. Samuti kasteti kraaniveega proove, kuhu lisati EM lahusega töödeldud seemned. Katse viidi läbi kahes korduses. Teostatud katse skeem on näha tabelist 2.1.

Tabel 2.1. Katse skeem

<b>EM töötlemine</b>	<b>Manustatud lahus</b>	<b>Proovide kogus</b>
Mulla kastmine	1 %	2 potti
	5 %	2 potti
	10 %	2 potti
Seemnete töötlemine	10 %	2 potti
	20 %	2 potti
	30 %	2 potti
Kontroll	kraanivesi	2 potti
<b>Kokku</b>		14 potti

Lahuse valmistamiseks (vt joonis 2.1, järgmisel leheküljel) kasutati *Agri Partnerist* ostetud efektiivseid mikroorganisme, mis on Poola ettevõtte *Greenland Technologia* EM toode. Proove kasteti 150 ml lahuse või kraaniveega. Ühtlasi segati pottides mulda hoolikalt, et tagada ühtlane segunemine ja õhustatus. Seejärel lisati igasse proovipotti 50 seemet. Seemneteks olid *Johnsons* salatkressi maheseemned. Seejärel asetati proovid 72 tunniks kliimakambrisse *RUMED 4101* (Saksamaa) 25 °C juurde, kus seemnete idandamiseks on lisaks püsivale temperatuurile ka stabiilne niiskustase (vt joonis 2.2, järgmisel leheküljel). Esmane idanemisaeg valiti Euroopa standardi EVS-EN 16086-2:2011 järgi, kus on kirjeldatud meetodika mullaparandusainete ja kasvusubstraatide mõju määramiseks kressi idanemisele (Soil improvers, 2011). Esialgse vähese idanevuse tõttu kasteti proove uuesti 150 ml lahuse või kraaniveega ja asetati uuesti kliimakambrisse, kuhu nad jäid 90 tunniks. Katse läbiviimiseks

kasutati lisaks kliimakambrile veel *OxiTop* manomeetrit (WTW, Saksamaa), mille abil mõõdeti SIR ja BA ning kuivatuskappi *Memmert ULE 600* (Saksamaa), mida kasutati taimse ja mulla kuivaine mõõtmiseks. Samuti kasutati multimeetrit *WTW Multi 340i* (Saksamaa), mille abil määrati pH ja elektrijuhtivus.



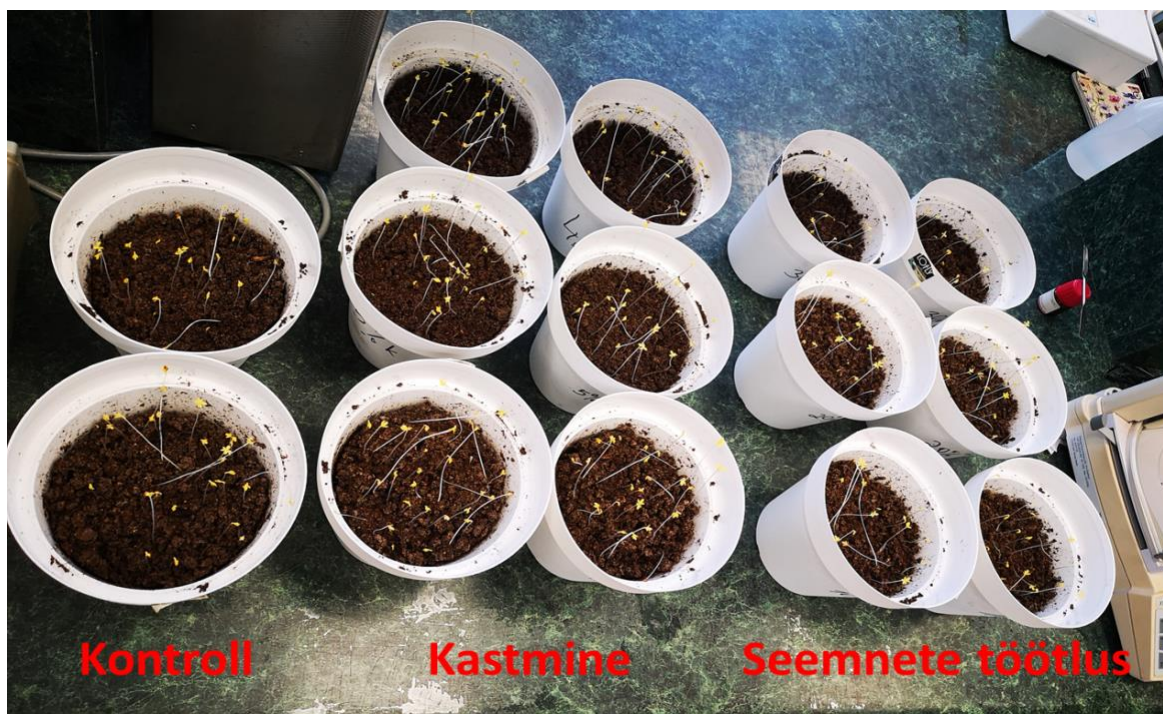
Joonis 2.1 EM lahused (Foto: töö autor)



Joonis 2.2 Kliimakamber (Foto: töö autor)

## 2.1 Taimeparameetrite määramine

Salatkress koristati 08.02.21 ehk nädal pärast külvamist (vt joonis 2.3). Koristamise ajal loendati idanenud seemnete arv (tk), mõõdeti joonlauuga taimede kogupikkus juurest leheni (cm), kaaluti värske taimne biomass (g) ja valmistati proovid ette kuivaine määramiseks.



Joonis 2.3 Salatkressi nõukatse (Foto: Töö autor)

Taimse kuivainesisalduse määramiseks kasutati massikao meetodit. Selleks märgistati ja kaaluti ükshaaval tühjad Petri tassid. Kaalumiseks kasutati kaalu *Kern PLT 1200-3A* (Saksamaa). Seejärel kaaluti igast potist korjatud idanenud kressid ning pandi vastavatesse Petri tassidesse. Proovidega täidetud alused asetati seejärel kuivatuskappi (vt joonis 2.4, järgmisel leheküljel), kus proove kuivatati 90 °C juures 24 tundi. Võrreldes mulla kuivainesisalduse määramisega kasutatakse madalamat temperatuuri, kuna taimset materjali kuivatatakse väiksemal temperatuuril. Pärast ööpäeva möödumist kaaluti proovidega täidetud alused ära. Proovide kuivainesisalduse ja niiskussisalduse arvutamiseks kasutati järgmisi valemeid:

$$KA = \frac{(m_1 - m_0)}{p} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$N = 100 - KA \quad (2.2)$$

kus,  $KA$  – kuivainesisaldus proovis, %



$m_1$  – kuivatatud proovikoguse mass koos kaalumisalusega, g  
 $m_0$  – kaalumisaluse mass, g  
 $\rho$  – proovi algmass enne kuivatamist, g  
 $N$  – niiskussisaldus proovis %.



Joonis 2.4 Kuivatuskapp (Foto: töö autor)

## 2.2 Mulla üldparameetrite määramine

Mulla kuivainesisalduse määramiseks kasutati massikao meetodit. Selleks märgistati ja kaaluti ükshaaval tühjad tiigid. Seejärel kaaluti kaaluga *Kern PLT 1200-3A* igast potist 10 grammi mulda ning pandi tiigitesse. Proovidega täidetud tiigid asetati kuivatuskappi (vt joonis 2.4), kus neid kuivatati 105 °C juures 24 tundi. Pärast ööpäeva möödumist kaaluti proovidega täidetud tiigid ära. Proovide kuivainesisalduse arvutamiseks kasutati valemit (2.1).

Mulla happesuse (pH) määramiseks kaaluti igast potist 10 grammi proovi kolbidesse ning lisati 50 ml destilleeritud vett. Valminud segud loksutati ning iga kolb suleti korgiga ja jäeti 24 tunniks toatemperatuurile seisma. Ööpäeva möödudes mõõdeti lahuse pH, milleks kasutati multimeetrit *WTW Multi 340i* (vt joonis 2.5, järgmisel leheküljel). Samadest lahustest määrati multimeetrit kasutades ka elektrijuhtivus. Mulla pH mõõtmiseks kasutati multimeetrit elektrodiga *SenTix 41* ning elektrijuhtivuse mõõtmisel kasutati multimeetrit elektrodiga *TetraCon 325*.



Joonis 2.5 Multimeeter (Foto: töö autor)

## 2.3 Mikrobioloogia analüüsimine

Mikroorganismide hingamisaktiivsuse (BA) määramiseks kasutati *OxiTop* manomeetrist mõõtmisüsteemi. Antud seadmega fikseeritakse rõhu muutused anumal, mis on tingitud mikroobikoosluse elutegevuse käigus kasutatava hapniku ja eraldatava CO<sub>2</sub> poolt (Platen & Wirtz, 1999). Mikroorganismide elutegevuse käigus kasutatud hapnik vähendab katseanumas rõhku ning vältimaks eralduva süsihappegaasi mõju katse tulemustele, lisatakse anumatesse absorbenti, mis seob katse käigus eralduva CO<sub>2</sub> (*Ibid*). See on vajalik, et rõhk ei tõuseks CO<sub>2</sub> eraldumise tagajärjel ning rõhu langus vastaks ainult hapniku tarbimisele (*Ibid*). Võimalikult täpseks rõhu muutuste mõõtmiseks on mõõtesüsteem hermeetiliselt suletav ning kasutatakse spetsiaalseid külge monteeritavaid mõõtepeasid (*Ibid*).

Basaalse hingamisaktiivsuse määramiseks kasutati 28 standardset ühe liitrist katseanumat, kuhu kaaluti *Mettler PC440* kaaluga 100 grammi mulda igast potist (ühest potist tehti kaks kordust). Absorbendina kasutati natroonlubja pelletteid. Mõõteanumad suleti hermeetiliselt ja mõõtepead monteeriti külge (vt joonis 2.6, järgmisel leheküljel). Seejärel inkubeeriti proove pimedas 25 °C juures 96 tundi.



Mõõteanumate külge monteeritud mõõtepead fikseerisid anumates toimuva ning jälgisid hapniku tarbimisest tulenevat rõhu langust. Pärast nelja päeva möödumist kanti andmed digitaalkujul arvutisse. Proovide hapnikutarve arvutati järgmise valemi (2.2) järgi (Platen & Wirtz, 1999):

$$BA = \frac{M(O_2)}{R \cdot T} * \frac{V(fg)}{m(KA)} * \frac{\Delta p}{t} \quad (2.2)$$

kus,  $BA$  – hapnikutarve,  $mg-O_2 \text{ g-KA}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ;  
 $M(O_2)$  – hapniku molaarmass, 32 000 mg/mol;  
 $\Delta p$  – mõõdetud rõhumuutus (hPa);  
 $R$  – universaalne gaasikonstant, 83,14 hPa L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>;  
 $T$  – mõõtmistemperatuur, K;  
 $t$  – mõõtmise aeg, h;  
 $m(KA)$  – kuivaine mass mõõtmisüsteemis, g;  
 $V(fg)$  – vaba gaasi ruumala, l.

Mõõteanumas oleva õhu ruumala arvutati valemi (2.3) järgi:

$$V(fg) = V_{\text{üld}} - V_{\text{pinnas}} \quad (2.3)$$

kus,  $V(fg)$  – vaba gaasi ruumala, l;  
 $V_{\text{üld}}$  – mõõtmisanuma üldruumala, l;  
 $V_{\text{pinnas}}$  – mullaproovi ruumala, l.



Joonis 2.6 OxiTop mõõtesüsteem, hermeetiliselt suletud mõõtepeadega (Foto: töö autor)

Mikroorganismide hulka mullas ehk mikroobset biomassi hinnati substraadi poolt indutseeritud hingamisaktiivsuse (SIR) kaudu. Antud meetod põhineb eeldusel, et glükoosi lisamisel on maksimaalne hapniku tarbimine mikroorganismide poolt võrdeline nende biomassiga (Öhlinger, 1996). SIR-meetodi puhul on reaktsiooni põhimõte sama, mis basaalse hingamisaktiivsuse määramisel. Katse läbiviimiseks kasutati *OxiTop* mõõtesüsteemi.

Mikroobide biomassi hindamiseks kaaluti *Mettler PC440* kaaluga 100 g mulda igast potist, millele lisati 0,05 grammi glükoosi. Igast potist tehti kaks kordust ehk pärast glükoosi lisamist ja mulla segamist kaaluti segu kaheks 50 g osaks. Proovid pandi 28- sse hermeetiliselt suletud nõusse, kuhu oli lisatud natroonlupja ning hoiti pimedas 22 °C juures 24 tundi. Rõhu muutmised fikseeriti mõõtepeade abil ning andmed kanti üle arvutisse. Rõhu languse põhjal arvutati mulla hingamisaktiivsus ning selle kaudu mikroobse biomassi süsiniku hulk seosest:

$$1 \text{ mg-O}_2 \text{ g-KA}^{-1} \text{ h}^{-1} = 28 \text{ mg} - C_{\text{mikroobne}} \text{ g}^{-1} \quad (2.4)$$

## 2.4 Andmetöötlus

Statistilise analüüsi tegemiseks kasutati MS Exceli programmi. Graafikutel on toodud välja keskmised näitajad, mis on esitatud koos standardhälbega. Töötlusgruppide vahelise erinevuse leidmiseks kasutati t-testi. Statistilise olulisuse nivooks määrati  $p=0,05$ . Tavaliselt loetakse antud taset statistilise olulisuse piiriks ning see näitab saadud tulemuse juhuslikkuse tõenäosust (Kaart, 2009). Kui  $p$  väärtus on väiksem olulisuse nivooast, siis on saadud tulemus usaldusväärne ning kui  $p$  väärtus on suurem, siis statistiliselt oluline tulemus puudub (*Ibid*). Joonistel märgivad samad tähed tulpade kohal statistiliselt mitteolulist erinevust töötlusgruppide vahel ( $p>0,05$ ) ning tärniga on tähistatud statistiline oluline erinevus kontrollkatsest ( $p<0,05$ ). Samuti viidi läbi Pearsoni parameetriline korrelatsioonianalüüs, et hinnata erinevate tunnuste vahelist sõltuvust. Selleks koostati korrelatsioonimaatriks, kus on näha paarikaupa leitud korrelatsioonikordajad ( $r$  väärtused). Seose tugevuse iseloomustamiseks lähtuti kokkuleppelistest piiridest:

- $|r| \leq 0,3$  – nõrk seos;
- $0,3 < |r| < 0,7$  – keskmine seos;
- $|r| \geq 0,7$  – tugev seos (Kaart, 2013).

Lisaks hinnati korrelatsioonikordajate statistilist olulisust ( $p < 0,05$ ). Selleks kasutati korrelatsioonikordajate kriitiliste väärtuste tabelit (vt lisa 1) (Kaart, 2013). Seost võib lugeda statistiliselt oluliseks kui leitud korrelatsioonikordaja väärtus on suurem vastavast kriitilisest väärtusest (*Ibid*). Kriitiline väärtus sõltub korrelatsioonikordaja arvutamisel kasutatud väärtuste paaride arvust  $n$  ja olulisuse nivoost  $p$  (*Ibid*).

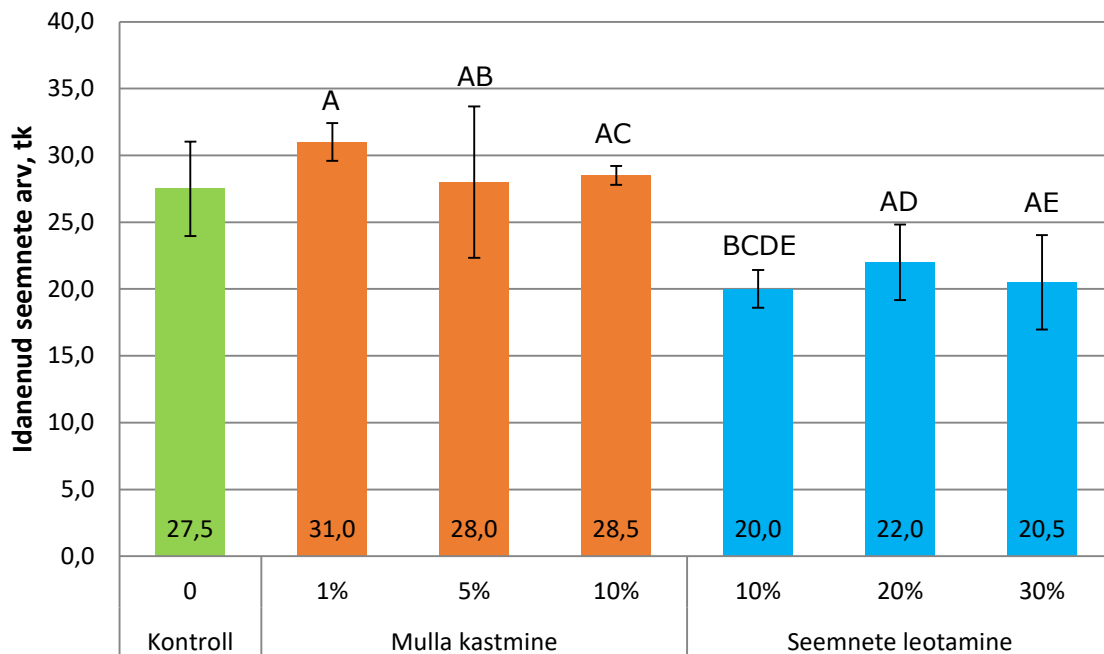
### **3. TULEMUSED JA ARUTELU**

Käesolevas magistritöös viidi läbi nõukatse ning analüüsiti saadud tulemusi, et hinnata efektiivsete mikroorganismide segu mõju salatkressile, mulla hingamisele ja teistele mulla parameetritele. Katses kasutati kahte erinevat EM töötlusviisi ja erinevaid EM lahuse kontsentratsioone ning määrati vastavaid meetodikaid kasutades erinevad taime- ja mullaparameetrid ning mulla mikrobioloogia.

#### **3.1 Taimeparameetrite analüüs**

##### **3.1.1 Salatkressi idanevus**

Katse käigus külvatud seemnete idanevus on näha joonisel 3.1 (järgmisel leheküljel). Mulla kastmisel EM lahusega saadi arvuliselt suurimad tulemused. Siiski ei olnud tulemused oluliselt erinevad kontrollrühma tulemusest. Võrreldes mulla kastmiseks kasutatud lahuste kontsentratsioone, ei ole näha idanemises suurt erinevust. Arvuliselt kõige väiksema idanevusega proovid saadi seemnete leotamisel. Erinevad EM lahuste kontsentratsioonid ei ole seejuures andnud üksteisest erinevaid tulemusi. Jooniselt on näha, et kõige rohkem seemneid idanes 1%-lise EM lahusega mulla kastmise puhul, kus idanes keskmiselt  $31 \pm 1,4$  seemet. Kõige väiksema seemnete idanevuse andis seemnete leotamine 10%-lise lahusega, kus idanes keskmiselt  $20 \pm 1,4$  seemet. Mõlema töötluse puhul ei ilmnenud kontrollkatsest statistiliselt usaldusväärset erinevust ( $p > 0,05$ ). Samuti ei ilmnenud statistilisi erinevusi mulla kastmiseks kasutatud erinevate kontsentratsioonide vahel. Erinevust ei olnud ka seemnete leotamiseks kasutatud kontsentratsioonide puhul.



Joonis 3.1 Idanenud seemnete arv (tk) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Efektiivsete mikroorganismide kasutamine võib kiirendada idanevust (Olle, 2014). See on põllumajanduslikult oluline näitaja, kuna seeläbi on võimalik lühendada taime kasvuperioodi ning võimaldab saaki varem koristada (*Ibid*). Katses idanema läinud seemnete arv oli üsna keskmine, kuna külvatud seemnetest idanesid umbes pooled (700-st seemnest idanes 355 seemet). Mulla töötlemine EM lahusega on vähesel määral suurendanud seemnete idanevust, kuid tulemus ei ole statistiliselt usaldusväärne. Seemnete leotamine EM lahusega ei aidanud kaasa taime idanevusele, kuna kontrollrühmaga võrreldes saadi madalamad tulemused. Erinevalt antud katse tulemustest on Domenico (2019b) tehtud katses EM seguga mulla kastmine suurendanud taime seemnete idanevust. Taimede idanevus suurenes ka Cui *et al.* (2021) läbi viidud uuringus, kus lisaks mulla kastmisele EM lahusega lisati mulda ka biosüüt. Vastupidiselt saadud tulemustele on kirjanduses välja toodud katseid, kus EM lahusega seemnete töötlemine on suurendanud taimede idanevust. Suqueira *et al.* (2002) tehtud uuringus aitas seemnete töötlemine kaasa erinevate taimede idanevusele. Ka Olle (2014) tehtud uuringus ilmnisid EM lahusega seemnete töötlemisel positiivsed mõjud taime idanevusele. Sarnaselt antud katse tulemustele selgus ka Mohammed *et al.* (2013) uuringus, et seemnete töötlemine ei suurendanud idanevust. Välja toodud katsete puhul leotati seemneid pikema aja vältel kui antud katses. Suqueira *et al.* (2002) tehtud katses leotati seemneid 10 minutit, Olle (2014) tehtud katses 60 minutit ja Mohammed *et al.* (2013) katses vähemalt 3 tundi. Seega võib efektiivsemate tulemuste saamiseks kasu olla seemnete leotamisest mõnevõrra

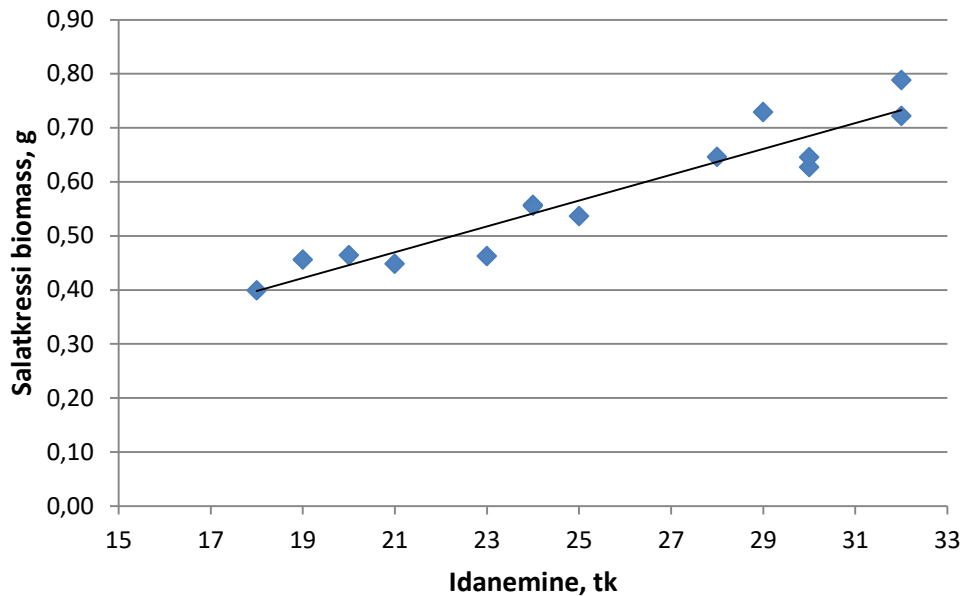
pikema aja vältel. Seejuures ei pruugi ka liiga pikk leotamise aeg anda efektiivseid tulemusi.

Katses mõõdetud parameetreid analüüsiti Pearsoni parameetrilise korrelatsioonianalüüsiga. Korrelatsioonikordajate  $r$ -väärtused on näha tabelist 3.1. Vastavalt Pearsoni korrelatsioonikordaja tabelile (vt lisa 1) on antud katses korrelatsioonikordaja kriitiliseks väärtuseks 0,532 ( $n=14$ ,  $p=0,05$ ) ning kõik tulemused, mis on suuremad antud väärtusest, on ka statistiliselt usaldusväärsed. Maatriksil on punaselt märgitud seosed, mis on statistiliselt olulised.

Tabel 3.1 Pearsoni maatriks – parameetriline korrelatsioonianalüüs

	<b>Idanemine</b>	<b>Pikkus</b>	<b>Biomass</b>	<b>TKA</b>	<b>MKA</b>	<b>pH</b>	<b>EJ</b>	<b>BA</b>	<b>SIR</b>
<b>Idanemine</b>	1	0,231	<b>0,949</b>	<b>-0,656</b>	-0,057	0,432	-0,259	0,377	-0,120
<b>Pikkus</b>	0,231	1	0,441	0,155	-0,297	<b>0,657</b>	<b>-0,667</b>	<b>0,628</b>	<b>0,790</b>
<b>Biomass</b>	<b>0,949</b>	0,441	1	-0,498	-0,308	<b>0,624</b>	-0,479	0,517	0,095
<b>TKA</b>	<b>-0,656</b>	0,155	-0,498	1	-0,397	0,003	-0,202	-0,171	0,446
<b>MKA</b>	-0,057	-0,297	-0,308	-0,397	1	<b>-0,536</b>	<b>0,557</b>	-0,258	-0,286
<b>pH</b>	0,432	<b>0,657</b>	<b>0,624</b>	0,003	<b>-0,536</b>	1	<b>-0,921</b>	<b>0,796</b>	<b>0,572</b>
<b>EJ</b>	-0,259	<b>-0,667</b>	-0,479	-0,202	<b>0,557</b>	<b>-0,921</b>	1	<b>-0,612</b>	<b>-0,572</b>
<b>BA</b>	0,377	<b>0,628</b>	0,517	-0,171	-0,258	<b>0,796</b>	<b>-0,612</b>	1	0,513
<b>SIR</b>	-0,120	<b>0,790</b>	0,095	0,446	-0,286	<b>0,572</b>	<b>-0,572</b>	0,513	1

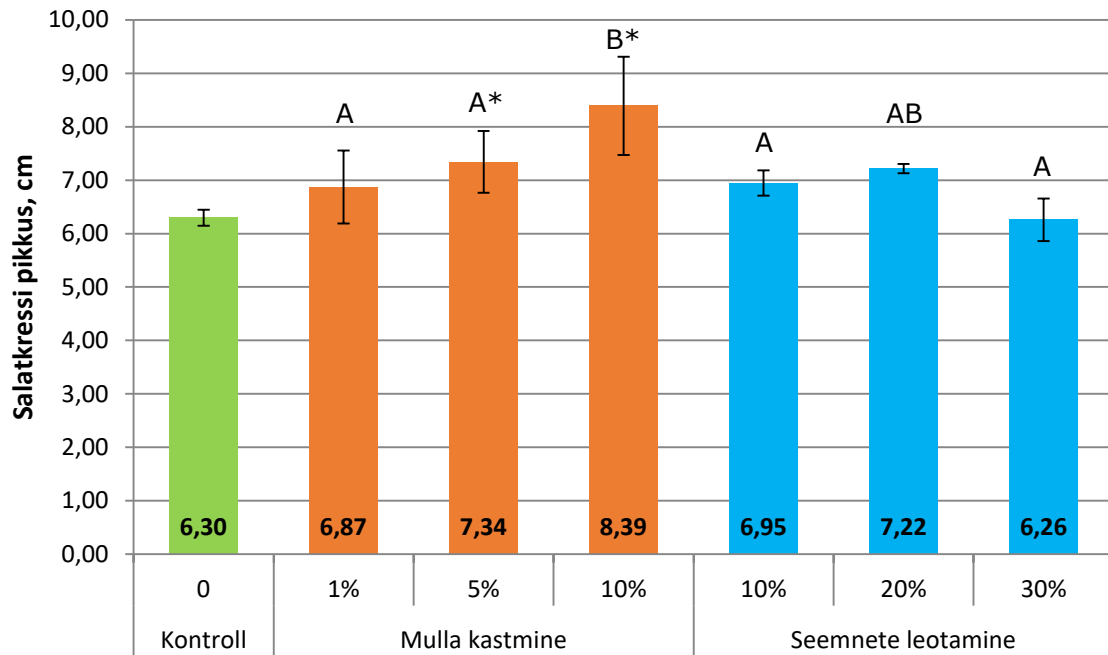
Lähtudes kokkuleppelistest piiridest seoste tugevuse iseloomustamiseks näitas statistiline analüüs, et biomass oli tugevas positiivses korrelatsioonis idanemisega ( $r=0,949$ ,  $p<0,05$ ). Graafiline ülevaade kahe tunnuse vahelisest seosest, koos seda iseloomustava tõusva trendijoonega, on esitatud hajuvusdiagrammil (vt joonis 3.2, järgmisel leheküljel). Antud seos näitab, et mida suurem oli idanemine, seda suurem oli ka salatkressi värske biomass, ning idanevuse väiksema arvu puhul oli ka värske biomass madalam.



Joonis 3.2 Tugev positiivne korrelatsioon salatkressi idanemise ja biomassi vahel

### 3.1.2 Salatkressi taimede pikkus

Salatkressi taimede keskmised pikkused on välja toodud joonisel 3.3 (järgmisel leheküljel). Tulemustest on näha, et võrreldes kontrollkatsega on EM segu kasutamine suurendanud taimede kasvupikkust. Vaid 30% lahusega seemnete töötlemine on andnud kontrollkatsest halvema tulemuse ning antud töötamise tulemusena saadi kõige lühemad taimed (keskmiselt  $6,26 \pm 0,4$  cm). Kõige pikemad taimed kasvasid 10% lahusega töödeldud mullas, kus keskmine taime pikkus oli  $8,39 \pm 0,9$  cm. Antud töötlus oli kontrollkatsega võrreldes statistiliselt oluline ( $p=0,00002$ ;  $p<0,05$ ) Kontrollkatsest statistiliselt oluline tulemus ( $p=0,026$ ;  $p<0,05$ ) oli ka 5% lahusega mulla kastmisel, kus keskmine taimede pikkus oli  $7,34 \pm 0,6$  cm. Erinevate mulla kastmiseks kasutatud lahuse kontsentratsioonide puhul ilmnas statistiline erinevus 1% ja 10% ( $p=0,002$ ;  $p<0,05$ ) ning 5% ja 10% ( $p=0,023$ ;  $p<0,05$ ) EM lahuste vahel.



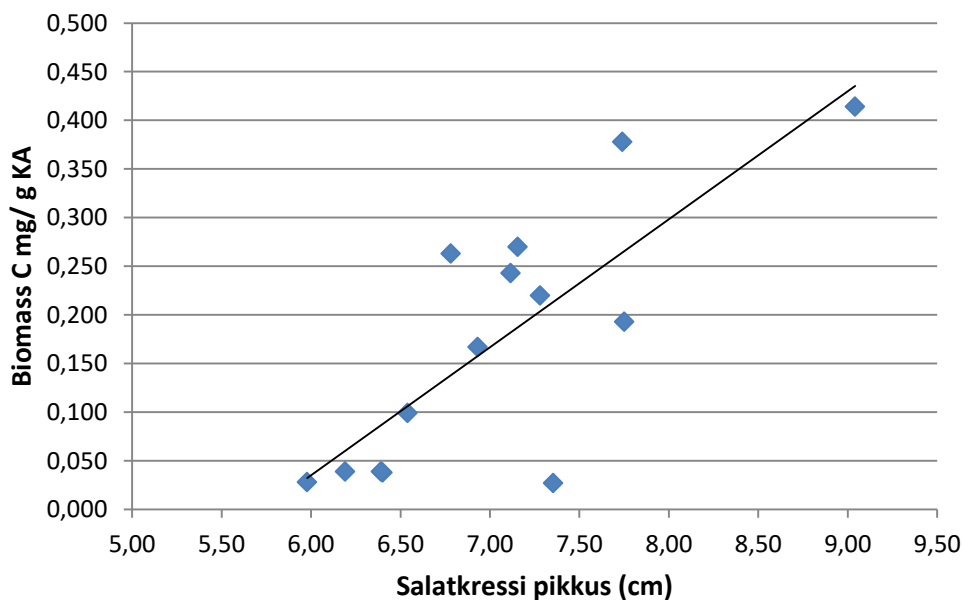
Joonis 3.3 Salatkressi pikkus (cm) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Taime pikkus sõltub nii taime sordist kui ka kasvutingimustest (Wang *et al.*, 2018). Taime pikkuse hindamine annab infot taime arengu ja tervise kohta (*Ibid*). Antud juhul saab taime pikkuse järgi hinnata EM lahuse efektiivsust, ehk mida pikemad taimed, seda paremini mõjutas EM taimede kasvu. Katse tulemusel selgus, et mulla kastmine EM lahustega kontsentratsioonidel 5% ja 10% osutusid efektiivseimateks ning statistilise analüüsi põhjal andis parima tulemuse 10% EM lahus. Kirjanduses leiduvates uurimistöodes on saadud sarnaseid tulemusi, kus EM segu kasutamine on suurendanud taimede kasvu. Prisa (2019) tehtud uuringus aitas EM seguga (1:200 ja 1:100 lahjendus) mulla kastmine kaasa paprika ja tšilli taime kasvupikkusele. Ka Cui *et al.* (2021) tehtud katses oli EM seguga mulla kastmisel positiivne efekt taimede kõrgusele. Kirjanduses leidub ka uuringuid, kus seemnete töötlemine EM lahusega on aidanud kaasa taimede võrsete pikkusele (Mohammed *et al.*, 2013; Siqueira *et al.*, 2002). Lisaks on tehtud uuring, kus EM-komposti kasutamine suurendas nisu taimede kõrgust (Hu & Qi, 2013). Kirjandusallikate põhjal võib välja tuua, et pinnase väetamine ja komposti lisamine, lisaks EM töötlusele, võib aidata kaasa taime pikkusele ning efektiivsemate tulemuste saavutamisele.

Vastavalt korrelatsioonianalüüsile oli salatkressi taimede pikkus tugevas positiivses korrelatsioonis mikroobse biomassiga ( $r=0,790$ ,  $p<0,05$ ) (vt tabel 3.1, lk 30). Nende tunnuste vahelised seosed on esitatud hajuvusdiagrammil (vt joonis 3.4, järgmisel leheküljel). Tugev positiivne seos näitab, et mida pikemad olid taimed, seda suurem oli mikroobne biomass ning lühemate taimede puhul oli proovides mikroobne biomass väiksem. Seega võivad 10% EM lahusega mulla kastmisega proovis olla pikemad



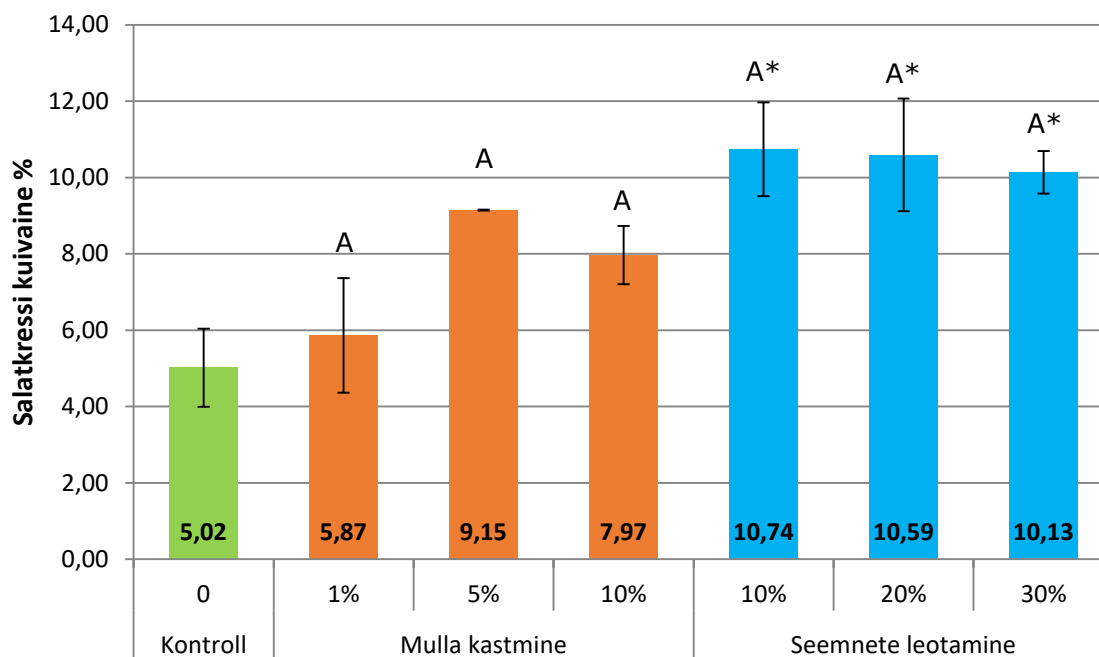
taimed, kuna sama lahusega kastetud proovis oli mikroobide biomass kõige kõrgem. Samuti oli taimede pikkus keskmises positiivses seoses mulla pH-ga ( $r=0,657$ ,  $p<0,05$ ), mis tähendab, et kõrgem pH võis osaliselt soodustada taimede pikkust ning madalam pH võis pärssida taimede kasvu.



Joonis 3.4 Tugev positiivne korrelatsioon taimede pikkuse ja mikroobse biomassi vahel

### 3.1.3 Salatkressi kuivaine

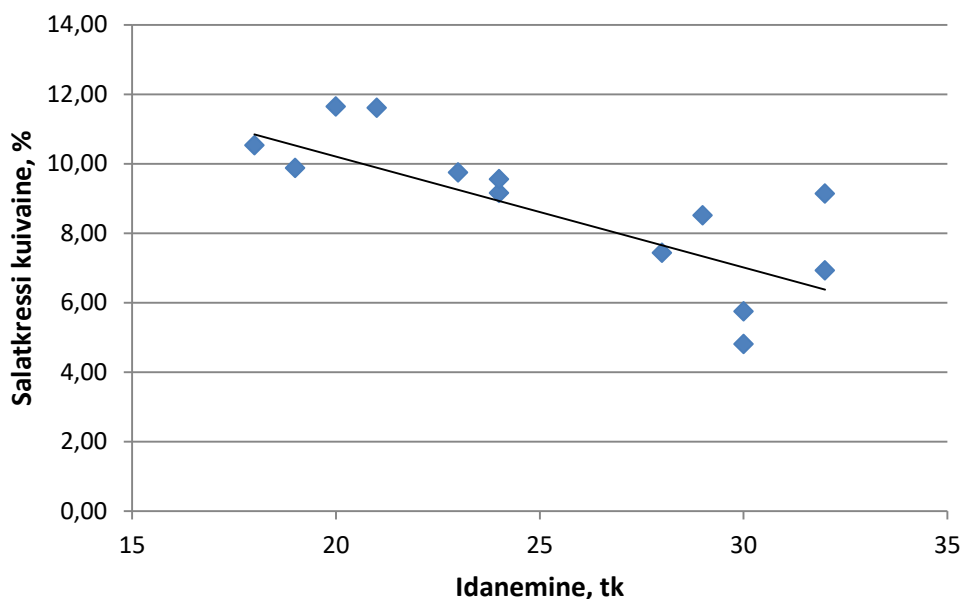
Joonisel 3.5 (järgmisel leheküljel) on välja toodud kuivaine sisaldus salatkressi taimedes. Kõige suurem kuivaine protsent oli proovidel, kus kasutati EM lahust seemnete töötlemiseks. Kõigi kasutatud lahuse kontsentratsioonide puhul ilmnis kontrollrühmaga statistiliselt oluline erinevus tasemel  $p<0,05$  (10%:  $p=0,037$ ; 20%:  $p=0,048$ ; 30%:  $p=0,025$ ). Seejuures oli kõige suurem kuivaine % ( $10,74 \pm 1,2$ ) proovil, mille seemneid töödeldi 10% lahusega. Võrreldes kontrollkatsega on mulla kastmine EM lahusega samuti suurendanud salatkressi kuivainesisaldust, kuid statistiline olulisus puudus kõigi kontsentratsioonide puhul (1%:  $p=0,576$ ; 5%:  $p=0,111$ ; 10%:  $p=0,082$ ;  $p>0,05$ ). Statistilisi erinevusi mulla kastmiseks kasutatud erinevate kontsentratsioonide vahel ei esinenud. Statistiline olulisus puudus ka seemnete leotamiseks kasutatud kontsentratsioonide vahel ( $p>0,05$ ).



Joonis 3.5 Salatkressi kuivaine (%) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Taimede kuivaine koosneb enamuses orgaanilisest osast (Solid Works LLC, 2017). Ülejäänud väikse osa kuivainest moodustavad mineraalaineid, kuhu kuuluvad makro- (nt lämmastik, fosfor, kaltsium) ja mikroelemendid (raud, mangaan, tsink), mida taim saab mullast (*Ibid*). Kuivaine näitab nende ainete sisaldust taimes pärast vee eraldamist. Põllumajanduskultuuride saagi kvaliteeti saab seega iseloomustada taimede kuivaine kaudu. Antud katse tulemuste põhjal saab järeldada, et EM lahusega salatkressi seemnete töötlemine aitab taime kvaliteedile kaasa. Seejuures selgus, et erinevate EM lahuse kontsentratsioonide puhul ei olnud nende mõjude suurusel usutavat erinevust. Sarnaselt saadud tulemustele on ka kirjanduses välja toodud katseid, kus taime kuivaine on EM töötlemise puhul suurenenud. Mohammed *et al.* (2013) tehtud uuringus aitab seemnete töötlemine EM lahusega parandada kohvi seemikute kuivaine näitajat. Erinevalt antud katse tulemustele aitab Filipović *et al.* (2016) katses mulla töötlemine EM lahusega kaasa basiiliku kuivmassi suurenemisele. Sarnaselt antud katse tulemustele ei leitud Olle (2013) tehtud uuringus samuti EM töötlemise (mulla kastmise) puhul kaalikakultuuri kuivaine sisaldusele positiivset mõju.

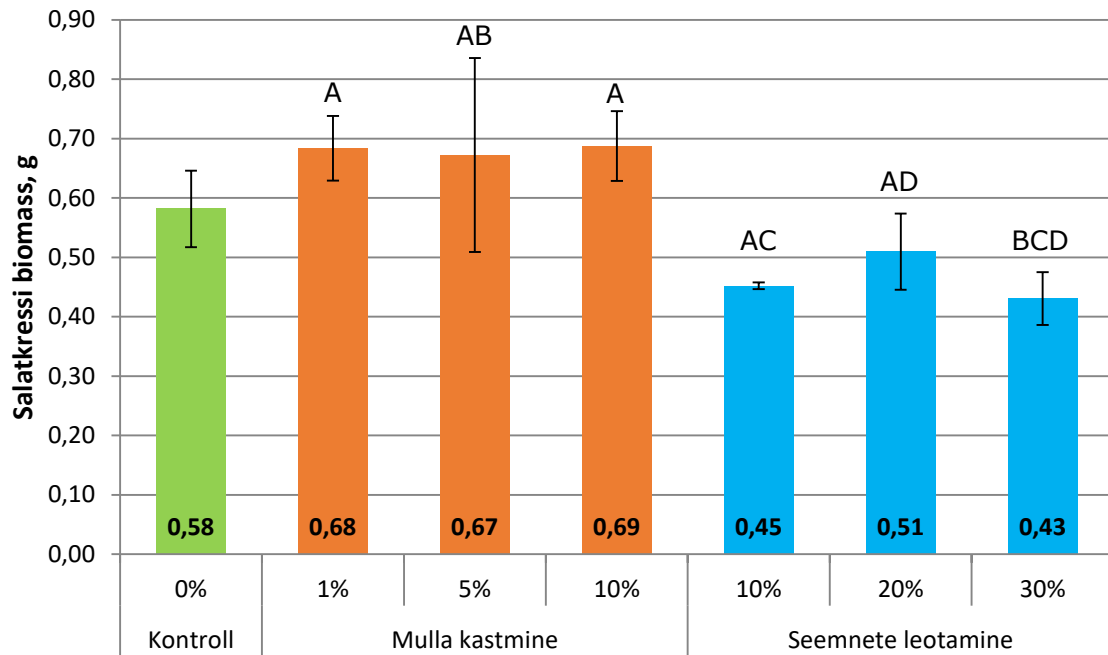
Antud katses analüüsitud salatkressi kuivaine tulemustes selgus, et see on keskmise tugevusega negatiivses korrelatsioonis idanemisega ( $r=-0,656$ ,  $p<0,05$ ) (vt tabel 3.1, lk 30). Hajuvusdiagrammil on näha tunnuste vaheline seos, mida iseloomustab langev trendijoon (vt joonis 3.6, järgmisel leheküljel). Negatiivne seos näitab, et kui idanemine oli kõrge, siis taimede kuivaine sisaldus oli väiksem ning kui taimede kuivaine oli suurem, siis oli idanemise arv madalam.



Joonis 3.6 Keskmise negatiivne korrelatsioon idanemise ja taime kuivaine vahel

### 3.1.4 Salatkressi värske biomass

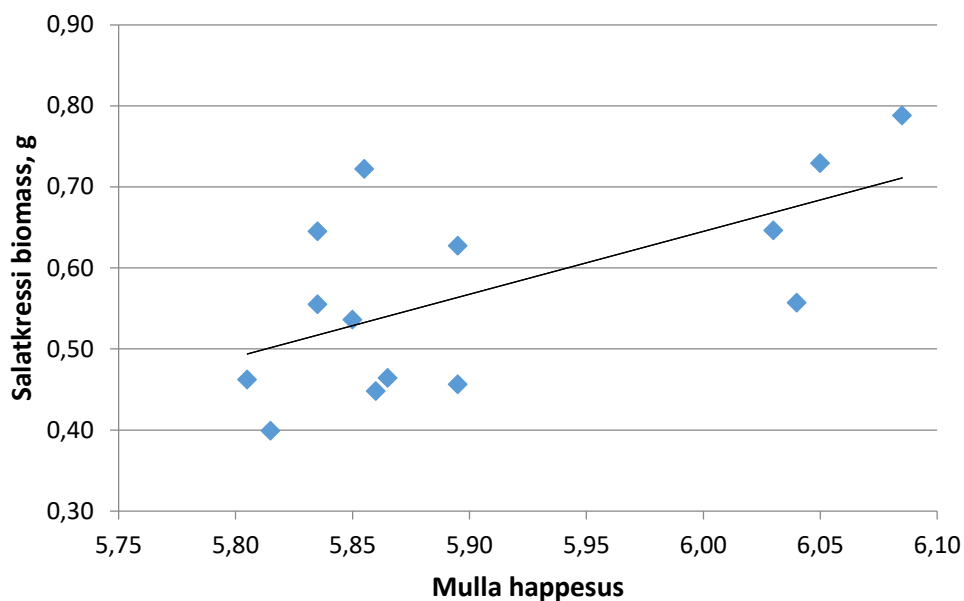
Salatkressi värske biomass puhul on tulemustest näha, et võrreldes kontrollrühma proove EM lahusega kastetud proovidega, on EM töödeldud proovide puhul idanenud taimede biomass suurem (joonis 3.7, järgmisel leheküljel). Mulla kastmisel erinevate kontsentratsioonidega saadi üksteisega võrdväärsed tulemused, erinevus jäi vahemikku 0,01-0,02 g. Kõrgeim biomass saadi seejuures 10% EM lahusega mulla kastmisel ( $0,69 \pm 0,06$  g). Proovidel, kus seemneid töödeldi 10%, 20% ja 30% EM lahusega saadi kontrollkatsest väiksem biomass. Ühtlasi saadi 30% EM lahusega seemnete leotamise puhul väiksem taimede värske biomass ( $0,43 \pm 0,04$  g). Ühegi töötuse vaheline erinevus kontrollkatsest ei olnud statistiliselt usutav  $p > 0,05$ . Erinevaid kontsentratsioone võrreldes ei ilmnud statistiliselt olulist erinevust ei mulla kastmiseks kasutatud lahuste vahel ega ka seemnete leotamiseks kasutatud lahuste vahel.



Joonis 3.7 Salatkressi värske biomass (g) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Taime biomass näitab elusaine kogust taimes, milleks on peamiselt taime rakukesta materjal (Golzarian *et al.*, 2011). Taimede värske biomass on kaal peale taimede koristamist ning selle järgi saab hinnata näiteks taimede kasvu ja saagikust (*Ibid*). Antud tulemuste põhjal saab seega järeldada, et proovide töötlemine EM lahustega ei suurendanud katses salatkressi värsket biomassi. Sarnaselt antud uuringuga selgus ka Frąszczak *et al.* (2012) katses, et EM töötluste kasutamine (mulla kastmine, taimede pritsimine ja seemnete leotamine) ei suurendanud basiiliku värsket biomassi. Erinevalt antud katses saadud tulemustele, saadi erinevate taimede seemnete (nt uba, porgand, hernes, peet) töötlusel EM lahusega biomassi näitajate puhul positiivsed tulemused (Siqueira *et al.*, 2002). Ka Filipović *et al.* (2016) tehtud uuringus selgus, et EM-iga mulla töötlemine suurendas taimede biomassi. Cui *et al.* (2021) katses saadi samuti EM-iga mulla kastmisel positiivsed tulemused taime biomassi puhul. Kirjanduses tuli veel välja, et EM töödeldud komposti kasutamine aitas kaasa nisu biomassi suurenemisele (Hu & Qi, 2013). Seega võib komposti lisamine, EM töötlusele lisaks, aidata positiivsete tulemuste saavutamisele kaasa.

Statistilisel analüüsil selgus (vt tabel 3.1, lk 30), et salatkressi värske biomass oli lisaks idanevusele keskmises positiivses korrelatsioonis ka mulla happesusega ( $r=0,624$ ,  $p<0,05$ ), mis näitab taime värske biomassi madalamate näitajate seost madalate mulla pH näitajatega ning värske biomassi kõrgete näitajate seotust pH kõrgemate näitajatega. Graafiline ülevaade tunnuste vahelisest seosest on esitatud joonisel 3.8 (järgmisel leheküljel).

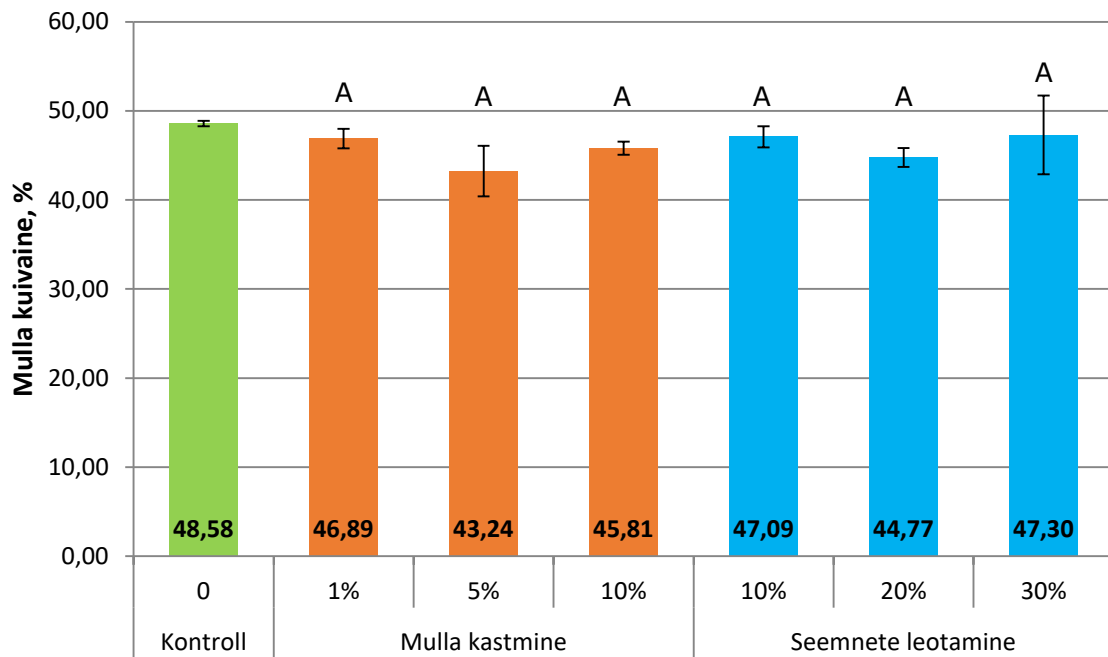


Joonis 3.8 Keskmise positiivne korrelatsioon salatkressi värske biomassi ja mulla pH vahel

## 3.2 Mulla üldparameetrite analüüs

### 3.2.1 Mulla kuivaine

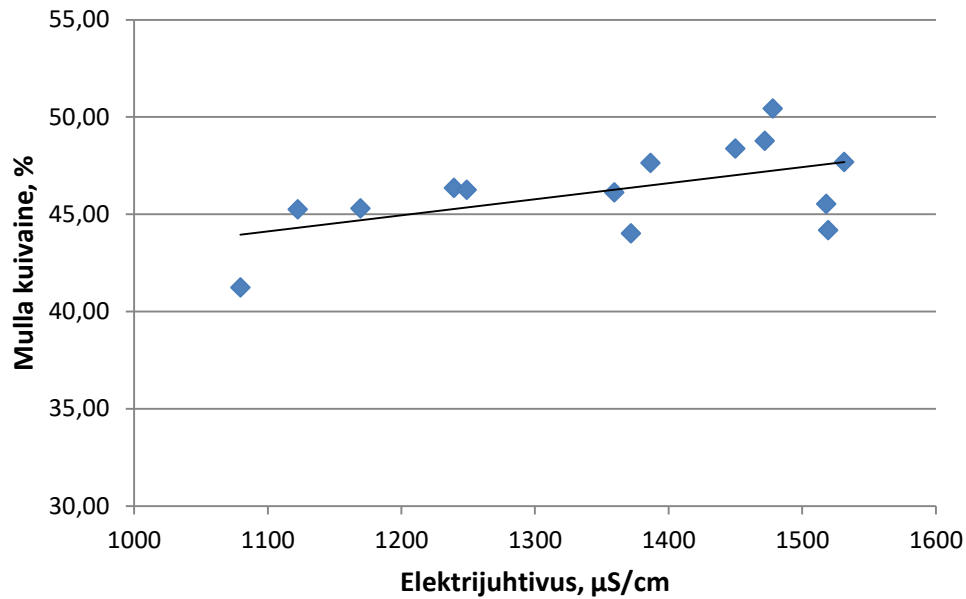
Mulla kuivaine on välja toodud joonisel 3.9 (järgmisel leheküljel). Tulemustest on näha, et kõige suurem kuivaine protsent mullas on kontrollkatses ( $48,57 \pm 0,3$ ) ning kõige väiksem kuivaine on proovis, mida kasteti 5% EM lahusega ( $43,24 \pm 2,8$ ). Võrreldes kontrolltöötusega on mulla kuivaine langenud mõlema kasutatud EM töötuse puhul. Mulla kuivaine muutustel EM lahustega mulla töötlemisel ja seemnete leotamisel puudub statistiline usutavus kontrolliga ( $p > 0,05$ ). Kontsentratsioonide erinevuses puudub samuti statistiline olulisus nii mulla kastmisel kui ka seemnete töötlemisel kasutatud lahuste puhul.



Joonis 3.9 Mulla kuivaine (%) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Mulla kuivaine on mulla kvaliteedi üheks näitajaks. Mida suurem on mullas kuivaine protsent, seda vähem on seal vett ning rohkem orgaanilisi aineid. Kui mullas on rohkelt orgaanilisi ained, on ka taimede kasv pinnases soodustatud. Töös läbiviidud katses ei suurendanud EM lahuse kasutamine mulla kuivainet ning niiskusesisaldus proovides oli suurem kui kuivainesisaldus. Lahuste kontsentratsioonide võrdluses olid proovides mulla kuivaine näitajad üksteisega sarnased, kuid kuna statistiliselt olulist erinevust nende vahel ei esinenud, siis olid tulemused kirjeldatavad juhuslikkusega ( $p > 0,05$ ).

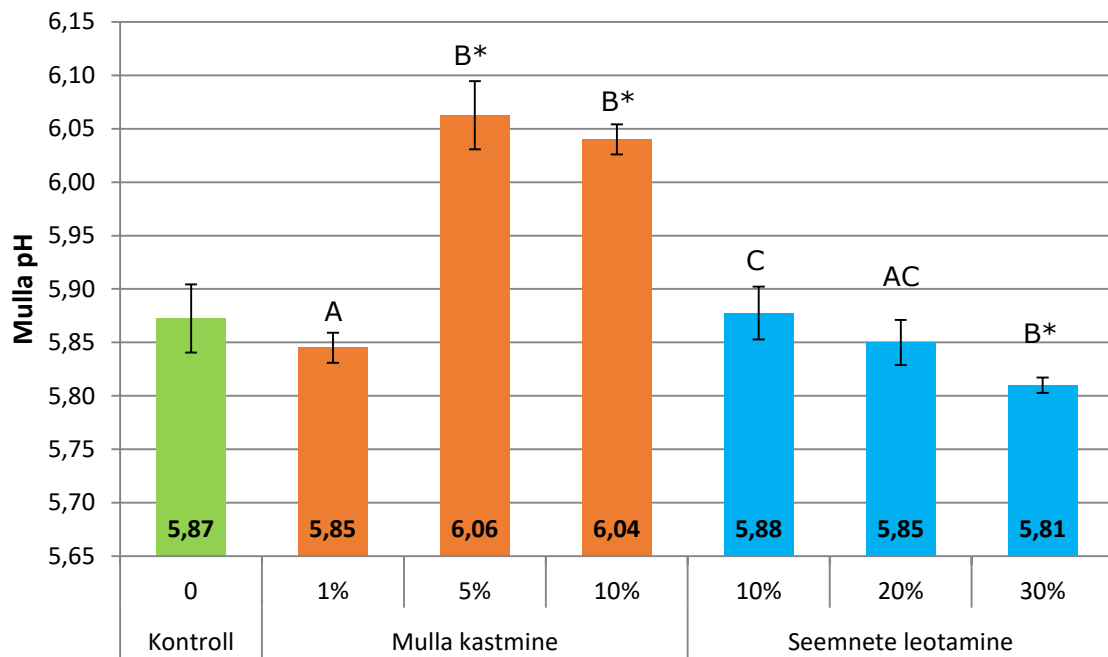
Korrelatsioonianalüüsi tulemusel (vt tabel 3.1, lk 30) selgus, et mulla kuivaine on keskmises positiivses seoses elektrijuhtivusega ( $r = 0,557$ ,  $p < 0,05$ ) (vt joonis 3.10, järgmisel leheküljel) ning keskmises negatiivses seoses mulla happesusega ( $r = -0,536$ ,  $p < 0,05$ ). Kuna elektrijuhtivuse ja mulla kuivaine näitajad on positiivses korrelatsioonis, siis ühe muutuja kõrgemad tasemed on seotud teise muutuja kõrgemate tasemetega ning muutujate madalamad tasemed on samuti omavahel seotud. Negatiivne korrelatsioon pH ja mulla kuivaine vahel näitas, et kui pH suurenes, siis kuivaine vähenes ning kui kuivaine suurenes, siis pH vähenes.



Joonis 3.10 Keskmise positiivne korrelatsioon mulla kuivaine ja elektrijuhtivuse vahel

### 3.2.2 Mulla happesus

Joonisel 3.11 (järgmisel leheküljel) on kujutatud mulla pH tulemused. Mulla happesus jäi erinevate töötlusviiside ja EM lahuse kontsentratsioonide puhul vahemikku 5,81-6,06, olles kõrgeim 5% EM lahusega kastetud katsevariandil ( $6,06 \pm 0,03$ ) ning madalaim 30% EM lahusega seemnete töötlemise katsevariandil ( $5,81 \pm 0,01$ ). Statistiliselt oluline erinevus kontrollkatsest ilmnis mulla kastmisel 5% ja 10% EM lahusega ning seemnete töötlemisel 30% EM lahusega ( $p < 0,05$ ): kastmine 5%  $p = 0,0001$ ; kastmine 10%  $p = 0,0004$ ; seemnete leotamine 30%  $p = 0,027$ . Mulla kastmiseks kasutatud EM lahuste puhul esines statistiliselt oluline erinevus 1% ja 5% ( $p = 0,0001$ ) ning 1% ja 10% ( $p = 0,00002$ ) lahuse vahel. Seemnete töötlemiseks kasutatud lahuste puhul oli oluline erinevus 20% ja 30% ( $p = 0,039$ ) ning 10% ja 30% ( $p = 0,004$ ) segude vahel.



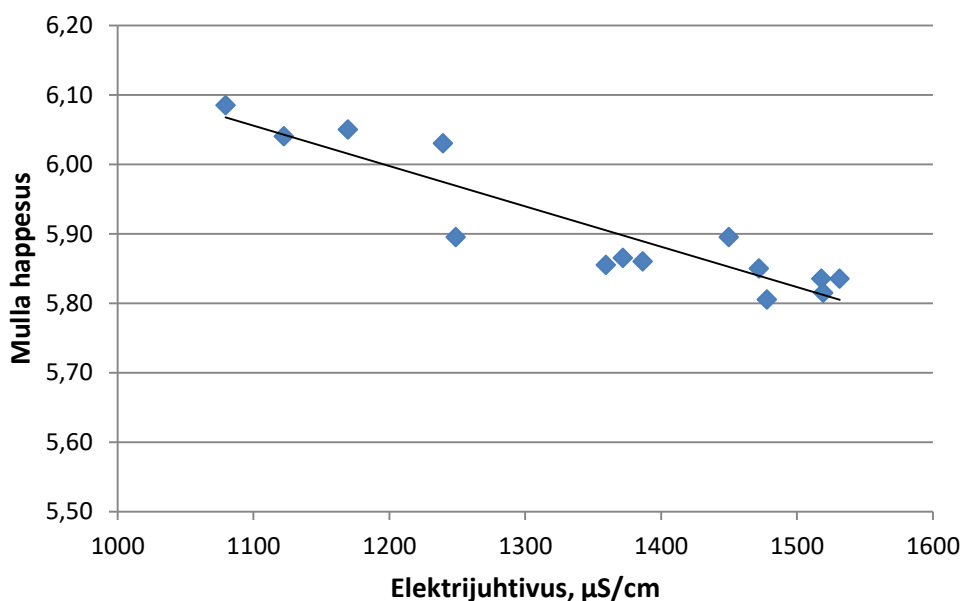
Joonis 3.11 Mulla happesus (pH) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Mulla pH juhib raskmetallide ja toitainete lahustuvust ja liikumist mullas (Iriti *et al.*, 2019; Oliver *et al.*, 2013). Samuti mõjutab pH mulla puhverdus- ja kationivahetusvõimet ning mulla bioloogilisi omadusi, nagu mikroobide kasvu ja mitmekesisust (*Ibid*). Ebasoodne mulla pH võib piirata mullas leiduvate toitainete omastamist (*Ibid*). Saadud tulemuste põhjal on muld nõrgalt happeline (5,6-6,5). Kressile sobilikuks pH vahemikuks on 6,0-7,5 ehk kergelt happelise ja neutraalse pinnase vahemikus (Andersen, 2011). Vastavalt *Biolani* mulla tooteinfole oli mulla esialgne pH 6,5 ehk saaks järeldada, et EM töötlemine alandas mulla happesust. Seda ei saa aga kindlalt väita, kuna katse alguses mulla pH-d ei mõõdetud. Saab vaid võrrelda kontrollkatse pH-d töödeldud proovidega, kus selgus, et 5% ja 10% EM lahusega mulla kastmine tõstis mulla happesust. Teiste töötluste puhul ei suurendanud EM lahuse kasutamine mulla pH-d. Seega saab järeldada, et antud katses sobisid salatkressile kõige paremini 5% ja 10% EM lahusega töödeldud mulla pH. Antud katse tulemustega sarnaseid tulemusi leidub ka teistes uurimistöodes. Paschoal *et al.* (1993) uurisid EM mõju pinnasele ja tsitruselistele ning töötlustena kasutati pinnase kastmist, taimede pritsimist ja mõlema töötluste kombinatsiooni. Katse tulemusena selgus, et EM töötlusted suurendasid mulla pH happesust (*Ibid*). Kirjandusallikatest tuli välja veel, et El-Shafei *et al.* (2008) ja Shaheen *et al.* (2017) tehtud katsetes tõstis EM komposti kasutamine mulla viljakust alandades seejuures pH taset ehk saavutati EM töötluste puhul positiivne efekt. Seega võib EM segu kasutamine mõjutada mulla happesust ning olenevalt eelnevatest mullastiku



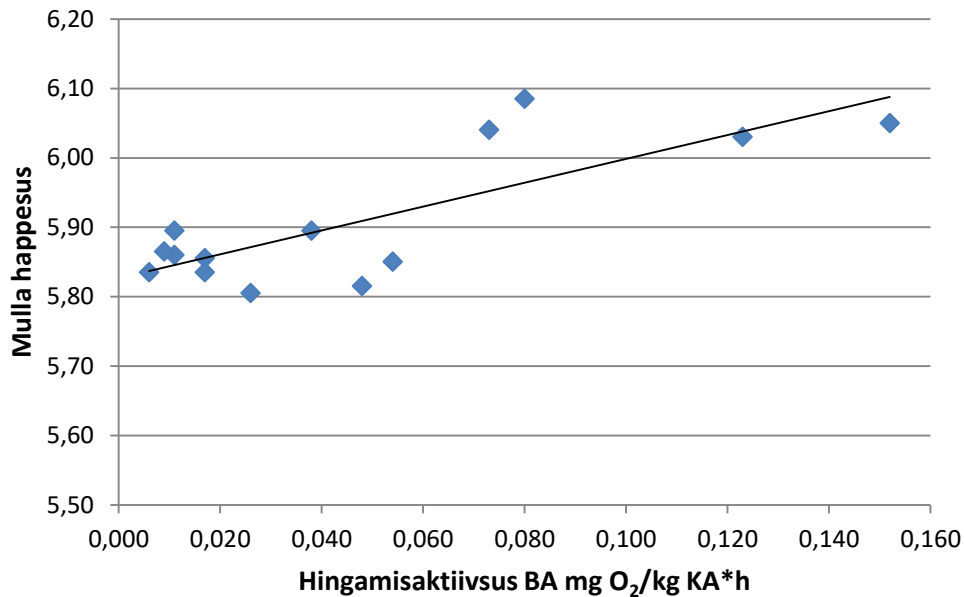
tingimustest kas alandada või suurendada pH-d, mõjudes seejuures mulla kvaliteedile positiivselt.

Mulla happesus oli vastavalt korrelatsioonianalüüsile (vt tabel 3.1, lk 30) tugevas negatiivses seoses elektrijuhtivusega ( $r=-0,921$ ,  $p<0,05$ ). Graafiline ülevaade pH ja elektrijuhtivuse vahelisest seosest on esitatud hajuvusdiagrammil, kus on näha ka langev trendijoon (vt joonis 3.12). Negatiivne seos tähendab, et elektrijuhtivuse näitajate tõus alandas mulla pH näitajaid ning elektrijuhtivuse näitajate langus suurendas mulla pH-d. Seega võis 5% ja 10% EM lahusega kastetud proovides mulla pH olla kõrge, kuna samades proovides olid elektrijuhtivuse näitajad madalamad.



Joonis 3.12 Tugev negatiivne korrelatsioon mulla happesuse ja elektrijuhtivuse vahel

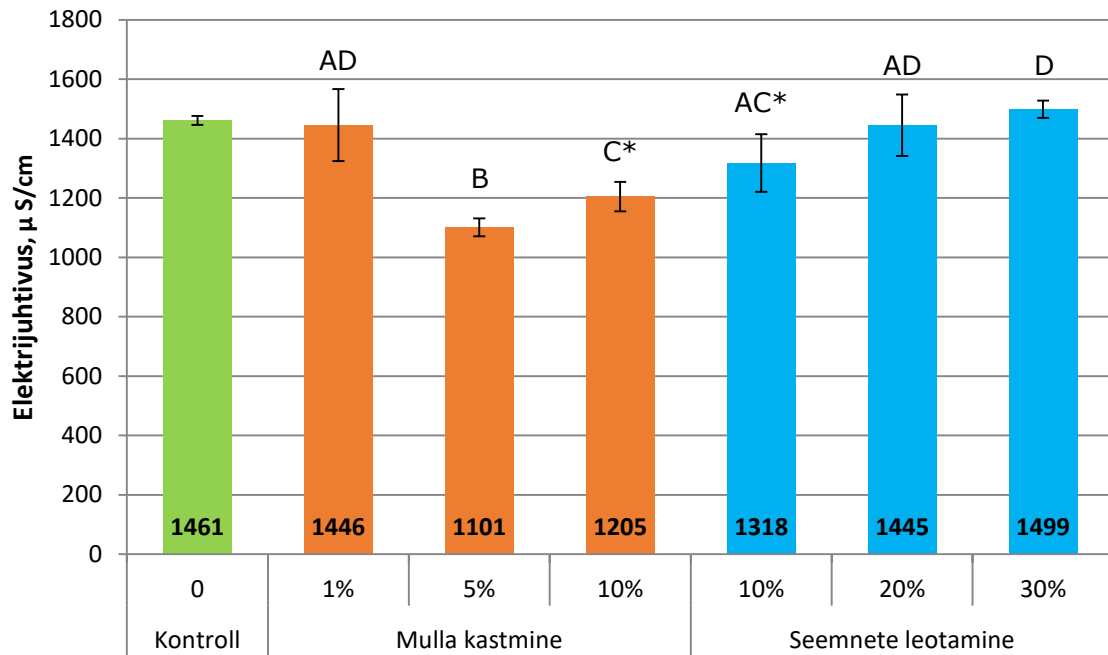
Lisaks oli mulla pH ja mikroobide hingamisaktiivsus (BA) tugevas positiivses korrelatsioonis ( $r=0,796$ ,  $p<0,05$ ) ning nende omavaheline seos on esitatud joonisel 3.13 (järgmisel leheküljel). Antud seos näitajate vahel näitab, et kõrgem mulla happesus oli seotud suurema mikroorganismide hingamisaktiivsusega ning madalam mulla pH oli seotud väiksema mulla mikroobide hingamisaktiivsusega.



Joonis 3.13 Tugev positiivne korrelatsioon mulla pH ja mikroobse hingamisaktiivsuse vahel

### 3.2.3 Mulla elektrijuhtivus

Mulla elektrijuhtivus on esitatud joonisel 3.14 (järgmisel leheküljel). Tulemustest on näha, et elektrijuhtivus on analüüsitud proovides sarnasel tasemel. Madalaimad elektrijuhtivuse näitajad mõõdeti 5% ja 10% EM lahusega kastetud proovides ning 10% EM lahusega seemnete töötlemise proovis (vastavalt  $1101 \pm 30,4 \mu\text{S/cm}$ ,  $1205 \pm 49,5 \mu\text{S/cm}$  ja  $1318 \pm 97,2 \mu\text{S/cm}$ ). Kõrgeim elektrijuhtivus oli proovis, kus olid 30% lahusega töödeldud seemned ( $1499 \pm 29,3 \mu\text{S/cm}$ ). Mulla kastmisel ja seemnete töötlemisel 10% EM lahusega ilmnas statistiline usaldusväärus kontrollrühmaga (vastavalt  $p=0,001$  ja  $p=0,052$ ;  $p<0,05$ ). Statistiliselt usaldusväärsed erinevused ilmnesisid ka mulla kastmiseks kasutatud segude kontsentratsioonide puhul ( $p<0,05$ ). Oluline erinevus oli 1% ja 5% EM lahuse vahel ( $p=0,004$ ). Samuti erinesid üksteisest statistiliselt oluliselt 1% ja 10% ( $p=0,016$ ) ning 5% ja 10% ( $p=0,017$ ) EM lahused. Lisaks olid seemnete töötlemiseks kasutatud lahuste vahel oluline erinevus 10% ja 30% kontsentratsioonide puhul ( $p=0,052$ ).

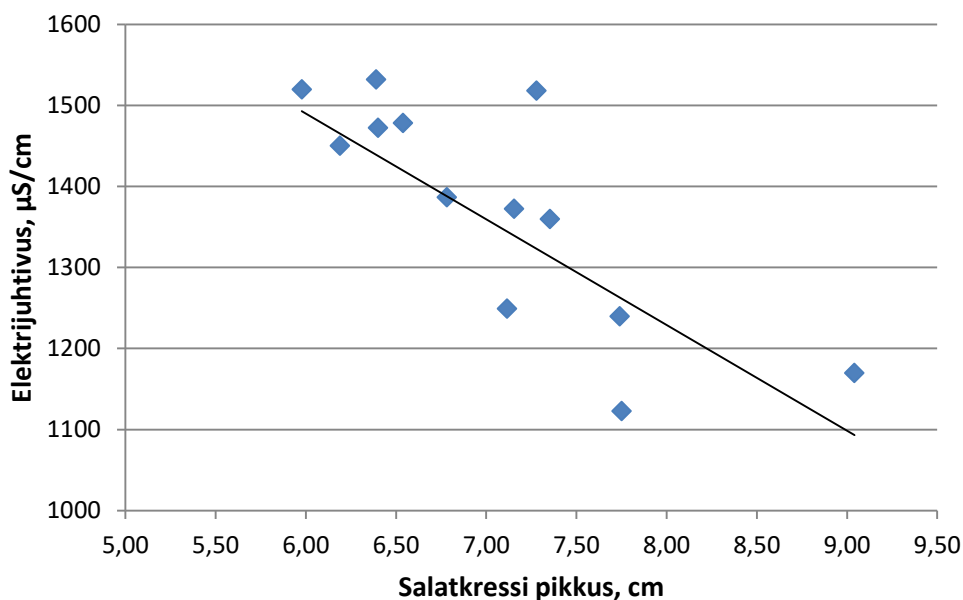


Joonis 3.14 Elektri juhtivus ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Pinnase elektri juhtivus ei mõjuta otseselt taimede kasvu, kuid seda saab kasutada kaudse indikaatorina taime kasvu mõjutavate parameetrite kohta (Soil Quality Indicators, 2011). Elektri juhtivus võib olla mulla omaduste mõõduks, nagu näiteks mulla niiskus, mulla paksus, veehoiuvõime ja toitainete sisaldus (*Ibid*). Suur elektri juhtivus mullas tähendab toitainete üleküllust, mis omakorda takistab toitainete omastamist (*Ibid*). Madal elektri juhtivus näitab vähest toitainete hulka, mis võib mõjutada taime tervist ja saagikust (*Ibid*). Pinnase elektri juhtivus näitab ka sõltuvust mulla soolsusest (Yan *et al.*, 2015). Mulla suur soolsus vähendab mullas olevate mikroorganismide aktiivsust ning biomassi (*Ibid*). Kõrge elektri juhtivus mullas võib seega mõjuda mulla mikroorganismide aktiivsusele pärssivalt (*Ibid*). Tavaliselt loetakse mulda, mille elektri juhtivus on  $4000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , liigsooldunuks ning on soolatundlikele taimedele kõlbmatu pinnas (Plakk, 2005). Osade taimede soolsuse ohupiiriks on  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$  (*Ibid*). Seega võib järeldada, et elektri juhtivus on antud katse proovimuldades normi piires. Vastavalt *Biolani* mulla tooteinfole oli mulla esialgne elektri juhtivus  $400 \mu\text{S}/\text{cm}$  ehk saaks järeldada, et EM töötlemine suurendas antud näitajat. Seda ei saa aga kindlalt väita, kuna katse alguses mulla elektri juhtivust ei mõõdetud. Saab vaid võrrelda kontrollkatse elektri juhtivust töödeldud proovidega, kus selgus, et mulla kastmine ja seemnete töötlemine 10% EM lahusega alandasid elektri juhtivust mullas. Filipp *et al.* (2010) uurimistöös hinnati kolmeaastases põllukatses EM mõju maheõunale. Katses selgus, et mulla elektri juhtivuse puhul ei ilmnenu töötluste puhul statistiliselt olulisi erinevusi (*Ibid*). Seevastu Shaheen *et al.* (2017) tehtud uuringus aitas EM töötlus kaasa

elektrijuhtivuse näitajate tõusule, kuid EM töötlust kasutati seejuures koos orgaaniliste jäätmetega ja väetistega, mis mõjutasid näitajate tõusu.

Võib eeldada, et elektrijuhtivuse madalamad tasemed proovides (5%, 10% mulla kastmine ja 10% seemnete leotamine) võisid olla tingitud nende proovide kõrgemast pH tasemest, kuna antud muutujate vahel esines negatiivne tugev korrelatsioon. Elektrijuhtivuse näitajad olid ühtlasi keskmises negatiivses seoses pikkuse näitajatega ( $r=-0,667$ ,  $p<0,05$ ) (vt tabel 3.1, lk 30). Tunnuste vaheline seos on esitatud joonisel 3.15. Negatiivne seos elektrijuhtivuse ja taime pikkuse vahel viitab sellele, et elektrijuhtivuse suurenedes salatkressi taimede pikkus vähenes ning pikemate taimede puhul olid elektrijuhtivuse näitajad madalamad. Ehk 10% EM lahusega kastetud mullaproovi madalama elektrijuhtivuse tõttu võis antud proovis olla taimede kasv soodustatud.

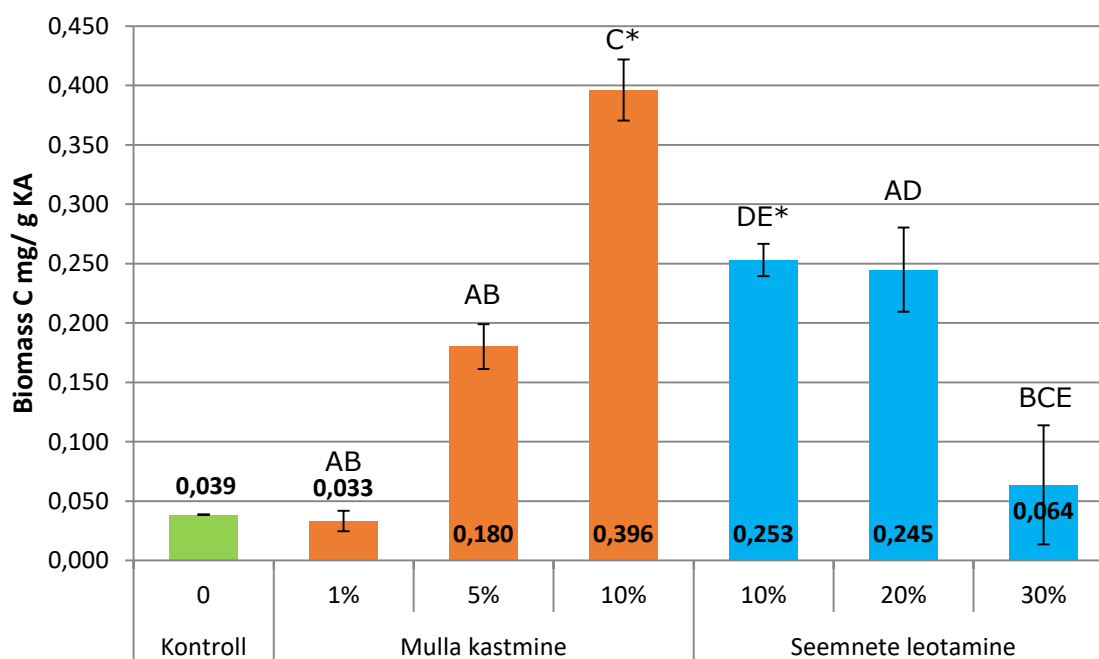


Joonis 3.15 Keskmise negatiivne korrelatsioon elektrijuhtivuse ja taimede pikkuse vahel

### 3.3 Mulla mikrobioloogia analüüs

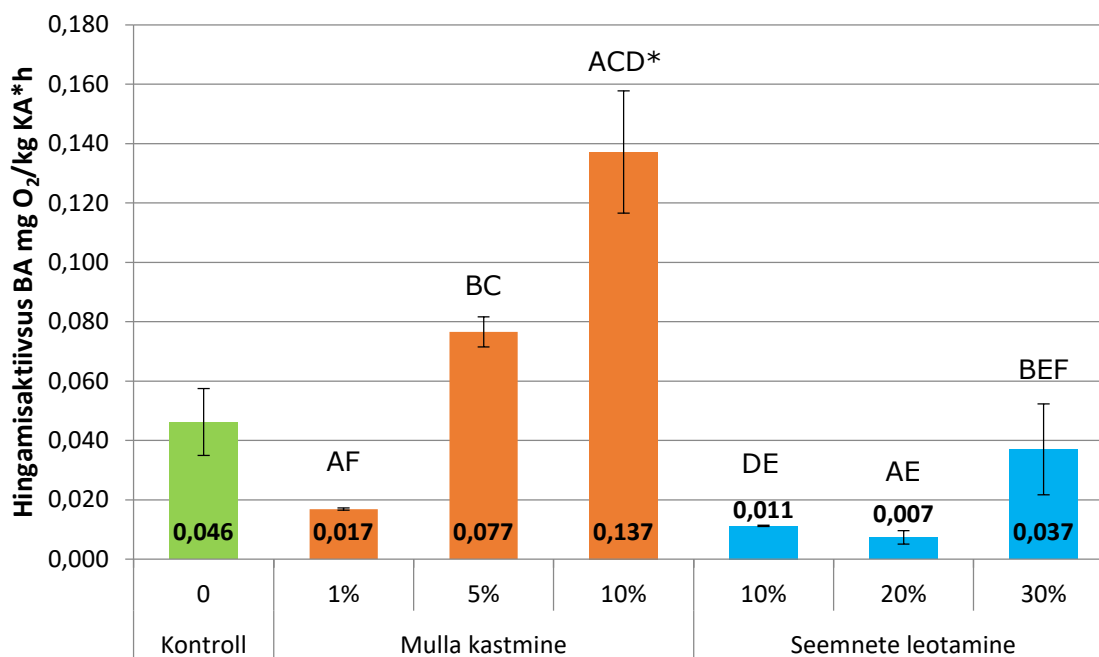
Mulla mikroobide aktiivne biomass on esitatud joonisel 3.16 (järgmisel leheküljel). Kõige väiksem mikroorganismide biomass on 1% EM lahusega kastetud proovis ( $0,033 \pm 0,01$  mg biomassi C/ g Ka). Mulla kastmine 10% EM lahusega on andnud kõige kõrgema tulemuse ( $0,396 \pm 0,03$  mg biomassi C/ g Ka). Võrreldes kontrollkatsega on mikroorganismide biomass kõrgem ka 5% lahusega kastetud mullaproovis ning

proovides, kus olid 10%, 20% ja 30% EM lahusega töödeldud seemned. Kuigi enamuste töötluste puhul saadi kontrollkatsest suuremad tulemused, ilmnis statistiliselt oluline erinevus 10% EM lahusega mulla kastmist ja seemnete leotamist kasutatud proovides, kus  $p < 0,05$  (vastavalt  $p = 0,032$ ,  $p = 0,029$ ). Mulla kastmisel kasutatud EM lahuste puhul esines statistiline olulisus 1% ja 10% ( $p = 0,03$ ) ning 5% ja 10% ( $p = 0,01$ ) lahuste vahel. Seemnete töötlemiseks kasutatud EM lahuste vahel esines oluline erinevus 20% ja 30% ( $p = 0,05$ ) puhul.



Joonis 3.16 Mulla mikroobide aktiivne biomass substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Joonisel 3.17 (järgmisel leheküljel) on esitatud mikroobide aktiivsuse BA tulemused. Mikroobide aktiivsus suurenes vaid mulla kastmisel 5% ja 10% EM lahusega. Mulla kastmisel 10% lahusega ilmnis ainukesena statistiliselt oluline erinevus kontrollkatsest ( $p < 0,05$ ,  $p = 0,03$ ). Võrreldes kontrollkatsega vähenes mikroorganismide hingamisaktiivsus proovides, kus kasutati töötlusena seemnete leotamist. Ka 1% EM lahusega mulla kastmine alandas mikroobide hingamisaktiivsust. Mikroobide aktiivsus hingamisaktiivsuse alusel oli kõrgeim 10% EM lahusega kastetud mullaproovis ( $0,137 \pm 0,02$  mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) ja madalaim 20% lahusega seemnete töötlustega proovis ( $0,007 \pm 0,002$  mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h). Mulla kastmiseks kasutatud EM lahuste puhul tuli välja statistiline erinevus 1% ja 5% ( $p = 0,04$ ) vahel. Seemnete töötlemiseks kasutatud lahuste kontsentratsioonide võrdluses statistiliselt oluline erinevus puudus ( $p > 0,05$ ).

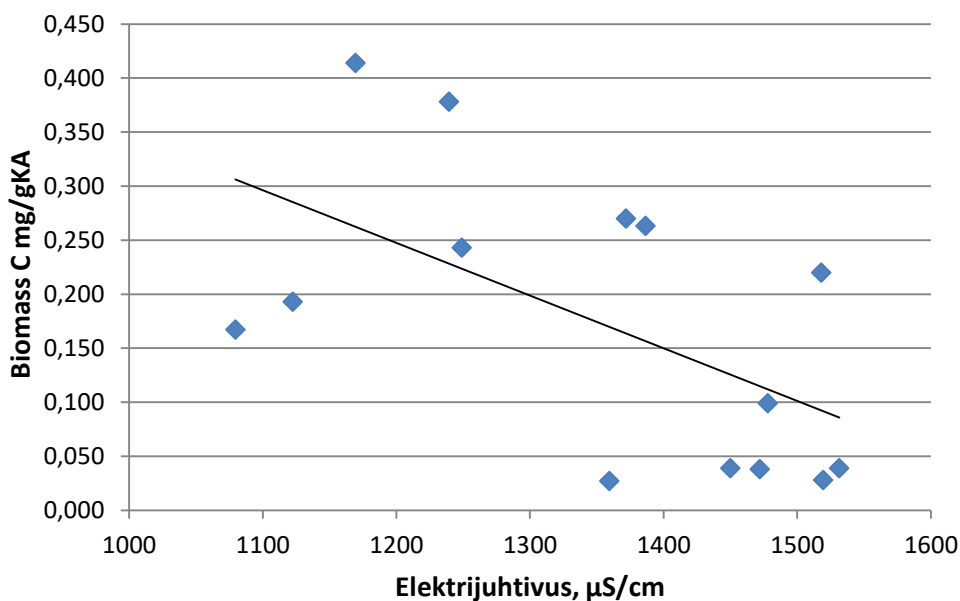


Joonis 3.17 Mikroorganismide aktiivsus hingamisaktiivsuse (BA) alusel sõltuvalt töötlusviisist ja EM lahuse kontsentratsioonist

Mikroobikoosluse aktiivsus sõltub sellest, kas mullas on piisavalt toitaineid (Nielsen & Winding, 2002; Sawada *et al.*, 2010). Mikroobid saavad olla aktiivsed, kui mullas on neile piisavalt orgaanilist materjali või on mulda rikastatud mineraalväetistega (*Ibid*). Mulla mikroobide biomassi ja hingamisaktiivsust kasutatakse indikaatorina mulla füüsikalise-keemiliste omaduste muutuste tuvastamisel (*Ibid*). Nende abil saab seega tuvastada kas mulla paranemise märke või hoopis mulla degradatsiooni (*Ibid*). Katses saadud mikroobse biomassi ja mikroobide aktiivsuse tulemused on madalad. Kui mullamikroobide biomassile mõjus EM-ide kasutamine pigem positiivselt, siis mikroorganismide hingamisaktiivsuse puhul on tulemused võrreldes kontrolltötlusega enamasti madalamad. Vaid mulla töötlemine 10% EM lahusega suurendas nii mikroobide biomassi kui ka nende hingamisaktiivsust ehk antud proovis olid mullaelustikule sobivaimad tingimused. Ka Mayer *et al.* (2010) tehtud uuringus hinnati mikroobset biomassi ja hingamisaktiivsust ning katse tulemusel selgus, et EM töötlus ei mõjutanud tunduvalt antud parameetreid. Kirjandusele toetudes võib orgaanilise materjali või mineraalväetiste lisamine, lisaks efektiivsetele mikroorganismidele, soodustada mulla hingamist.

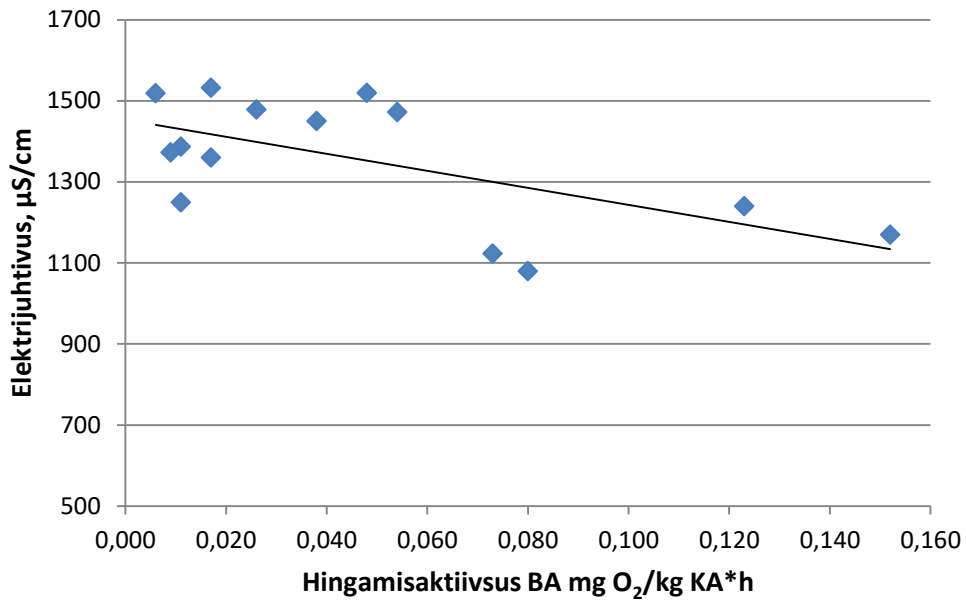
Käesoleva uurimistöö statistilises analüüsis segus, et lisaks mikroobse biomassi tugevale positiivsele seosele taimede pikkusega, olid mikroobse biomassi näitajad keskmises korrelatsioonis veel ka pH ja elektrijuhtivusega (vt tabel 3.1, lk 30). Mikroobse biomassi ja pH vahel esines positiivne seos ( $r=0,572$ ;  $p<0,05$ ), ehk ühe muutuja kõrgemad või madalamad tasemed võisid vastavalt olla seotud teise muutuja

kõrgete või madalamate tasemetega. Seega võis kõrge mulla pH soodustada mikroobide biomassi 10% EM lahusega kastetud mullas. Mikroobset biomassi võisid 10% EM lahusega töödeldud proovides (mulla kastmisel ja seemnete leotamisel) suurendada ka madalamad elektrijuhtivuse näitajad, kuna mikroobse biomassi ja elektrijuhtivuse vahel esines negatiivne seos ( $r=-0,572$ ,  $p<0,05$ ) (vt joonis 3.18). Ehk elektrijuhtivuse kõrgemate näitajate puhul võisid mikroobse biomassi näitajad olla väiksemad ning väiksema elektrijuhtivuse puhul võis mikroobne biomass olla suurem.



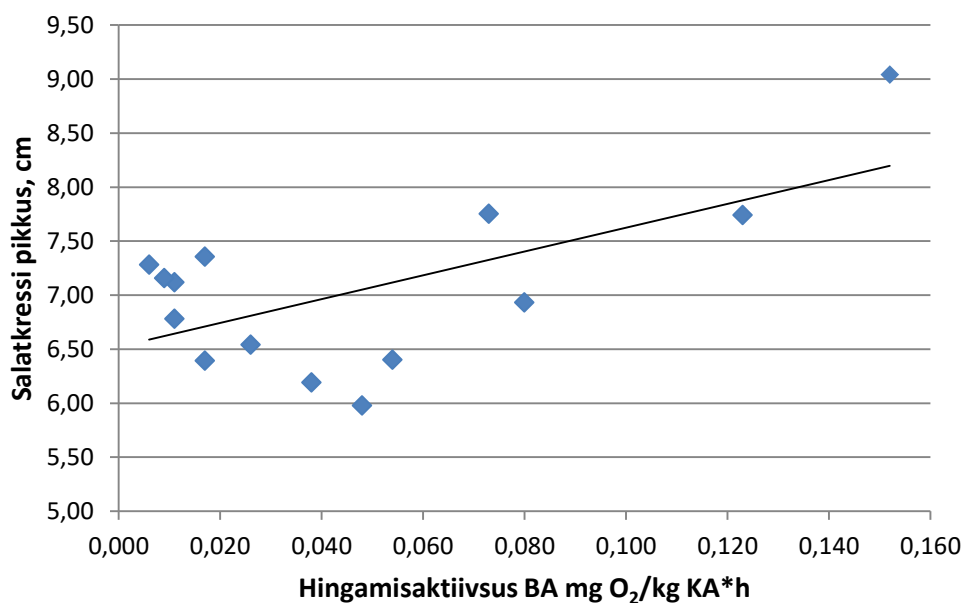
Joonis 3.18 Keskmise negatiivne korrelatsioon mikroobse biomassi ja elektrijuhtivuse vahel

Mikroobse hingamisaktiivsuse ja elektrijuhtivuse vahel esines samuti negatiivne seos ( $r=-0,612$ ,  $p<0,05$ ). Tunnuste vaheline korrelatsioon ja seost illustreeriv langev trendijoon on esitatud hajuvusdiagrammil (vt joonis 3.19, järgmisel leheküljel). Negatiivne korrelatsioon elektrijuhtivusega näitab, et mikroobse aktiivsuse ja biomassi näitajad võisid olla madalad kõrge elektrijuhtivuse tõttu.



Joonis 3.19 Keskmine negatiivne korrelatsioon mikroobse hingamisaktiivsuse ja elektrijuhtivuse vahel

Samuti selgus, et lisaks mikroobide hingamisaktiivsuse BA tugevale positiivsele seosele pH-ga, olid mikroobide hingamisaktiivsuse näitajad keskmises korrelatsioonis veel ka taimede pikkusega (vt tabel 3.1, lk 30). Mikroobse hingamisaktiivsuse ja taimede pikkuse vahel esines positiivne seos, mida näitab tõusev trendijoon ( $r=0,628$ ;  $p<0,05$ ) (vt joonis 3.20). Ehk ühe muutuja kõrgemad või madalamad tasemed võisid vastavalt olla seotud teise muutuja kõrgete või madalamate tasemetega. Seega võis kõrge mikroobne hingamisaktiivsus, sarnaselt mikroobse biomassiga, aidata kaasa taimede kasvu pikkusele 10% EM lahusega kastetud proovis.



Joonis 3.20 Keskmine positiivne seos mikroobse hingamisaktiivsuse ja taimede pikkuse vahel



## KOKKUVÕTE

Antud magistritöö eesmärgiks oli uurida efektiivsete mikroorganismide segu mõju salatkressile, mulla hingamisele ja teistele mulla parameetritele. Tänu suurenenud keskkonnateadlikkusele on mikroobitooted viimastel aastatel üha rohkem populaarsust kogunud. Keemiliste väetiste ja taimekaitsevahendite kahjulike mõjude, nende kalliduse ning suure nõudluse tõttu on oluline kasutusele võtta alternatiivseid ressursitõhusamaid tehnoloogiaid tootlikkuse tõstmiseks. Üheks selliseks lahenduseks on efektiivsed mikroorganismid. See tehnoloogia on odav ja jätkusuutlik ning seetõttu tuleb selle kasutamisele ja tõhususele rohkem tähelepanu pöörata.

Efektiivsete mikroorganismide segu mõju hindamiseks viidi läbi nõukatse. Katses kasutati kahte erinevat EM töötluste viisi. Ühe meetodina kasutati mulla kastmist, kus mulda kasteti 1%, 5% ja 10% EM lahusega. Teise meetodina kasutati seemnete töötlemist, kus seemneid töödeldi enne külvamist 10%, 20% ja 30% EM lahusega. Kontrollkatses kasteti mulda kraaniveega. Seejärel määrati vastavaid meetodikaid kasutades erinevad taime- ja mullaparametrid ning mulla mikrobioloogia.

Uuringus selgus, et EM töötluste tulemused on varieeruvad. Kohati suurendas töötlus mõõdetud parameetrite näitajaid ning kohati mõju ei esinenud. Mulla kastmine EM lahusega suurendas nelja katses mõõdetud parameetri näitajaid ning seemnete leotamine kahe mõõdetud parameetri tulemusi. Ühe parameetri puhul alandasid näitajaid mõlemad töötlusted ning ühe parameetri puhul alandas näitajaid vaid seemnete töötlemine. Kolme hinnatud parameetri puhul ei ilmnunud kummagi töötluste puhul statistiliselt olulisi tulemusi. Seega on raske ühest järeldust teha EM lahusega mulla kastmise ja seemnete leotamise efektiivsusest. Kõrgemate kontsentratsioonide võrdluses mõjus 10% lahus (kastmisel) mõnevõrra tõhusamalt kui teised, andes mõõdetud parameetrite osas arvuliselt rohkem efektiivsemaid tulemusi.

Katse tulemusel selgus, et:

- salatkressi idanevust suurendas mulla kastmine EM lahusega, kuid statistiliselt olulised tulemused puudusid;
- salatkressi võrsete pikkus suurenes mulla kastmisel EM lahusega (5% ja 10% lahuse korral);
- salatkressi kuivaine suurenes seemnete töötlemisel EM lahusega (kõigil kontsentratsioonidel);
- salatkressi värsket biomassi EM-ga töötlemine ei mõjutanud;

- mulla kuivaine oli suurim kontrollkatses ehk EM töötused ei mõjutanud kuivaine % mullas;
- mulla kastmine 5% ja 10% EM seguga tõstis mulla pH-d;
- EM kasutamine alandas elektrijuhtivuse näitajaid (statistiliselt oluliselt 10% EM lahusega mulla kastmisel ja seemnete leotamisel);
- mulla mikroobide mass oli suurim proovides, kus kasutati 10% EM lahust nii mulla kastmiseks kui ka seemnete leotamiseks;
- EM töötuste järgselt mikroobide üldine aktiivsus suurel määral ei kasvanud, näitajaid suurendas vaid 10% lahusega mulla kastmine.

Seega mõjus efektiivsete mikroorganismide kasutamine positiivselt salatkressi pikkusele ja kuivainesisaldusele. Samuti aitas EM lahuse kasutamine kaasa mulla hingamisele, mulla happesusele ja elektrijuhtivusele. Teiste parameetrite puhul (va mulla kuivaine) EM töötused küll suurendasid osaliselt näitajaid, kuid ei esinenud statistilist usaldusväärust ehk erinevust võis selgitatada juhuslikkusega.

Antud teemat tuleks edasi uurida, et saaks teha kindlamaid järeldusi efektiivsete mikroorganismide mõju kohta. Tuginedes teaduskirjanduses leiduvatele uurimustele tuleks täiendavalt uurida EM manustamist koos täiendavate toiteelementidega nagu orgaaniliste-, mineraalsete väetiste, komposti või *bokashiga*. Lisaks võib selgemate tulemuste ja seoste saamiseks kasu olla pikaajalisema katse sooritamisest loodustingimustes, kus efektiivseid mikroorganisme kombineerida erinevate orgaaniliste lisaainetega.

## SUMMARY

Due to increased environmental awareness, microbial products have gained more and more popularity in recent years. Due to the harmful effects of chemical fertilizers and pesticides, their high cost and high demand, it is important to introduce alternative, more resource-efficient technologies to increase productivity. One such solution is effective microorganisms. This technology is cheap and sustainable, and therefore more attention needs to be paid to its use and effectiveness.

The aim of this master's thesis was to study the influence of effective microorganisms on garden cress, soil respiration and other soil parameters. In order to fulfill the aim of the work, the author set the following research tasks:

- 1) give an overview of garden cress, effective microorganisms, EM benefits and methods of use based on the literature;
- 2) perform a pot experiment to investigate the differences between the two EM treatments and the concentrations of the EM solutions;
- 3) analyse the effect of EMs on garden cress, soil respiration and other soil parameters based on the test results.

A pot experiment was performed to evaluate the effect of effective microorganisms. Two different EM treatments were used in the experiment. One method was soil irrigation with 1%, 5% and 10% EM solution. The second method used was seed treatment, where the seeds were soaked in 10%, 20% and 30% EM solution before sowing. In the control experiment, the soil was immersed in tap water. Various plant and soil parameters and soil microbiology were then determined using appropriate methodologies.

The study found that the results of EM treatments are variable. In some cases, the treatment increased the measured parameters, and in some cases there was no effect. Irrigation of the soil with EM solution increased the values of four parameters measured in the experiment and soaking the seeds increased the values of two measured parameters. For one parameter, both treatments lowered the values, and for one parameter, only seed treatment reduced the values. For three parameters evaluated, no statistically significant results were obtained for either treatment. Thus, it is difficult to draw a single conclusion about the effectiveness of EM irrigation and seed soaking. When comparing the concentrations, the 10% solution (when irrigated) was somewhat more effective than the others, giving the numerically more effective results for the measured parameters.

The experiment showed that:

- germination of garden cress was increased by irrigating the soil with EM solution, but there were no statistically significant results;
- the length of garden cress shoots increased when the soil was irrigated with EM solution (5% and 10% for solution);
- the dry matter of cress increased during treatment of seeds with EM solution (at all concentrations);
- fresh biomass of garden cress was not affected by EM treatment;
- soil dry matter was the highest in the control experiment, ie EM treatments did not affect the % of dry matter in the soil;
- irrigating the soil with a mixture of 5% and 10% EM increased soil pH;
- the use of EM reduced the electrical conductivity indicators (statistical significance with soil irrigation and seed soaking with 10% EM solution);
- soil microbial mass was highest in the samples where a 10% EM solution was used for both irrigating the soil and soaking the seeds;
- after EM treatments, the total activity of microbes did not increase to a large extent, the parameters were increased only by irrigating the soil with a 10% solution.

Thus, the use of effective microorganisms had a positive effect on the length and dry matter content of garden cress. The use of EM solution also contributed to soil respiration, soil acidity and electrical conductivity. For other parameters (except soil dry matter), EM treatments partially increased the indicators, but there was no statistical reliability, ie the difference could be explained by chance.

This topic should be further investigated in order to draw more definite conclusions about the effects of effective microorganisms. Based on research in the scientific literature, the administration of EM with additional nutrients such as organic, mineral fertilizers, compost or bokash should be further investigated. In addition, in order to obtain clearer results and relationships, it may be useful to perform a longer-term experiment under natural conditions, where effective microorganisms can be combined with various organic additives.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Abd El-Mageed, T.A., Rady, M.M., Taha, R.S., Abd El Azeam, S., Simpson, C.R. & Semida, W.M. (2020). Effects of integrated use of residual sulfur-enhanced biochar with effective microorganisms on soil properties, plant growth and short-term productivity of *Capsicum annum* under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 261, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108930>

Agripartner. (2020). *EM- Efektiivsed Mikroorganismid*. Loetud aadressil <https://agripartner.ee/toode/em-efektiivsed-mikroorganismid/>

Andersen, C.R. (2011). Garden Cress (Home Gardening Series). Agriculture and Natural Resources. Loetud aadressil <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-6084.pdf>

Aquaculture. (2016). *EM Research Organization*. Loetud aadressil <https://www.emrojapan.com/aquaculture/>

Chundawat R.S., Patidar D.K., Haldar A. and Meena K.C. (2017). Growth and Seed Yield of Asalio (*Lepidium Sativum* L.) as Influenced by Seed Rates and Sowing Methods. *Current Agriculture Research Journal*, 5(3), 288-291. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.5.3.04>

Cherakah farm – Effective Microorganism. (2013). *Wordpress*. Loetud aadressil <https://cherakahfarm.wordpress.com/EM/>

Cui, Q., Xia, J., Yang, H., Liu, J. & Shao, P. (2021). Biochar and effective microorganisms promote *Sesbania cannabina* growth and soil quality in the coastal saline-alkali soil of the Yellow River Delta, China. *Science of The Total Environment*, 756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143801>

Domenico, P. (2019a). Effective microorganisms for the cultivation and qualitative improvement of onion (*Allium cepa* L.). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 02(03), 001–007. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.2.3.0038>

Domenico, P. (2019b). Effective microorganisms for germination and root growth in *Kalanchoe daigremontiana*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 03(03), 047–053. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.3.3.0074>

El-Shafei, A., Yehia, M. & El-Naquib, F. (2008). Impact of effective microorganisms kompost on soil fertility and rice productivity and quality. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 25(3), 1067- 1093.

EM-Efektiivsed mikroorganismid. (2021). *Õkokodu*. Loetud aadressil <https://okokodu.ee/toode/em-1/>

Falana, H., Nofal, W. & Nakhleh, H. (2014). *Lepidium Sativum* (Garden cress). A Review Article. *Researchgate*, 1-9.

Fall, J., Thiam, S., Loum, A., Sagne, M. & Diouf, M. (2015). Use of Effective Microorganisms (Em) in Tilapia Diets: Effects of Growth Performance and Carcass Composition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(11), 536-549.

Filipović, V., Cvijanović, G., Ugrenović, V., Aćimović, M., Popović, V., Radanović, D. & Stanković, S. (2016). Use of effective micro-organisms to enhance the productivity and quality of dry biomass of the basil cultivar "Sitnolisni Aromatični". Kovacevic, D (toim), *VII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2016": book of proceedings* (1085-1091). Bosnia-Herzegovina: University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.

Filipp, M., Spornberger, A., Keppel, H. & Brunmayer, R. (2010). Influence of effective microorganisms (EM) on yield and quality in organic apple production. In Ecofruit - 14th International Conference on Organic Fruit-Growing, Hohenheim, Germany, 22.-24.02.2010 (281-284). Weinsberg.

Franczuk, J., Rosa, R., Zaniewicz-Bajkowska, A. & Słonecka, D. (2019). Effects of boron application and treatment with effective microorganisms on the growth, yield and some quality attributes of broccoli. *Journal of Elementology*, 24(4): 1335-1348. DOI: 10.5601/jelem.2019.24.2.1787

Frąszczak, B., Kleiber, T. & Klama, J. (2012). Impact of effective microorganisms on yields and nutrition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and microbiological properties of the substrate. *African Journal of Agricultural Research*, 7(43), 5756-5765. DOI: 10.5897/AJAR12.145

Garden Cress - Extra Curled. (2021). *The Seed Collection*. Loetud aadressil <https://www.theseedcollection.com.au/garden-cress-extra-curled>

Ghante, M. H., Badole, S. L. & Bodhankar, S. L. (2011). Health Benefits of Garden Cress (*Lepidium sativum* Linn.) Seed Extracts. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 521–525. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10062-3>

Gibby, A. & Lancaster, E. (2018). Use of Effective Microorganisms® (EM®) for Sustainable Pathogen Control in Food Safety. In 2018 4th International Conference on Universal Village (UV), Boston, MA, USA. DOI: 10.1109/UV.2018.8642152

Golec, A.F.C., Perez, P.G. & Lokare, C. (2006). Effective Microorganisms: Myth or reality? *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 315-319.

Golzarian, M.R., Frick, R.A., Rajendran, K. Berger, B., Roy, S., Tester, M. & Lun, D.S. (2011). Accurate inference of shoot biomass from high-throughput images of cereal plants. *Plant Methods*, 7(2). <https://doi.org/10.1186/1746-4811-7-2>

Higa, T. & Parr, J. F. (1994). *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Atami, Japan: INFRC (International Nature Farming Research Center).

Hu, C. & Qi, Y. (2013). Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *European Journal of Agronomy*, 46, 63–67. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.12.003>

Iriti, M., Scarafoni, A., Pierce, S., Castorina, G. & Vitalini, S. (2019). Soil Application of Effective Microorganisms (EM) Maintains Leaf Photosynthetic Efficiency, Increases Seed Yield and Quality Traits of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Grown on Different Substrates. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), 2327. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>

Jain, T. & Grover, K. (2016). A Comprehensive Review on the Nutritional and Nutraceutical Aspects of Garden Cress (*Lepidium sativum* Linn.) *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88, 829–836. <https://doi.org/10.1007/s40011-016-0775-2>

Joshi, H., Somdutt, B., Choudhary, P. & Mundra, S. L. (2019). Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(3), 172–181. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>

- Juma, A. bin H. Bin A. & Martin, C. R. (2011). Garden Cress (*Lepidium sativum*) Seeds in Fracture-induced Healing. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 513–520. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10061-1>
- Kaart, T. (2009). *Statistiline andmetöötlus, VL.0435*. Tartu: Eesti Maaülikool. Loetud aadressil [http://ph.emu.ee/~ktanel/VL\\_0435/magloeng3.pdf](http://ph.emu.ee/~ktanel/VL_0435/magloeng3.pdf)
- Kaart, T. (2013). *Andmeanalüüs MS Excelis (MS Excel 2010 baasil)*. Tartu: Eesti Maaülikool. Loetud aadressil [http://ph.emu.ee/~ktanel/andmeanalyys\\_excelis/](http://ph.emu.ee/~ktanel/andmeanalyys_excelis/)
- Kumar, B.L. & Gopal, D.V.R.S. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*, 5, 867–876. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
- Luigela, A. (2016, 7. juuni). Kasulik taim oma aiast või aknalaualt – KRESS-SALAT. *Terviseleht*, lk 7.
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A. & Oberholzer, H.-R. (2010). How Effective Are Effective Microorganisms (EM)? Results from a Field Study in Temperate Climate. *Applied Soil Ecology*, 46, 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.007>
- Megali, L., Glauser, G. & Rasmann, S. (2014). Fertilization with beneficial microorganisms decreases tomato defenses against insect pests. *Agronomy for Sustainable Development*. 34, 649–656. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0187-0>
- Mohammed, A., Gebreselassie, W. & Nardos, T. (2013). Effect of Effective Microorganisms (EM) Seed Treatment and Types of Potting Mix on the Emergence and Growth of Coffee (*Coffea arabica* L.) Seedlings. *International Journal of Agricultural Research*, 8, 34-41. DOI: 10.3923/ijar.2013.34.41
- Muttalib, S.A.A., Ismail, S.N.S. & Praveena, S.M. (2016). Application of Effective Microorganism (EM) in Food Waste Composting: A review. *Asia Pacific Environmental and Occupational Health Journal*, 2(2), 37-47.
- Naik, K., Mishra, S., Srichandan, H., Singh, P. K. & Choudhary, A. (2020). Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. *Sustainable Environment Research*, 30(10), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s42834-020-00051-x>
- Nayak, N., Sar, K., Sahoo, B.K. & Mahapatra, P. (2020). Beneficial effect of effective microorganism on crop and soil- a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 3070-3074.



Ncube, L. (2008). *Evaluation of effective micro-organisms (EM) on soil chemical properties and yield of selected vegetables in the eastern cape, South Africa* (magistritöö). Loetud aadressil <http://vital.seals.ac.za:8080/vital/access/manager/PdfViewer/vital:11886/SOURCEPDF?viewPdfInternal=1>

Ndonga, R. K., Friedel, J. K., Spornberger, A., Rinnofer, T. & Jezik, K. (2011). 'Effective Micro-organisms' (EM): An Effective Plant Strengthening Agent for Tomatoes in Protected Cultivation. *Biological Agriculture & Horticulture*, 27(2), 189–203, <https://doi.org/10.1080/01448765.2011.9756647>

Nielsen, M.N. & Winding, A. (2002). *Microorganisms as indicators of soil health*. NERI Technical Report No. 388. Ministry of the Environment, National Environmental Research Institute.

Oliver, D.P., Bramley, R.G.V., Riches, D., Porter, I. & Edwards, J. (2013). Review: Soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 129-139. DOI: 10.1111/ajgw.12016.

Olle, M. (2013). Efektiivsete mikroorganismide mõju kaalika saagile, keemilisele koostisele ja säilivusele. Kangor, T., Tamm, S. & Lindepuu, R. (toim), *Agronoomia 2013* (174–178). Saku: AS Rebellis.

Olle, M. (2014). Efektiivsete mikroorganismide mõju sojaoa seemnete idanevusele. Metspalu, L., Luik, A. (toim), *Konverentsi „Mahepõllumajanduse arengusuunad – teadlaselt mahepõllumajandusele“ toimetised* (70–72). SA Eesti Maaülikooli Mahekeskus.

Olle, M. (2020). Review: Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1810140>

Olle, M. & Williams, I. H. (2013) Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(4), 380-386. DOI: 10.1080/14620316.2013.11512979

Olle, M. & Williams, I. H. (2015). The Influence of Effective Microorganisms on the Growth and Nitrate Content of Vegetable Transplants. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 2(1), 25–28.

Parnell, J. J., Berka, R., Young, H. A., Sturino, J. M., Kang, Y., Barnhart, D. M., & DiLeo, M. V. (2016). From the Lab to the Farm: An Industrial Perspective of Plant Beneficial Microorganisms. *Frontiers in plant science*, 7, 1110. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110>

Paschoal, A., Homma, S., Jorge, M. & Nogueira, M. (1993). Effect of EM on soil properties and nutrient cycling in a citrus agroecosystem. J. F. Parr, S. B. Homick & M. E. Simpson (toim.), *Proceedings of the Third International Conference on Kyusei Nature Farming* (lk 203-209). U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.

Pearce, C. S., Chen, D. M., Liberacki, M. F. & Smallcomb, O. D. (2019). *Promoting Alternatives to Harmful Pesticides on Small Farms*. Bangkok: Worcester Polytechnic Institute.. Loetud aadressil [https://digitalcommons.wpi.edu/iqp-all/5362/?utm\\_source=digitalcommons.wpi.edu%2Fiqp-all%2F5362&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://digitalcommons.wpi.edu/iqp-all/5362/?utm_source=digitalcommons.wpi.edu%2Fiqp-all%2F5362&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)

Plakk, T. (2005). Muldade elektrofüüsikalised omadused. *Eesti Maaviljeluse Instituut*, 175.

Platen, H., Wirtz, A. (1999). *Measurement of the respiration activity of soils using the OxiTop® Control measuring system: basic principles and process characteristic quantities*. Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH & Co

Prisa, D. (2019). Improvement Quality and Content of Pepper and Chilli Nitrates Influenced by the Effective Microorganisms. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 53(1), 176-181.

Sawada, K., Funakawa, S. & Kosaki, T. (2010). Different effects of pH on microbial biomass carbon and metabolic quotients by fumigation–extraction and substrate-induced respiration methods in soils under different climatic conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(3), 363-374. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00378.x>

Shabbir, F., Eddouks, M., Nadeem, F. & Azeem, M.W. (2018). A Brief Review on Bioactivities and Therapeutic Potentials of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.). *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 13, 36-45.

Shaheen, S., Khan, M., Khan, M.J., Jilani, S., Bibi, Z., Munir, M. & Kiran, M. (2017). Effective Microorganisms (EM) Co-applied with Organic Wastes and NPK Stimulate the Growth, Yield and Quality of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 33(1): 30-41. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2017.33.1.30.41>

- Shin, K., Diepen, G., Blok, W. & Bruggen, A. H. C. (2017). Variability of Effective Micro-organisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens. *Crop Protection*, 99, 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.025>
- Sigstad, E. E., Schabes, F. I. & Tejerina, F. (2013). A calorimetric analysis of soil treated with effective microorganisms. *Thermochimica Acta*, 569, 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2013.07.007>
- Singh, C. S. & Paswan, V.K. (2017). The Potential of Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) Seeds for Development of Functional Foods. J. C. Jimenez-Lopez (toim), *Advances in Seed Biology* (279-294). IntechOpen.
- Siqueira, M.F.B., Sudré, C.P., Almeida, L. H., Pegorerl, A. P. R. & Akiba, F. (2002) Influence Of Effective Microorganisms on Seed Germination and Plantlet Vigor of Selected Crops. Loetud aadressil <https://www.infric.or.jp/wxp/wp-content/uploads/KNFC/KNFC3/KNFC3-7-4-Siqueira-Sudre-Almeida.pdf>
- Soil improvers and growing media - Determination of plant response. (2011). *Part 2: Petri dish test using cress* (EVS-EN 16086-2:2011). Loetud aadressil <https://www.evs.ee/et/evs-en-16086-2-2011>
- Soil Quality Indicators. (2011). *USDA Natural Resources Conservation Service*. [https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA\\_NRCSCConsumption/download?cid=nrcs142p2\\_053136&ext=pdf](https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCConsumption/download?cid=nrcs142p2_053136&ext=pdf)
- Solid Works LLC. (2017). *Boots in the Dirt - A Field Guide to Experienced-Based Agronomy*. Loetud aadressil <https://soilworksllc.com/wp-content/uploads/2017/01/Boots-in-The-Dirt-.pdf>
- Talaat, N. B., Ghoniem, A. E., Abdelhamid, M. T. & Shawky, B. T. (2015). Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 75, 281-295.
- Tommonaro, G., Abbamondi, G.R., Nicolaus, B., Poli, A., D'Angelo, C., Iodice, C. & De Prisco, R. (2021). Productivity and Nutritional Trait Improvements of Different Tomatoes Cultivated with Effective Microorganisms Technology. *Agriculture*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020112>

Vaishnavi, R., Gupta, R. & Chouldhary, P. (2020). Botanical description of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant and physical characteristics of its seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 2424-2428.

Verma, D. & Mahima, R. (2020). Garden Cress (*Lepidium Sativum*) Seeds – An Important Seeds of Medicinal Purpose: A Review. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 8(3), 1518–1525.

Wang, X., Singh, D., Marla, S., Morris, G. & Poland, J. (2018). Field-based high-throughput phenotyping of plant height in sorghum using different sensing Technologies. *Plant Methods*, 14(53). <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0324-5>

Öhlinger, R. (1996). Soil respiration by titration. Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E. & Margesin, R. (toim), *Methods in soil biology*, 94-97. Springer-Verlag, Berlin.

Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C. & Qin, W. (2015). Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4), 316-323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>

# LISAD

## Lisa 1 Pearsoni korrelatsioonikordaja kriitilised väärtused

Tabel 1. Pearsoni korrelatsioonikordaja kriitiliste väärtuste tabel (Kaart, 2013)

N	Olulisuse nivoo $p$			
	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>
4	0.900	0.950	0.990	0.999
5	0.805	0.878	0.959	0.991
6	0.729	0.811	0.917	0.974
7	0.669	0.754	0.875	0.951
8	0.621	0.707	0.834	0.925
9	0.582	0.666	0.798	0.898
10	0.549	0.632	0.765	0.872
11	0.521	0.602	0.735	0.847
12	0.497	0.576	0.708	0.823
13	0.476	0.553	0.684	0.801
14	0.458	0.532	0.661	0.780
15	0.441	0.514	0.641	0.760
16	0.426	0.497	0.623	0.742
17	0.412	0.482	0.606	0.725
18	0.400	0.468	0.590	0.708
19	0.389	0.456	0.575	0.693
20	0.378	0.444	0.561	0.679
21	0.369	0.433	0.549	0.665
22	0.360	0.423	0.537	0.652
23	0.352	0.413	0.526	0.640
24	0.344	0.404	0.515	0.629
25	0.337	0.396	0.505	0.618
26	0.330	0.388	0.496	0.607
27	0.323	0.381	0.487	0.597
28	0.317	0.374	0.479	0.588
29	0.311	0.367	0.471	0.579
30	0.306	0.361	0.463	0.570