

**ORGAANISEN MAANPARANNUSAINEN KÄYTTÖ SALAATIN
NFT-VILJELYSSÄ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulu

Lepaa, puutarhatalouden koulutus / hortonomi

Kevät 2019

Pyry Vesala

Puutarhatalouden koulutusohjelma
Lepaan yksikkö

Tekijä	Pyry Vesala	Vuosi 2019
Työn nimi	Orgaanisen maanparannusaineen käyttö salaatin NFT-viljelyssä	
Työn ohjaaja/t	Teo Kannianen	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tutkii ja selvittää, miten maanparannusaineena käytettävä luomumikrobivalmiste soveltuu salaatin (*Lactuca sativa*, 'Frillice') NFT-viljelyyn. Työ pyrkii myös selvittämään orgaanisen lannoituksen, ja eritoten tutkitun, nimeltä mainitsemattoman luomuvalmisteen vaikutuksia salaatin kasvuun ja laatuun. Samalla selvitetään kyseisen tuotteen etuja NFT-viljelyssä ja sitä, sopiiko tuote ylipäänsä käytettäväksi orgaanisen lannoituksen lisänä vesiviljelyssä. Tutkimuksen tavoite on tuottaa uutta tietoa kokeen tilanteen yrityksen tuotekehittelyn tueksi. Havainnot perustuvat kasvien lehdistön ja juuriston visuaaliseen arviointiin kasvin elinkaaren eri vaiheissa, valmiiden salaattien punnituksiin ja tiettyjen ominaisuuksien, kuten nitraattipitoisuuksien, tieteelliseen mittaukseen. Kokeessa käytetty tutkimusmenetelmä on satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe (randomized complete block design), joka toteutettiin toistollisena kokeena.

Maanparannusaineen lisäämisellä oli positiivinen vaikutus salaatin kasvuun. Erot satotuotossa käsittelyn saaneiden ja referenssiryhmän välillä osoittautuivat tilastollisesti erittäin merkitseviksi. Erot käsittelyn saaneiden ryhmien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä satotuottoa ajatellen. Taimikuolleisuus oli korkeampi käsittelyn saaneissa koeryhmissä. Erot taimikuolleisuudessa olivat tilastollisesti merkitseviä koeryhmän 1 ja referenssiryhmän, sekä koeryhmän 3 ja referenssiryhmän välillä.

Jatkotutkimukselle aiheesta on tarvetta – etenkin valmisteen infektiokerkyttä ja vaikutusta kasvitautien esiintymiseen tulee tutkia lisää, ja siten varmistaa sen biologinen turvallisuus, ennen kuin tuote on valmis kaupallisille markkinoille.

Avainsanat salaatti, orgaaninen lannoitus, luomu, vesiviljely, NFT-viljely

Sivut 57 sivua, joista liitteitä 23 sivua

Degree programme in horticulture

Lepaa unit

Author	Pyry Vesala	Year 2019
Subject	The utilization of an organic dressing in the NFT-production of <i>Lactuca sativa</i>	
Supervisors	Teo Kanniainen	

ABSTRACT

The aim of this thesis is to examine, whether an unspecified organic product, mainly used for dressing of the soil, is suitable for growing lettuce (*Lactuca sativa*, 'Frillice') with nutrient film technique (NFT). It also highlights the effects of organic feeding, and especially the effects of this unspecified product in the growth and quality of lettuce, it's possible positive outcomes specifically in NFT-system, and whether the said product is suitable as an organic additive in hydroponic systems in the first place. The thesis also aims to produce new information to support the company in the production of new compounds. Observations are based on visual analyzation of roots and foliage in different stages of plant's lifecycle, weighing of full-grown plants, and scientific measuring of certain qualities such as NO₃-N (nitrate nitrogen) concentration in the plants. The research method in use is called complete random block design (RCB), and it was implemented as a repetitionary experiment.

The product had positive effect in the in the growth of lettuce (*Lactuca sativa*). The differences in yielding between the treatments weren't statistically significant, but when comparing the reference group to all the other groups, all differences were statistically highly significant. The death rate of plants was higher in the groups that received the treatment. Differences in death rates was statistically significant between group 1 and group 4, and between group 3 and group 4.

More research is still needed, especially concerning the products sensitivity in the case of infections and its effect in the appearance of plant diseases. It is important and necessary to ensure the biological safety of the product, before it can be marketed commercially.

Keywords *Lactuca sativa*, organic nutrients, hydroponic, NFT, nutrient film technique

Pages 57 pages including appendices 23 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SALAATIN NFT-VILJELY.....	3
2.1	Salaatin viljelyn taustaa.....	3
2.2	Salaatin luonnonmukainen viljely.....	4
2.3	Vesiviljelyn taustaa.....	6
2.4	NFT-viljelyn taustaa.....	7
2.5	Salaatti NFT-viljelyssä.....	8
3	KOEJÄRJESTELYT.....	9
3.1	Koeasetelma.....	9
3.2	Menetelmät.....	10
3.3	Mitattavat ja havainnoitavat asiat.....	11
3.4	Tavoitteet.....	11
4	TULOKSET.....	11
4.1	Itävyys ja taimettuminen.....	11
4.2	Ravinneliuoksen johtokyky, nitraattityypipitoisuus ja happamuus.....	11
4.3	Tuorepainot ja taimikuolleisuus.....	14
4.4	T-testi.....	16
4.5	Varianssianalyysit (anova).....	17
4.6	Kasvianalyysit.....	21
5	TULOSTEN TULKINTA.....	22
5.1	Itävyys ja taimettuminen.....	22
5.2	Sadonkorjuu (tuorepainot).....	22
5.3	Taimikuolleisuus.....	24
5.4	Johtokyky.....	24
5.5	Nitraattityppi.....	25
5.6	Happamuus.....	25
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	26
	LÄHTEET.....	29

Liitteet 1-12 Valokuvat

1 JOHDANTO

Suomessa luonnonvalon määrä on talviaikaan salaatin viljelyyn riittämätön. Tästä johtuvan, verrattain lyhyen luonnonvaloa hyödyntävän viljelykauden ansiosta salaatin viljelystä keinovaloilla kasvihuoneissa on tullut varteenotettava vaihtoehto avomaaviljelylle (Kujala 2015, s.1). Salaatin kohtimainen kulutus on ollut jo pitkään tasaisessa kasvussa. Niinpä myös salaatin ympärivuotinen kasvihuoneviljely lisääntyy vuosi vuodelta sitä mukaa, kun markkinat kasvavat (Luke 2015). Samalla myös luonnonmukainen ruokavalio kasvattaa suosiotaan kuluttajien terveys- ja ympäristötietoisuuden lisääntyessä, ja siksi yritysten kannattaa entistä tehokkaammin panostaa luonnonmukaisten tuotteiden tuotekehittelyyn (Immonen 2018, ProLuomu 2019, Yle 2001).

Salaatti kerää itseensä tehokkaasti ylimääräistä typpeä, mikäli sitä on runsaasti saatavilla (MTK 2017). Tämän takia nitraattipitoisuudet saattavat nousta liian korkealle talviaikaan, kun salaattia viljellään pelkästään keinovalolla. Tutkimuksissa on todettu valon vähäisen määrän olevan suoraan yhteydessä salaatin korkeisiin nitraattipitoisuuksiin (Ruokatieto 2013, Luomuliitto 2016). Jos kasvit eivät saa tarpeeksi valoa, ei fotosynteesiä tapahdu, tai se heikkenee niin, ettei nitraattia pelkistäviä sokereita ja orgaanisia anioneja pääse kerääntymään kasvisoluihin riittävästi (Sarlin 2017, s.36). Kesällä luonnonvalolla viljeltäessä valoa on tarjolla niin runsaasti, että tätä ongelmaa ei ole, mutta pelkän keinovalaistuksen intensiteetti ei riitä ylläpitämään tarpeeksi tehokasta fotosynteesiä. Nitraattia ei kerry salaattiin myöskään luonnonmukaista lannoitusta käytettäessä, vaikka käytettäisiin keinovalotusta. Salaatin nitraattipitoisuudet nousevat yli suositusten vasta, kun otetaan käyttöön väkilannoitteet ja keinovalo yhdessä. Toisin sanoen tavanomaisesti keinovalolla viljeltäessä lehtivihannesten, kuten salaatin nitraattipitoisuuksia ei ole aina mahdollista pitää suositusten rajoissa (Luomuliitto 2013, Tikkanen 2008). Tämä johtuu siitä, että väkilannoitteissa oleva typpi ei sitoudu kasvualustan maahiukkasiin. Tällöin lannoituksen mukana annettava typpi on valmiiksi liukoisessa nitraattimuodossa, jota kasvit helposti varastoivat muiden ravinteiden mukana itseensä. Kun (väkilannoituksen mukana annettava) typpi on valmiiksi mineralisoitunut nitraatti-ioneiksi, ja on siten suoraan kasvin käytettävissä, nitraattia pääsee kerääntymään runsaammin kasvisolukkuun. Tämän seurauksena pitoisuudet nousevat helposti monin-, tavanomaisesti viljeltyä luomusalaattiin verrattaessa jopa satakertaisiksi (Brady, Weil 1996, s.548-549, Ala-Mettälä 2009, Tikkanen 2008).

Tietyt kasvutekijät (lämpö, kosteus) vaikuttavat merkittävästi kasvualustan mikrobiston määrään ja aktiivisuuteen, jolla taas puolestaan on suuri

vaikutus toisiin kasvutekijöihin (ravinteet, happamuus). Kasvualustan mikrobeilla (bakteerit, sienet ym. pieneliöt) on luonnonmukaisessa viljelyssä erittäin suuri merkitys ravinteiden saatavuuden kannalta. Tämä on ratkaiseva tekijä etenkin typen osalta. Kasvin typen saanti on lähes täysin riippuvaista maaperän mikrobiston aktiivisuudesta, sillä luomulannoituksessa typpi on aina biologisesti sidottua. Lannoituksen mukana annettava typpi ei siis luonnonmukaisessa viljelyssä ole koskaan valmiiksi liukoisessa muodossa, eikä siten myöskään suoraan kasvin käytettävissä (Luomu.fi 2002). Tämä tarkoittaa sitä, että typen mineralisaation on tapahduttava kasvualustan mikrobiston vaikutuksesta, ennen kuin kasvi kykenee käyttämään sen hyödykseen. Luomulannoitteet eivät näin ollen varsinaisesti itsessään sisällä nitraattia, vaan sitä muodostuu vasta kasvualustan nitrifikaatiobakteerien toiminnan seurauksena. Mikrobisto näyttelee siten sangen merkittävää osaa typen kierrossa, ja jos kasvualustan mikrobisto saadaan toimimaan optimaalisesti, voidaan sillä saavuttaa merkittäviä hyötyjä niin kasvua, laatua, kuin myös satotuottoja ajatellen. (Brady, Weil 1996, s.543-544, Tokeensuu 2014, s.22, Yrttitarha, n.d., Ruokavirasto, 2019).

Kouruviljelyn ja ympärivuotisen tuotannon yleistymisen 1980-luvun alussa muutti kotimaisen salaatin tuotantoa radikaalisti. Tämä johti ruukkusalaatin yleistymiseen. Pikkuhiljaa myös keräsalaattia on alettu viljellä kouruissa, jonka myötä myös se on palannut viljelijöiden suosioon (Kauppa puutarhaliitto 2019). NFT-viljely on tehokkain ja tuottoisin tapa viljellä salaattia ympärivuotisesti kasvihuoneessa. Lehtevänä kasvina salaatti hyötyy erityisen paljon jatkuvasta vedenkierrosta. Jatkuvasti tasaisena kalvona juuriston läpi virtaavan ravinneliuoksen ansiosta monet kasvutekijät ovat optimaalisesti ja rajattomasti koko ajan kasvin hyödynnettävissä. Tällöin kasvi pääsee hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti koko kasvupotentiaalin, mikä johtaa jokaisen viljelijän tavoittelemaan satojen paraneamiseen kasvun ollessa koko ajan optimaalista. Satoa tulee enemmän ja nopeammin, ja laatuakin on parempaa (Varkoi 2016, s.2).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa uutta, hyödyllistä tietoa kokeen maksaneen yrityksen tuotekehittelyn tueksi selvittämällä, soveltuuko tutkittava, maanparannusaineena käytettävä luomumikrobivalmiste salaatin (*Lactuca sativa*, 'Frillice') NFT-tyyppiseen viljelyyn (Nutrient Film Technique = "ravinnekalvotekniikka"). Samalla tutkitaan orgaanisen lannoituksen, ja eritoten tutkitun, nimeltä mainitsemattoman luomuvalmisteen vaikutuksia salaatin kasvuun ja laatuun, sekä sen mahdollisia etuja etenkin NFT-viljelyssä. Näin selvitetään, sopiiko kyseinen tutkittava tuote ylipäänsä orgaaniseksi lannoitteeksi vesiviljelyssä. Havainnot perustuvat sekä lehdistön että juuriston visuaaliseen analysointiin eri vaiheissa kasvua, valmiiden salaattien punnitukseen, ja tiettyjen ominaisuuksien tieteelliseen mittaamiseen. Kasvit on valokuvattu käsittelyittäin elinkaaren eri vaiheissa, ja valmiit salaattit on punnittu. Grammakohtainen tuorepaino on kirjattu ylös, samoin kuin kuolleiden taimien lukumäärä käsittelykohtaisesti. Ravinneliuksesta on mitattu nitraattityyppipitoisuus kasvun eri

vaiheissa (NO₃-N mg/l). Myös ravinneliuoksen johtokykyä ja happamuutta on seurattu. Lopuksi kuivatut näytteet lähetettiin Hortilabin kasvianalyyysiin, josta nähdään eri ravinteiden pitoisuus koeryhmistä otetuissa kuivaetuissa näytteissä.

Tilaajan toivomuksesta työssä mainitut käsittelyt ja kasvualustat ovat luotamuksellista tietoa.

2 SALAATIN NFT-VILJELY

2.1 Salaatin viljelyn taustaa

Salaatin juuret viljelykasvina ulottuvat kauas ihmiskunnan historiaan. Vanhimmat viitteet salaatin käytöstä viljelykasvina ovat lähes 5000 vuoden takaa, muinaisen Egyptin ja Lähi-idän alueelta. Egyptistä salaatinviljely levisi aikoinaan Kreikkaan, ja kreikkalaiset puolestaan jakoivat tietotaitonsa eteenpäin roomalaisille. Roomalaiset antoivat kasville nimen "*Lactuca*" sen sisältämän valkean maitiaisnesteen vuoksi (sana "*Lactuca*" juontuu latinankielen maitoa tarkoittavasta sanasta "lac"). Tästä juontuu etymologisesti myös englanninkielen sana "lettuce" - nykyään termillä "*Lactuca*" viitataan sukuun, johon määritellään kasvitieteellisesti kuuluvaksi lähes kaikki miedot salaatit. Voimakkaamman makuiset salaattilajikkeet kuuluvat puolestaan "*Cichorium*"-sukuun. Kaikki salaatit määritellään kasvitieteellisesti kuuluvaksi samaan asterikasvien heimoon (Asteraceae) (Lavola 2018). Roomasta salaatinviljely levisi muualle Eurooppaan, ja myös sen ulkopuolelle, aina Kaukoitään ja Kiinaan asti. Nykyisin viljeltävät lehtisalaatit ovat tuhansien vuosien jalostustyön tulos, eivätkä ne juurikaan muistuta ulkomuodoltaan, rakenteeltaan, tai maultaan aikanaan ensimmäisinä viljeltyjä salaatteja (Heirloom Gardener 2018, Kainuun Puutarhayhdistys ry 2007).

Suomessa kaupallinen salaatinviljely alkoi 1800-luvulla (Sarlin 2017, s.9). Kotimaisen salaatin viljelykausi rajoittuu avomaalla kesäkuusta lokakuulle. Kasvihuoneissa salaattia voidaan tuottaa kuitenkin vuoden ympäri (Sarlin 2017, s.17). Salaatin kulutus Suomessa on selvästi alle eurooppalaisen keskitason (Puhtaasti kotimainen, n.d.). Suomalainen keskivertokuluttaja syö salaattia noin 100 grammaa viikossa, mutta määrä on ollut viime vuosina vakaassa kasvussa (Kainuun Puutarhayhdistys ry 2007, Luke 2015). Joku-nen vuosikymmen sitten ainoat kotimaiset salaattivaihtoehdot olivat pehmeälehtinen keräsalaatti ja kiinankaali. Pikkuhiljaa markkinoita alkoi vallata rapealehtinen jääsalaatti. Nykyään kauppojen salaattivalikoimiin kuuluu runsain mitoin erinäköisiä ja -makuisia kotimaisesti tuotettuja salaatteja (Aaltonen 2007, Luke 2015).

2.2 Salaatin luonnonmukainen viljely

Luonnonmukaisesti viljeltäessä maaperän mikrobien rooli nousee kasville elintärkeäksi. Esim. ilman typen hajottajabakteereja kasvi ei saa tarvitsemaansa ravinteita (Pelastajärvi.fi, n.d., Yrttitarha, n.d.). Kasvialustan mikrobiston hyvinvoinnista huolehtimalla voidaanakin vaikuttaa merkittävästi myös salaatin nitraattipitoisuuksiin (Brady, Weil 1996, s. 648, Tokeensuu 2014, s.22).

Ihmiselimestössä monella tapaa hyödyllisiksi typpioksideiksi muuntuva nitraatti on tärkeää elimistön hyvinvoinnille. Elimistössä typpiyhdisteet kuitenkin metaboloituvat osittain nitriitiksi, jonka on todettu liian suurissa määrin olevan monella tapaa haitallista ihmiselimistölle. Nitriitit on yhdistetty muun muassa tiettytyyppisten syöpien esiintyvyyteen. Koska nitraattien saannin (ja etenkin sitä sisältävien vihannesten syönnistä saatavien) hyötyjen katsotaan voittavan sen haitat, on elintarviketurvallisuusvirasto Evira (nykyään Ruokavirasto) määritellyt nitraattien ja nitriittien saannille hyväksyttävät raja-arvot (niin kutsutut ADI-arvot [engl. acceptable daily intake], eli päivittäisen saannin ylärajat). Nämä ovat raja-arvoja, joissa pitäytymällä kyseistä ainetta voi käyttää turvallisesti päivittäin (Terve Media Oy 2013, Tikkanen 2008, Ruokatieto 2013). Lisäksi EU on asettanut elintarvikkeiden nitraattipitoisuuksille sallitut enimmäisrajat (EUR-lex 2018, Ruokavirasto 2019).

Rajoituksista ja suosituksista huolimatta Eviran vuonna 2013 julkaiseman, monivuotisen kuluttajien nitraattialtistuksen riskinarviointitutkimuksen mukaan 14 % alle kolmivuotiaista ja 11 % alle kuusivuotiaista suomalaislapsista saa ravinnosta nitraattia yli suositustasojen (Ruokatieto 2013). Suurimmat ravinnosta saatavan nitraatin lähteet ovat juomavesi, vihannekset, prosessoidut lihavalmistet ja juustot (Luomuliitto 2013). Juomavedeen nitraatti päätyy ennen kaikkea pelloilta ja viljelysmailta pohjaveden huuhtoutuvan typpilannoituksen seurauksena (Brady, Weil 1996, s.545-546, 553, Luomu.fi 2002, Peda.net, n.d., Pure Water Occasional, n.d., Terve Media Oy 2013).

Sillä, lannoitetaanko salaattia perinteisin väkilannoittein vai luonnonmukaisin lannoittein, on etenkin keinovalolla viljeltäessä suuri vaikutus salaatin nitraattipitoisuuksiin. Tämä kävi ilmi myös Lepaan koekasvihuoneella hortonomiopiskelijoiden keväällä 2015 toteuttamassa luonnonmukaista ja väkilannoitusta vertailevassa salaatin viljelykokeessa. Samankaltaisia tuloksia on saatu muissakin vertailuissa (Ala-Mettälä, 2009, Luomuliitto 2013, Ikaalisten Luomu 2019).

Jos salaatti ei saa tarpeeksi valoa, jää typen jalostumisprosessi vähäiseksi. Kasville annettavasta lannoituksesta jää suurempi osa nitraattimuotoon, jolloin osa nitraatista kulkeutuu ja varastoituu sellaisenaan kasvin lehtivihreää sisältävien osien solunesteeseen (Ruokatieto 2013, Luomuliitto

2013). Nitraattia on enimmäkseen kasvin lehtiosissa, sillä se päätyy kasviin veden mukana kulkevien ravinteiden kanssa; kasvit kuljettavat veden mukana ravinteita varastoitavaksi lehtiosien mesofylleihin, joissa sijaitsevat kloroplastit eli viherhiukkaset. Siksi myös niiden mukana kulkeva nitraatti kerääntyy enimmäkseen näihin kasvinsiiniin (Sarlin 2017). Itse fotosynteesillä on vaikutusta kasvin nitraattipitoisuuteen, koska se tapahtuu kloroplasteissa – fotosynteesissä syntyviä sokereita ja orgaanisia anioneja kerääntyy mesofyllien soluihin, jossa ne pelkistävät sinne kulkeutunutta nitraattia ensin nitriitiksi, ja sen jälkeen glutamiinihappoon sitoutuviksi ammoniumioneiksi. Mikäli yhteyttäminen siis estyy valon puutteen vuoksi, jää kasvin solunesteeseen kerääntynyt nitraatti sinne sellaisenaan (Sarvikas, P., Suorsa, M., Rintamäki, E., Vapaavuori, E., Aro, E., Tyystjärvi, E. 2017, s.128, Ruokatieto 2013). Muissa kasvin osissa, kuten juuristossa, varressa tai siemenissä ei esiinny paljon nitraattia, koska nitraatteja keräävät enimmäkseen vain ne kasvinosat, jotka sisältävät luonnostaan paljon lehtivihreää. Nitraattipitoisuudet ovatkin yleensä korkeimmillaan nimenomaan vihreälehtisissä vihanneksissa. Tällaisia vihanneksia ovat esimerkiksi pinaatti, lehtikaali, salaattit ja yrtit. Muita suhteellisen paljon nitraattia sisältäviä vihanneksia ovat mm. punajuuri, porkkana, ja peruna (etenkin varhaisperuna) (Ruokavirasto, n.d.).

Keinovalotetun ja väkilannoitetun kasvihuonesalaatin nitraattipitoisuudet nousevat väkisin niin korkeiksi, että EU:n määrittelemää salaatin nitraattipitoisuuksien sallittua raja-arvoa joudutaan korottamaan talvella kasvihuonesesonin aikana luonnonvalon ollessa vähimmillään. 1.4. – 30.9. välisenä aikana EU:n sallima raja-arvo katteen alla (kasvihuoneessa) kasvatetulle salaatille on 4000 mg NO₃ / kg. 1.10. – 31-3- väliseksi ajaksi tämä raja-arvo nostetaan 5000:n mg NO₃ / kg. (Eur-lex, 2006).

Luonnonmukaisessa viljelyssä käytettävä typpilannoitus perustuu eloperäisiin ravinnelähteisiin sidottuun tyyppiin. Kasvit eivät kykene käyttämään tyyppiä, joka on biologisesti sidottua, vaan se vapautuu kasvin käyttöön vasta mikrobitoiminnan ansiosta tapahtuvan tyypin ammonifikaation, eli mineralisaation kautta; eloperäisen jätteen hajotessa siihen sitoutunut typpi muuttuu ammoniakiksi (NH₃). Tämän jälkeen maaperän hajottajamikrobit pilkkovat ammoniakkin ammoniumioneiksi. Näin eloperäiseen ainekseen sitoutunut typpi palautuu takaisin kierto. Prosessia, jossa bakteerit hajottavat hapettamalla ammoniumtyypin nitriitiksi ja nitriitin sen jälkeen nitraatiksi, kutsutaan nitrifikaatioksi. Päinvastainen prosessi, jossa bakteerit anaerobisissa, eli hapettomissa oloissa muuttavat nitriittejä ja nitraatteja typpikaasuksi, on nimeltään denitrifikaatio (Brady, Weil 1996, s.551-552, Tokeensuu 2014, s.22, Peda.net, n.d., Pelastajärvi.fi, n.d.). Yksinkertaistettuna sanoen kasvi ottaa luonnonmukaisessa viljelyssä sille annettavan tyypin enimmäkseen ammoniumtyypinä, koska sen käyttö on kasville ”edullisempää”; nitraattityypin on käytävä läpi varsin monivaiheinen prosessi, ennen kuin se on kasvin hyödynnettävissä, Tämän ansiosta vain pieni osa tyypestä jää nitraattimuotoon eikä nitraattia pääse

kertymään, tai sitä kertyy hyvin vähän itse lopulliseen tuotteeseen, eli valmiiseen salaattiin. Näin ollen nitraattipitoisuudet eivät pääse luonnonmukaisesti viljelyssä salaattissa koskaan nousemaan tavanomaisesti viljellyn salaatin pitoisuuksien tasolle, eikä siten myöskään edes lähelle sallittuja raja-arvoja. Salaatti on yksi nitraattipitoisimmista ruokakasveista, ja sen vuoksi viljelymenetelmällä on salaatin kohdalla erityisen suuri merkitys ajatellen tuotteen terveellisyyttä elintarvikkeena (Brady, Weil 1996, s.544, Ala-Mettälä 2009, Luomu.fi, n.d., Luomuliitto 2013).

2.3 Vesiviljelyn taustaa

Hydroponinen viljely eli vesiviljely on viljelymenetelmä, jossa ei käytetä kiinteää kasvualustaa, vaan kasvien juuret kasvavat ravinneliuoksessa. Taimien tukemiseksi voidaan käyttää vähäinen määrä kiinteää, joko aktiivista, tai inaktiivista väliainetta. Kasvien juuret kasvavat luonnollisesti pimeässä, joten valon pääseminen juuristoon voi etenkin jatkuvaa vedenkiertoa hyödyntävässä järjestelmässä helposti johtaa ei-toivottujen ja kasvin hyvinvoinnille haitallisten mikrobien lisääntymiseen. Niinpä myös näiden riskien minimoimiseksi on tarpeen väliainetta käyttämällä suojata juuristo ylimääräiseltä valolta (Varkoi 2016, s.2). Mikäli kasvualustana käytetään jotakin aktiivista väliainetta, järjestelmää nimitetään ns. puolihydroksi, kokohydron tarkoittaessa tällöin järjestelmää, jossa minkäänlaista aktiivista väliainetta ei käytetä (Puutarha.net, 2013). Viljely voidaan toteuttaa myös kokonaan ilman väliainetta, jolloin juuret kasvavat suoraan kasvatusastiaan, jonne jatkuvasti sumutetaan ravinneliuosta. Tällaista järjestelmää kutsutaan aeroponiseksi. Käytännössä aeroponiset viljelmät ovat suhteellisen harvinaisia, luultavasti ainakin osittain sen vielä NFT-järjestelmääkin herkemmän riskialttiuden vuoksi; juurten kasvaessa väliaineettomassa tilassa, on ilmankosteuden juuritilassa oltava koko ajan lähes 100 %. (Seppänen 2015, s.42). Yleisin käytössä oleva väliaine vesiviljelyssä lienee yhä jo 1970-luvulta asti viljelijöiden suosiossa ollut kivivilla (Airaksinen 2013, s.16, Varkoi 2016, s.2). Toinen perinteisesti vesiviljelijöiden suosima väliaine on perliitti. Kivivilla ja perliitti ovat niin sanottuja inaktiivisia kasvualustoja. Inaktiivisella kasvualustalla ei ole puskurointikykyä eikä kationinvaihtokapasiteettia, eli toisin sanoen se ei sido vettä tai ravinteita itseensä. Käytännössä kaikki orgaaniset väliaineet, kuten esim. turve ja kookos, ovat niin kutsuttuja aktiivisia kasvualustoja (Airaksinen 2013, s.13). Tässä kokeessa salaattintaimet istutettiin NFT-kouruihin pienissä verkkoruukuissa, joissa oli vähäinen määrä kokeen maksaneen yrityksen vallitsemaa, nimeltä mainitsematonta ja erittelemätöntä kasvualustasekoitetta, johon lisättiin kolmea erilaista määrää tutkittavaa tuotetta.

Vesiviljely itsessään on jo muinainen keksintö, mutta kaupallisena tuotantomenetelmänä se alkoi yleistyä vasta 1900-luvun puolenvälin jälkeen. Vesiviljelyn etuna perinteiseen väliaineessa tapahtuvaan viljelyyn verrattuna on muun muassa se, että kosteutta ja ravinteita puskuroivan väliaineen puuttuessa on viljelijän helpompaa kontrolloida juuristoon vaikuttavia

kasvutekijöitä. Tämä vaatii tarkempaa viljelynaikaisten olosuhteiden seuraamista ja kontrollointia, mutta toisaalta vähemmän ennakkointia, kun kaikki kasville annettavat ravinteet ovat suoraan sen käytettävissä. Vesiviljelyyn, ja myös inaktiivisten kasvualustojen, huonona puolena voidaankin pitää ennen kaikkea sitä, että mikäli veden, hapen tai ravinteiden saanti jostain syystä häiriintyy, on sillä lähes välitön negatiivinen vaikutus kasvin vointiin. Toisaalta tämä on myös vesiviljelyn etu, kun häiriötilanteisiin osataan puuttua nopeammin, ja myös tilanteen korjaamiseen tähtäävien toimenpiteiden vaikutus voidaan havaita lähes välittömästi. Kun olosuhteet kasvin juuristossa voidaan näin pitää koko kasvun alusta loppuun optimaalisena, tehostuu kasvin veden, hapen ja ravinteiden saanti huomattavasti. Mikäli muutkin kasvutekijät ovat kunnossa, tehostuu myös fotosynteesi, jolla voidaan saavuttaa merkittävä hyöty – kasvien koko kasvupotentiaali tulee käyttöön ja sen luonnollisena seurauksena sadot paranevat sekä laadullisesti että määrällisesti ja valmistuvat lyhyemmässä ajassa (Varkoi 2016, s.2).

2.4 NFT-viljelyn taustaa

Alun perin NFT-viljelytekniikan kehitti Tohtori Alan Zhang Jr. 1920-luvun Kiinassa. Yleisesti menetelmän isänä pidetään kuitenkin alan merkkiteoksen ABC of NFT kirjoittajaa, tohtori Allan Cooperia (Wikipedia, n.d.). Tohtori Cooperin 1960-luvulla Iso-Britanniassa edelleen kehittänyt NFT- eli Nutrient Film Technique (suom. ravinnekalvoviljely) on viljelymenetelmä, jossa kasvien juuret kasvavat kasvualustan sijaan jatkuvasti virtaavassa vedessä. Koska juuristolla ei ole käytössä kosteutta puskuroivaa kasvualustaa (tai jos on, sitä on hyvin vähän), täytyy NFT-järjestelmään istutettavien kasvien olla vähintään jonkinlaisen juuriston jo valmiiksi omaavia esikasvatettuja taimia. Koska NFT-viljelyssä ei käytetä kiinteää kasvualustaa, vaan juuret kasvavat suoraan virtaavaan veteen, voidaan vedenkierto pitää jatkuvana. Tällöin juuristo pysyy koko ajan tasaisen märkänä. Tämä onkin NFT-tekniikan suurin etu. Kun ravinneliuos virtaa jatkuvan tasaisesti ja hapettu tehokkaasti kiertäessään, on juuristolla käytettävissä koko ajan kaikki sen tarvitsema vesi, happi ja ravinteet. Myös itse ravinneliuosta tarvitaan tällöin kokonaisuudessaan huomattavasti vähemmän. Tämä helpottaa ravinneliuoksen ominaisuuksien, kuten esim. lämpötilan kontrolloimista. Kasvien veden ja ravinteiden saantia on myös helpompi kontrolloida, kun kasvualustana on käytännössä itse virtaava ravinneliuos. Muuttuvia tekijöitä on vähemmän, kun esim. vettä ja ravinteita puskuroiva kasvualusta puuttuu juuriston ja ravinneliuoksen välistä, tai sitä on niin vähän, että puskuroiva vaikutus jää hyvin pieneksi. Näin ollen juuristolle voidaan taata vaakaamat olosuhteet, toisin sanoen tasaisempi ravinteiden, veden sekä myös hapen saanti.

Toisaalta NFT-tekniikan huonoin puoli lieneekin sen herkkyyks; jos esimerkiksi veden virtaus jostain syystä katkeaa, kuivuu juuristo hyvin nopeasti ilman kosteutta puskuroivaa kasvualustaa. Jos muut juuristoon vaikuttavat

kasvutekijät eivät ole kohdallaan, näkyy negatiivinen vaikutus kasviin lähes välittömästi. Tämä lienee NFT-viljelyn suurin heikkous verrattaessa muihin vesiviljelyjärjestelmiin, joissa jatkuva vedenkierto ei ole välttämätöntä kasvien hyvinvoinnin kannalta. Esimerkiksi mikäli ravinnetasapaino häiriintyy, näkyy tämä hyvin nopeasti vioituksena kasvin lehdissä. Tämä on tietenkin samalla sekä hyvä että huono asia – myös erinäisten korjausliikkeiden mahdolliset positiiviset vaikutukset voidaan lukea kasvusta lähes välittömästi. Samoin asian hyvänä puolena voitaneen pitää sitä, että kasvi kertoo välittömästi, mikäli olosuhteet juuristossa eivät ole optimaaliset.

Toinen huono puoli on NFT-järjestelmälle ominaisen jatkuvasti kiertävän ravinneliuoksen alttius taudeille ja infektioille. Myös kontaminaatioita esim. raskasmetalleista tulee välttää ja tämän takia NFT-järjestelmien materiaaleissa suositaan muovia ja ruostumatonta terästä. Yleisesti ottaen metalliosien käyttöä vältetään NFT-järjestelmissä (Ketola 2012, s.3). Kasvit kasvavat esimerkiksi pienissä verkkoruukuissa, virtaavan liuoksen yläpuolella, ja juuristo kasvaa putkessa tai erillisellä tasolla, jonka kautta ravinnevesi virtaa jatkuvasti ohuena virtana, eli ”kalvona” (film). Koko juuristo ei siis kasva ravinneliuoksessa vaan osittain ilmassa sen yläpuolella. Tämä on tärkeää mahdollisimman tasaisen virtauksen ja juuriston riittävän happipitoisuuden säilyttämiseksi. Tällä lailla taataan juuristolle käytännössä rajaton hapensaanti, juuriston kasvaessa osittain jatkuvasti virtaavassa vedessä, ja osittain ilmassa. Kun juuristo on riittävän ilmava ja saa tarpeeksi happea, pysyy se terveenä, ja kasvi kykenee hyödyntämään sen saatavilla olevat ravinteet optimaalisesti ja mahdollisimman tehokkaasti. Usein juuritason alapuolella on säiliö, jonne ylimääräinen vesi valuu ja jonka kautta se palaa takaisin kiertoon (Morgan 1999, s.1-3, Varkoi 2016, s.5).

2.5 Salaatti NFT-viljelyssä

Hedelmiä tuottavat kasvit saattavat jopa hyötyä jossain määrin rajoitusta veden saannista mutta lehtevät kasvit kuten salaatti ja yrtit kasvavat optimaalisesti, kun vettä on rajoittamattomasti tarjolla koko kasvukauden ajan. Siksi NFT-viljely sopii erityisen hyvin salaatin tuotantoon (Kallinen 2011, s.2). Niinpä salaatti olikin ensimmäisiä kasveja, joita alettiin viljellä kaupallisesti NFT-menetelmää käyttäen. Ensimmäiset NFT-järjestelmät olivat hyvin yksinkertaisia: kasvihuoneen betonilattiaan tehtiin kapeat urat tai syvennykset, joissa ravinneliuos virtasi. Sittemmin järjestelmistä on tullut kehittyneempiä ja tehokkaampia. Esimerkiksi tilankäyttöä on alettu tehostaa sijoittamalla useampia kouruja vertikaalisesti ja sijoittamalla säädettäviä / liikkuvia kouruja horisontaalisesti, jolloin tilankäyttöä voidaan optimoida säätämällä ja siirtämällä kouruja salaatin kasvaessa.

Valumatason kallistuskulmalla ei ole havaittu olevan salaatin kasvun kannalta suurta merkitystä, mutta liian jyrkkä valumakulma voi kuitenkin heikentää ja hidastaa ja juuriston kasvua. Tärkeintä on, että vedenvirtaus pysyy jatkuvana ja virtaava kalvo tasaisena. Siksi on tärkeää, että itse taso

pysyy mahdollisimman tasaisena. Siihen ei saa tulla painaumuksia, eikä juuristo saa päästä kasvamaan siihen vedenkiertoa estäväksi tasaiseksi matoksi. Muussa tapauksessa vesi voi päästä kerääntymään valumatasolle seisoviksi liikkumattomiksi ja siten hapettomiksi lammikoiksi, jolloin ravinteidenotto ja sen seurauksena kasvu häiriintyy (Morgan 1999, s.2).

Joissain NFT-järjestelmissä käytetään säädettäviä jalustoja, joiden avulla valumakulma voidaan säilyttää optimaalisena kussakin kasvun vaiheessa. Tämä on kuitenkin suhteellisen kallis ratkaisu, jota siitä saatava hyöty ei välttämättä riitä kompensoimaan.

Valumatason pituus saisi olla korkeintaan n. 10-15 metriä. Tätä pidemmässä valumassa ravinneliuoksen happipitoisuus pysyy samana, mutta tyypin määrän on havaittu vähenevän, mikä vaikuttaa negatiivisesti kasvuun. Pidemmissä valumatasoissa tilannetta voidaan kompensoida asentamalla valumatason virran varrelle useampia vedensyöttöpisteitä ja vähentämällä yhdestä pisteestä tuleva virtaus minimiin (Home Hydro System, n.d., Morgan 1999, s.1-3). Kourun leveys tulee olla salaattia viljeltäessä 4-8 cm (Varhoinen 2016, s.5).

3 KOEJÄRJESTELYT

3.1 Koeasetelma

Koe on toteutettu HAMK:n Lepaan yksikön opetus- ja tutkimuskasvihuoneessa. Kokeessa kasvatettiin 'Frillice'-tyypin salaattia kokeen rahoittavan tahon valitsemissa kasvualustaseoksissa, joihin lisättiin kahta eri määrää kahta eri luomumikrobivalmistetta. Koeryhmän 1 koejäsenet saivat samaa luomumikrobivalmistetta kuin koeryhmän 2 koejäsenet, mutta koeryhmä 1:lle annosteltiin kyseistä valmistetta suurempi määrä. Koeryhmän 3 koejäsenet taas saivat vaihtoehtoista mikrobivalmistetta, mutta samalla annostuksella, kuin koeryhmän 2 koejäsenet. Referenssituotteena oli sama kasvualusta ilman luomuvalmistetta. Näin ollen eri kasvualustakäsittelyjä tuli referenssikäsittelyn lisäksi kaiken kaikkiaan kolme kappaletta, ja toistoja jokaiselle käsittelylle kaikkiaan 14 kappaletta.

Kokeelle varattiin salaatin NFT-kasvatuhuoneesta kaikkiaan 16 viljelykourua. Yhteensä kouruun mahtui 30 salaattia. Kutakin käsittelyä mahtui yhteensä kouruun 7 kappaletta. Koko koe sisälsi siten loppujen lopuksi kaiken kaikkiaan 98 kappaletta jokaista käsittelyä, ja näiden lisäksi vielä referenssi- ja reunakasvikäsittelyjä yhteensä 200 kappaletta. Koehuoneen koko on 64 m², jolloin huoneessa käytetty taimitiheys oli 7,5 taimeita / m² (480 taimeita / 64 m²) (Kuva 1). Koehuoneessa käytetty valaisintyyppi oli suurpainenaatriumvalaisin (SpNa), ja käytössä ollut asennusteho 100w/m².

Käsittelyjä oli kaiken kaikkiaan neljä kappaletta ja ne on numeroitu yhdestä neljään: Ryhmät 1 – 3 saivat kukin erilaisen kasvualustakäsittelyn. Referenssiryhmä nro 4 ei saanut lisättyä luomumikrobivalmistetta, mutta muutoin olosuhteet olivat identtiset. Salaatintaimet kasvoivat pienissä verkko-ruukuissa, joissa oli vähäinen määrä lannoitevalmistajan omaa, ennalta kalkittua kasvualustaseosta. Ainoa ero käsittelyiden välillä oli lannoituksessa - tarkemmin ottaen kasvualustaan kokeen alkuvaiheessa lisätyn luomumikrobivalmisteen määrässä tai laadussa. Antoliuoksen johtokyky pidettiin koko kokeen ajan tasolla 0,7 – 0,8 mS/cm.

3.3 Mitattavat ja havainnoitavat asiat

Ravinneliuoksen happamuutta (pH), johtokykyä (EC) ja nitraattityyppipitoisuutta (NO₃-N) seurattiin koko kokeen ajan viikoittaisin mittauksin. Lisäksi jokaisesta käsittelystä laskettiin salaatintaimien itävyysprosentti ja taimettumisprosentti. Taimettumisvaiheen alussa ja lopussa tarkkailtiin salaattien kasvua ja väritystä, joita arviotiin silmätuntumalla. Myös juurten määrää kokeen lopussa verrattiin ja arvioitiin silmämääräisesti. Kokeen aikana kasveja valokuvattiin yleisluontoisesti, ja lopuksi kaikki kasvit kuvattiin vielä erikseen käsittelyittäin. Kuvat havainnollistavat tehokkaasti tutkitun valmisteen positiivista vaikutusta salaatin kasvuun ja hyvinvointiin sekä juuriston, että lehtevyyden osalta. Kokeen lopuksi kaikista salaateista punnittiin vielä tuorepaino, ja kokeen aikana kuolleiden taimien määrä laskettiin käsittelykohtaisesti.

3.4 Tavoitteet

Kokeen ensisijaisena tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat maanparannusaineena käytettävän orgaanisen maanparannusaineen vaikutukset salaatin kasvuun erityisesti NFT-tyyppisessä vesiviljelyssä. Toinen keskeinen tavoite oli tuottaa konkreettista ja hyödyllistä tietoa kokeen rahoittaneen yrityksen tuotekehittelyn tueksi.

4 TULOKSET

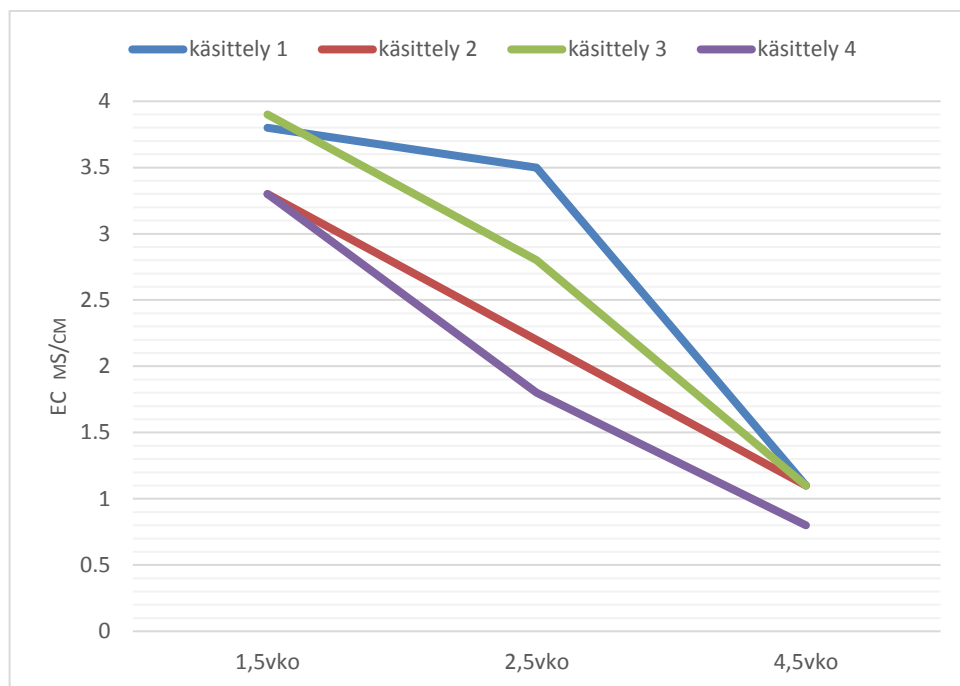
4.1 Itävyys ja taimettuminen

Salaatintaimien itävyys oli kaikissa käsittelyissä yli 99 %. Myös itäneiden salaattien taimettumisprosentti oli käsittelystä riippumatta yli 99 %.

4.2 Ravinneliuoksen johtokyky, nitraattityyppipitoisuus ja happamuus

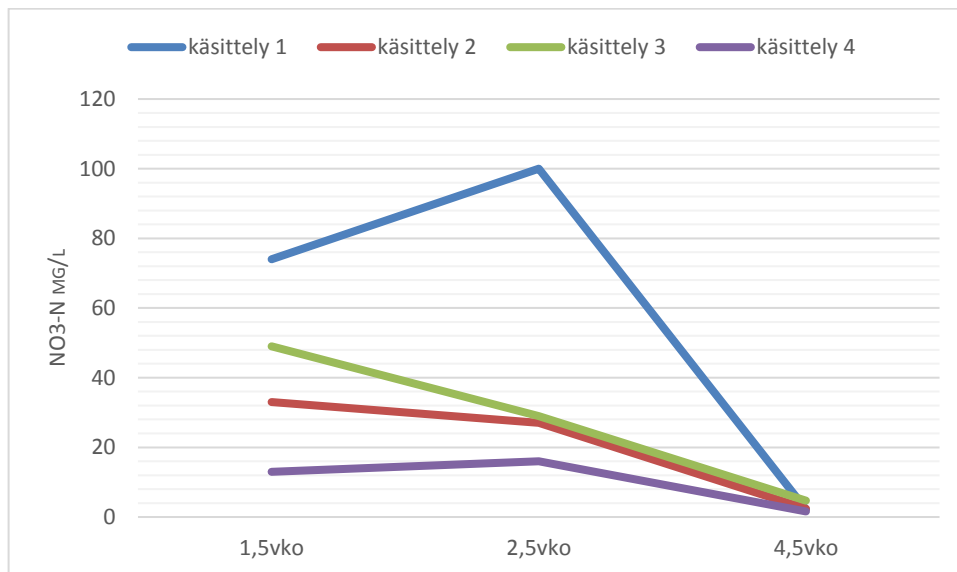
EC-, eli johtokykymittauksen (engl. electric conductivity) avulla voidaan määrittellä kasvualustan tai ravinneliuoksen ravinnepitoisuus.

Johtokykymittauksen avulla saatavan informaation perusteella voidaan ohjata kastelua ja lannoitusta, ja pitää se koko kasvun ajan kasville optimaalisena. Johtolukua käytetään ilmaisemaan ravinneliuoksen tai kasvu-alustan sähkönjohtokykyä. Johtokyky kertoo sen, kuinka paljon ravinneioneja väliaineessa tai ravinneliuoksessa on, mutta se ei kerro mitään ravinteiden välisistä suhteista. Tämä perustuu siihen, että kaikilla ravinneioneilla on sähköä johtavia ominaisuuksia. Kun ravinneioneja on vedessä paljon, eli niiden konsentraatio on korkea, sähkönjohtavuus paranee, jolloin myös johtoluku on korkeampi. Jos ravinneliuoksessa on suhteessa vähemmän ravinteita, myös johtokyky on matalampi. Kun sähkönjohtokyky tiedetään, voidaan laskea ravinneionien määrä, eli johtoluku. Johtokyky ilmoitetaan muodossa millisiemensia senttimetriä kohti (mS/cm). Kun tämä luku kerrotaan kymmenellä, saadaan niin kutsuttu johtoluku (Jaakkola 2009, s.9-11). Kuviossa 1 voidaan nähdä käsittelyiden vaikutus ravinneliuoksen johtokykyyn eri vaiheissa kasvua.



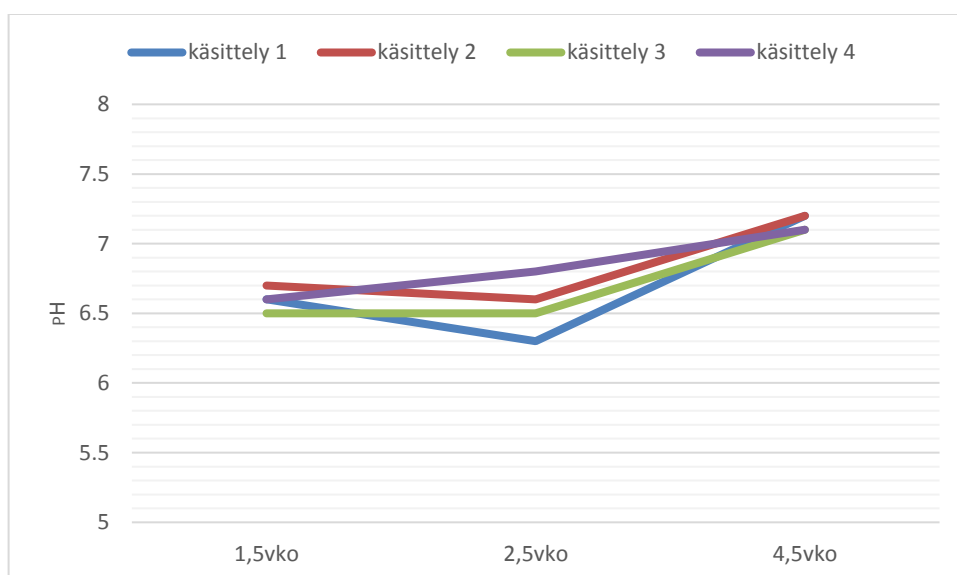
Kuvio 1. Johtokyvyt (EC) vko 1,5, vko2,5 & vko4,5

Nitraattipitoisuuden ilmaisemiseen on käytössä kaksi vaihtoehtoista tapaa: pitoisuus voidaan määrittellä nitraattimuotoisen typen (NO₃-N) tai yksinkertaisemmin itse nitraatin (NO₃) määränä. Pitoisuudet ilmaistaan miljoonasosina (ppm, parts per million, tai mg/l). Nitraattityypipitoisuus voidaan muuntaa nitraattipitoisuudeksi kertomalla nitraattityypipitoisuus 4.42:lla (Pure Water Occasional, 2019). Kuvio 2 näyttää, mikä oli käsittelyiden vaikutus ravinneliuoksen nitraattityypipitoisuuteen kokeen eri vaiheissa.



Kuvio 2. Nitraattityppipitoisuudet (NO₃-N) vko1,5, vko2,5 & vko 4,5

Väliaineen tai ravinneliuoksen happamuus voidaan selvittää pH-mittauksen avulla. Happamuuden määrittäminen perustuu liuoksen vetyionien aktiivisuustason mittaamiseen. Sopivasta pH:sta huolehtiminen on tärkeää kasvin ravinteiden ja hivenaineiden saannin kannalta, sillä happamuus vaikuttaa suoraan niiden liukoisuuteen (Jaakkola 2009, s.11-12). Sekä alhaisella että korkealla pH:lla on etunsa ja haittansa; joidenkin ravinteiden saanti on optimaalista pH:n ollessa korkea, ja toisten matala. Happamuus vaikuttaa myös muun muassa kasville haitallisten aineiden liukoisuuteen (Seppänen 2015, s.17, Rajala 2005, s.183-184). Kuvio 3 kertoo, minkälainen vaikutus käsittelyillä oli ravinneliuoksen happamuuteen kasvatuksen eri vaiheissa.



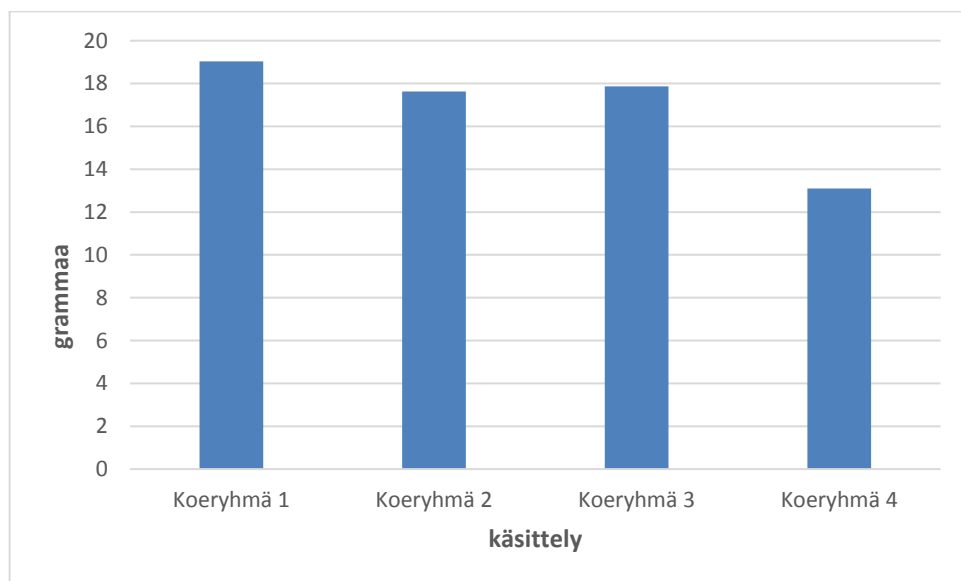
Kuvio 3. Happamuus (pH) vko1,5, vko2,5 & vko4,5

4.3 Tuorepainot ja taimikuolleisuus

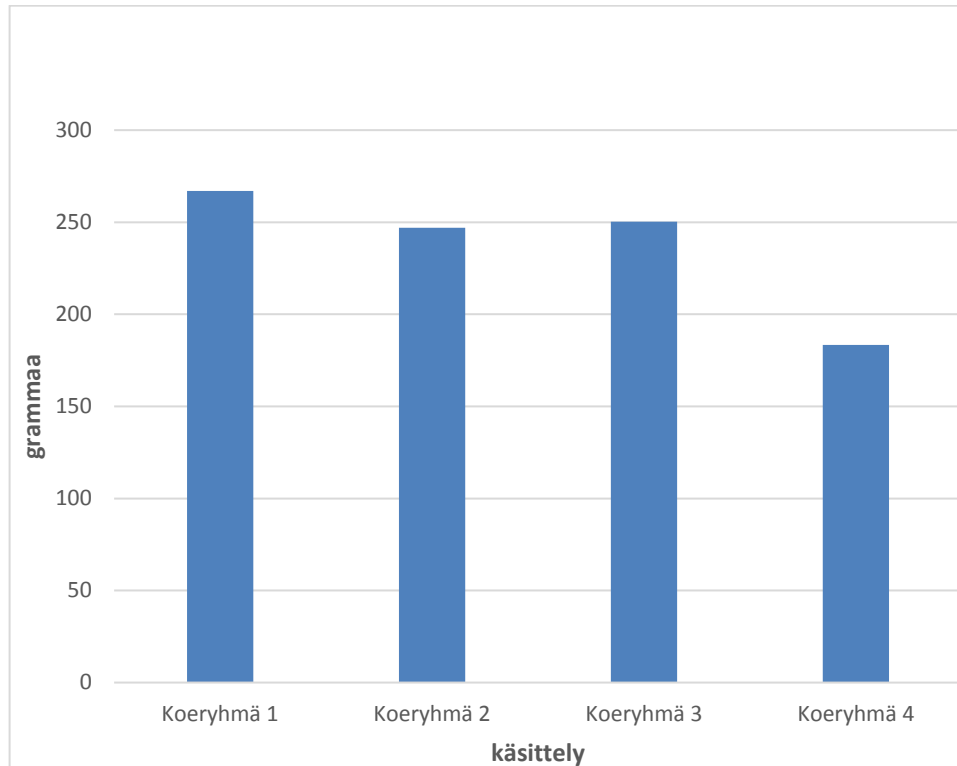
Salaattien punnitseminen kasvatuksen lopussa on yksi tärkeimmistä kokeissa tehdyistä mittauksista. Viljelijälle satotuotto ja potentiaaliset parannukset siihen ovat ensisijaista tietoa, ja tämän mittauksen tulos on kenties paras indikaattori aineen toivotuista vaikutuksista, siitä huolimatta, että koe jouduttiin purkamaan etuajassa. Taulukossa 1 on esitetty kokeen lopussa punnittujen salaattien tuorepaino grammoina eri käsittelyissä. Taulukosta näkyy yhteenlasketun ja käsittelykohtaisen keskiarvon lisäksi myös mediaani ja keskihajonta.

Taulukko 1. Taimikohtaiset tuorepainot (yhteensä, keskiarvo, mediaani ja keskihajonta)

Käsittelyt	yht. (g)	keskiarvo (g)	mediaani (g)	keskihajonta (g)
Koeryhmä 1	266.93	19.03	18.48	2.485370218
Koeryhmä 2	246.96	17.63	17.51	1.52429823
Koeryhmä 3	250.31	17.87	17.75	2.273925485
Koeryhmä 4	183.4	13.1	13.13	1.964262621



Kuvio 4. Taimikohtainen tuorepaino eri käsittelyissä (keskiarvo)



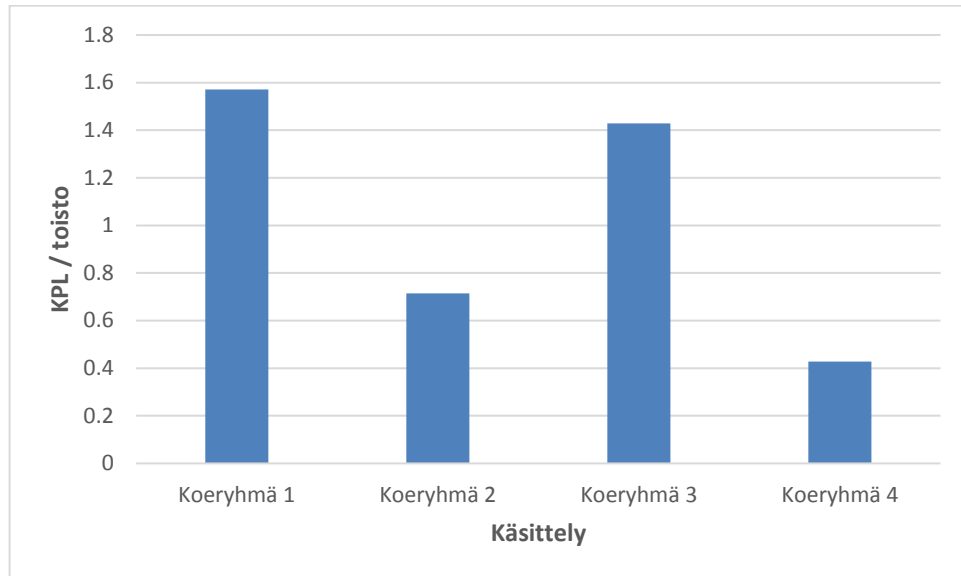
Kuvio 5. Taimien yhteenlaskettu tuorepaino eri käsittelyissä

Kuviot 4-5 esittävät kunkin käsittelyn satotuoton pylväsdiagrammina. Kuvio 4 näyttää koeryhmien keskiarvot, ja kuvio 5 yhteenlasketut satotuotot koeryhmittäin.

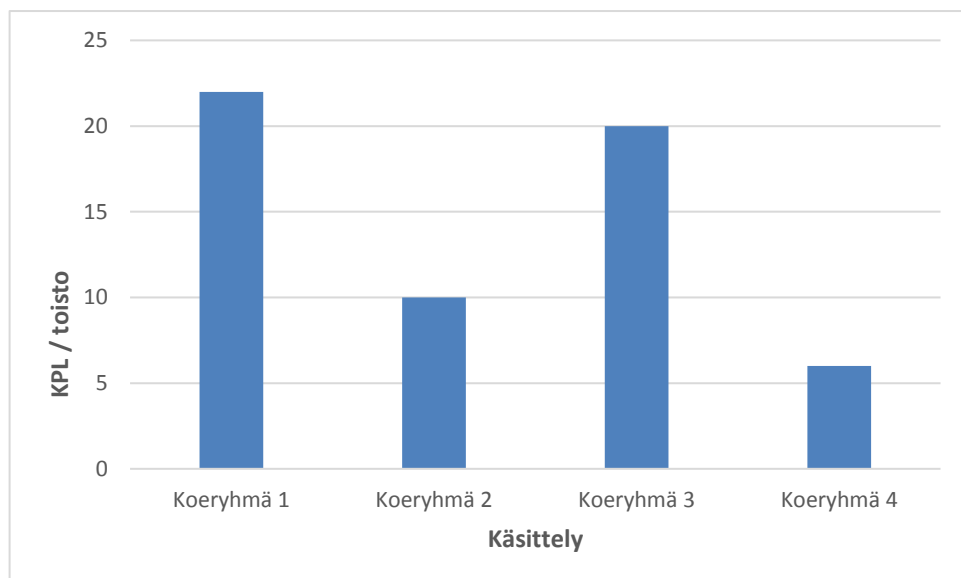
Taulukossa 2 on esitetty, kuinka paljon salaatteja on kuollut eri käsittelyissä. Jokaisesta käsittelystä tehtiin kokeessa 14 toistoa, joten taulukosta nähdään eri käsittelyissä yhteenlaskettujen kuolleiden taimien määrän lisäksi myös käsittelykohtaisten toistojen välinen keskiarvo, eli se, kuinka paljon taimia on keskimäärin kuollut kokeen aikana kunkin käsittelyn 14 toistossa. Samoin kuin tuorepainon kohdalla, myös kuolleiden salaattien määrästä taulukko näyttää lisäksi kunkin käsittelyn tuloksista lasketun mediaanin ja keskihajonnan.

Taulukko 2. Kuolleiden taimien kappalemäärät eri käsittelyissä (yhteensä, keskiarvo, mediaani ja keskihajonta)

Käsittely	yhteensä	keskiarvo	mediaani	keskihajonta
Koeryhmä 1	22	1.5	1	1.5
Koeryhmä 2	10	0.7	0.5	0.8
Koeryhmä 3	20	1.4	1	1.1
Koeryhmä 4	6	0.4	0	0.6



Kuvio 6. Kuolleiden taimien määrä eri käsittelyissä (keskiarvo)



Kuvio 7. Kuolleiden taimien yhteenlaskettu määrä eri käsittelyissä

Kuviot 6-7 esittävät kunkin käsittelyn taimikuolleisuuden pylväsdiagrammina. Kuvio 6 näyttää koeryhmien keskiarvot, ja kuvio 7 yhteenlasketut kuolleet taimet koeryhmittäin.

4.4 T-testi

Taulukko 3 kertoo ryhmien välisten erojen tilastollisen merkitsevyyden (p-arvo, engl. probability value). P-arvo on laskettu vertaamalla jokaista koeryhmää erikseen keskenään.

Taulukko 3. Tuorepainojen ja taimikuolleisuuden erojen tilastollinen merkitsevyys (p-arvo) eri käsittelyiden välillä.

	kuolleet salaatit	tuorepaino
	käsittely 1	
käsittely 2	0.084	0.081
käsittely 3	0.785	0.199
käsittely 4	0.021	<0,001
	käsittely 2	
käsittely 1	0.084	0.081
käsittely 3	0.073	0.747
käsittely 4	0.318	<0,001
	käsittely 3	
käsittely 1	0.785	0.199
käsittely 2	0.073	0.747
käsittely 4	0.010	<0,001
	käsittely 4	
käsittely 1	0.021	<0,001
käsittely 2	0.318	<0,001
käsittely 3	0.010	<0,001

4.5 Varianssianalyysit (anova)

Pyrkimyksenä on selvittää, onko käsittelyistä syntynyt eroja koejäsenten ominaisuuksiin. Tutkimusmenetelmänä satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe sopii hyvin tähän tarkoitukseen, koska jokaista käsittelyä varten on arvottu oma, erillinen ryhmä tutkittavia koejäseniä. Tällaisen aineiston analysointiin käytettäväksi menetelmäksi sopii parhaiten yksisuuntainen varianssianalyysi. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tarkoitus on selvittää, minkälaista vaihtelua mittaustuloksissa on syntynyt eri ryhmien (käsittelyiden) välillä, ja minkälaisia eroja on syntynyt ryhmien sisällä. Ryhmien välille syntyneet erot, eli vaihtelu tuloksissa ryhmien välillä, selitetään tässä mallissa käsittelyiden vaikutuksella, kun taas vaihtelu ryhmien sisäisissä tuloksissa tulkitaan tämän mallin mukaan virhevaihteluksi. (van Emden, H. 2008, s.107.)

Yksisuuntainen varianssianalyysi (One-way analysis of variance)**Koeasetelma: satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe (randomized complete block design)**

Havaintojen kokonaismäärä	56
Vertailtavien ryhmien lukumäärä	4
Havaintoja per ryhmä	14

Kuolleet salaattit (kpl)

Keskiarvo	1.036
Varianssi	1.381

	käsittely 1	käsittely 2	käsittely 3	käsittely 4
	4	2	1	0
	0	0	4	1
	4	0	2	0
	3	0	2	1
	1	1	1	0
	2	2	0	2
	0	2	1	0
	0	1	2	0
	0	1	0	1
	1	0	3	0
	1	0	1	0
	3	0	1	0
	3	1	0	1
	0	0	2	0
ryhmän keskiarvo	1.571	0.714	1.429	0.429
ryhmän varianssi	2.418	0.681	1.341	0.418
Ryhmien väliset neliösummat	4.018	1.446	2.160	5.160
Ryhmien sisäiset neliösummat	31.429	8.857	17.429	5.429

ANOVA

<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Ryhmien välinen	12.786	3	4.262	3.510	0.022	2.783
Ryhmien sisäinen	63.143	52	1.214			
Yhteensä	75.929	55				

Tarkistus (laskettu suoraan varianssista)

75.929

Johtopäätös: $p < 0.05$, joten koeryhmien välillä on tilastollisesti merkitseviä. eroja

Tuorepaino (g)

Keskiarvo	16.92
Varianssi	9.397

	käsittely 1	käsittely 2	käsittely 3	käsittely 4
	16.25	19.08	17.47	17.13
	18.76	17.94	23.00	11.53
	24.96	16.28	21.16	14.11
	18.84	15.37	15.03	14.25
	18.33	17.68	18.95	12.08
	23.72	20.73	13.98	13.40
	17.49	18.20	18.39	10.90
	18.64	17.95	17.67	11.79
	17.61	17.33	18.49	15.23
	17.30	16.56	17.30	15.18
	17.39	16.79	16.30	12.87
	17.69	16.98	16.48	13.53
	19.26	15.98	17.82	11.38
	20.71	20.07	18.26	10.04
ryhmän keskiarvo	19.07	17.64	17.88	13.10
ryhmän varianssi	6.177	2.323	5.171	3.858
Ryhmien väliset neliösummat	64.394	7.234	12.851	204.463
Ryhmien sisäiset neliösummat	80.302	30.205	67.220	50.158

ANOVA

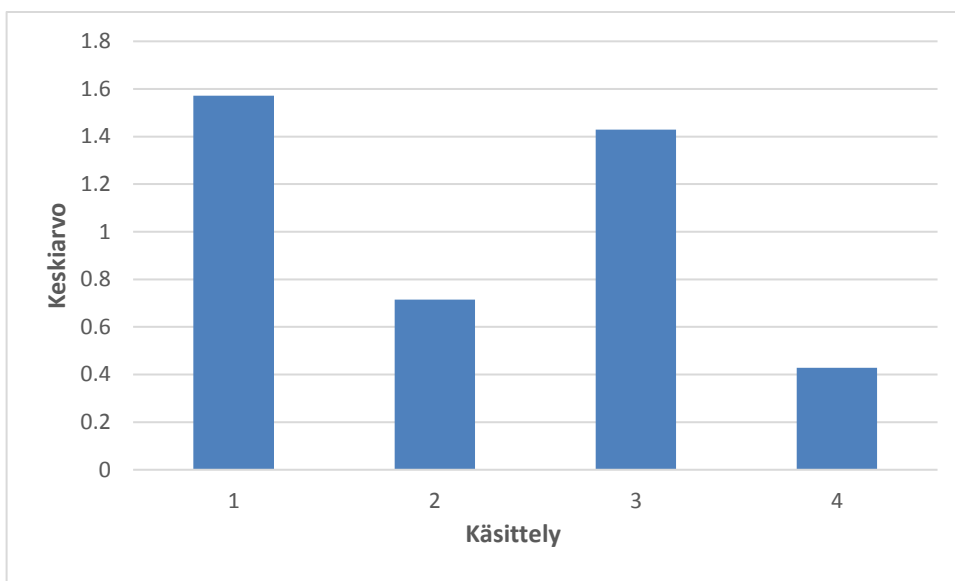
Vaihtelun lähde	SS	df	MS	F	P-arvo	F-kriittinen
Ryhmien välinen	288.942	3	96.314	21.977	<0,001	2.783
Ryhmien sisäinen	227.885	52	4.382			
Yhteensä	516.827	55				

Tarkistus (laskettu suoraan varianssista)

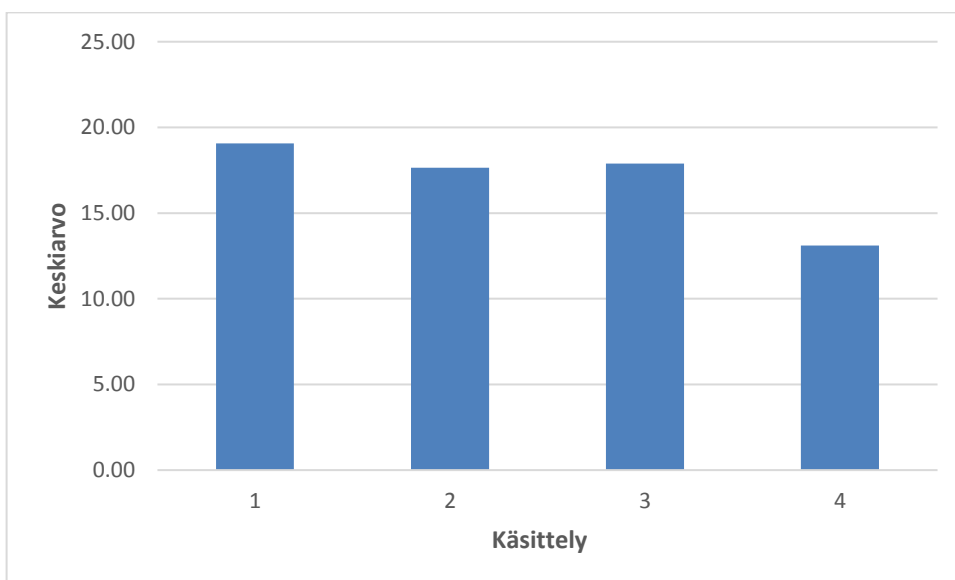
516.827

Johtopäätös: $p < 0.001$, joten koeryhmien välillä on tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja.*SS = sum of squares (neliösumma)**df = degrees of freedom (vapausasteiden lukumäärä)**MS = mean sum of squares (keskimääräinen neliösumma): saadaan jakamalla neliösumma vapausasteiden määrällä**F=F-jakaumaa noudattava testimuuttuja: saadaan jakamalla MS virhetermin MS:llä (virheterminä pidetään tässä sisäistä vaihtelua)**Käytetyssä mallissa virhevaihtelulla viitataan ryhmien sisäiseen vaihteluun**Edellä on laskettu ryhmien välisen ja ryhmien sisäisen neliösumman summasta niin kutsuttu kokonaisneliösumma (Taanila 2012).*

Kuviot 7-8 näyttävät pylväsdiagrammeina varianssien keskiarvot käsittelykohtaisesti kuolleiden salaattien ja tuorepainon osalta.



Kuvio 8. Varianssien keskiarvot käsittelyittäin (kuolleet salaatit).



Kuvio 9. Varianssien keskiarvot käsittelyittäin (tuorepaino)

4.6 Kasvianalyysit



KASVIANALYYSI

Päivämäärä 07/12/17 Asiakasnumero 568566 Tutkimusnumero 56606

Näytteen numero	1	2	3	4	5
HAMK LEPAA KASVIHUONEET KEIJO JUNTUNEN LEPAANTIE 129 14610 LEPAA	Näytteenottoajankohta: 24/11/17 Saapunut: 30/11/17 Aloitettu: 30/11/17 Sivuja yht: 1/1 Merkki: KEKKILÄ OY				
Lähtäjän tunnus	SALAATTI KUIVATTU NÄYTE	SALAATTI KUIVATTU NÄYTE	SALAATTI KUIVATTU NÄYTE	SALAATTI KUIVATTU NÄYTE	
Typpi (N) g/kg	24,5	27,8	26,0	26,4	
Fosfori (P) g/kg	3,97	4,28	4,08	3,54	
Kalium (K) g/kg	49,8	57,8	51,3	57,0	
Kalsium (Ca) g/kg	6,57	7,06	7,60	6,95	
Magnesium (Mg) g/kg	2,09	2,21	2,15	2,13	
Rikki (S) g/kg	2,93	3,39	3,37	3,51	
Rauta (Fe) mg/kg	82	72	75	85	
Boori (B) mg/kg	31	32	29	26	
Kupari (Cu) mg/kg	4	4	3	3	
Mangaani (Mn) mg/kg	100	120	130	110	
Sinkki (Zn) mg/kg	42	49	50	46	
Kasvikoodi	51462	51462	51462	51462	
Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina näytteen kuiva-aineessa. Menetelmänkuvaus saatavana pyynnöstä.					
				Oy HORTILAB Ab <hr/>	

Kuva 2. Hortilabilla teetetyt kasvianalyysit

Kuvasta 2 nähdään kokeen lopuksi Hortilabilla teetettyjen kasvianalyysien tulokset. Kaikista koeryhmistä otettiin viljelyn lopussa kuivatut näytteet, jotka lähetettiin Hortilabille analysoitavaksi. Hortilabin kasvianalyysistä nähdään, mikä oli käsittelyiden vaikutus useimpien ravinteiden pitoisuuksiin eri koeryhmistä otetuissa kuivatuissa näytteissä.

5 TULOSTEN TULKINTA

Kuvista, taulukoista ja kaavioista käy hyvin ilmi valmisteen vaikutus salaattien kasvuun ja kokoon niin juuriston, kuin lehtevyydenkin osalta kaikissa kasvun vaiheissa; ero kasvussa voidaan nähdä jo ensimmäisistä taimikasvatusvaiheen alussa otetuista kuvista (liitteet 1-4). Sama kehitys nähdään taimikasvatusvaiheen lopussa otetuista kuvista (liitteet 5-8), ja vielä selkeämmin valmisteen hyöty ilmenee sadonkorjuukuvista (liitteet 9-11). Sadonkorjuukuvat sekä salaateista, että juuristosta havainnollistavat valmisteen positiivista vaikutusta kasveihin. Käsittelyn saaneet salaatit ovat rehevämpiä ja juuristo vahvempi ja terveempi (liitteet 9-10). Pieniä hiusjuuria on enemmän, ja juuristo on valkoisempi, puhtaampi ja selkeästi runsaampi. Myös muut kokeen aikana tehdyt mittaukset tukevat näitä päätelmiä. Valmisteen käytöllä oli myös selkeä vaikutus satomääriin ja taimien kuolleisuuteen (taulukot 1-2, kuvat 4-9). Koehuoneesta otetut valokuvat antavat yleisluontoisen näkymän koekasvihuoneeseen - kuvissa näkyy satunnaistettuihin koelohkoihin sijoitettuja koejäseniä eri puolilla kasvihuonetta (liite 11).

5.1 Itävyys ja taimettuminen

Salaatintaimien itävyys-, kuten myöskään taimettumisprosentissa ei ollut merkittäviä eroja sen enempää eri kasvualustakäsittelyjen, kuin referenssiryhmänkään välillä. Itävyys- ja taimettumisprosentti oli kaikissa koeryhmissä yli 99 %.

5.2 Sadonkorjuu (tuorepainot)

Tarkastellessa mittaustulosten perusteella sekä yhteenlaskettuja, että erikseen käsittely- ja taimikohtaisia keskiarvoja, niiden mediaaneja ja keskihajontaa, voidaan nähdä, että korkein tuorepaino saavutettiin koeryhmässä 1. Myös yhteenlaskettu satotuotto oli paras koeryhmässä 1. Koeryhmässä 4 sekä yhteenlaskettu satotuotto, että keskimääräinen tuorepaino oli selvästi muita ryhmiä pienempi, ja koeryhmässä 3 hieman korkeampi kuin koeryhmässä 2 (taulukko 1, kuvat 4-5). Käytännössä kaikkien maanparannusainetta saaneiden koejäsenten tuorepainot (keskiarvot = koeryhmä 1: 19,07g, koeryhmä 2: 17,64g, koeryhmä 3: 17,88g;

keskihajonnat = koeryhmä 1: 2,485, N=14, koeryhmä 2: 1,524, N=14, koeryhmä 3: 2,273, N=14) poikkesivat koeryhmän 4, eli referenssiryhmän koejäsenten tuorepainoista (keskiarvo = 13.10g; keskihajonta = 1,964, N=14) (taulukko 1). Erot referenssiryhmän ja muiden koeryhmien välillä osoittautuivat tilastollisesti erittäin merkitseviksi riippumattomien otosten t-testillä: vertailtaessa koeryhmiä 1 ja 4 $t(25) = 7,004$; $p < 0,001$, 2-suuntainen, vertailtaessa koeryhmiä 2 ja 4 $t(25) = 6,817$; $p < 0,001$, 2-suuntainen, vertailtaessa koeryhmiä 3 ja 4 $t(26) = 5,940$; $p < 0,001$, 2-suuntainen. Maanparannusainetta saaneiden koeryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3). Pylväsdiagrammit havainnollistavat eri käsittelyiden välille syntyneitä eroja satomäärissä (kuviot 4-5).

Ero salaattien tuorepainossa referenssiryhmän, ja kaikkien maanparannusainetta saaneiden koeryhmien välillä on tilastollisesti erittäin merkitsevä (p -arvo $< 0,001$) (taulukko 3).

Korkein kokeen lopuksi mitattu tuorepaino, niin keskiarvoltaan kuin yhteenlaskettunakin, saavutettiin koeryhmässä 1, joka sai suurimman määrän testattavaa valmistetta. Pienimmät tuorepainot mitattiin koeryhmässä 4, joka ei referenssiryhmänä saanut lainkaan testattavaa valmistetta (taulukko 1, kuviot 4-5).

Keskiarvoa ja mediaania vertaamalla voidaan nähdä, että mittauksissa ei ollut kokeen loppuvaiheessa tuorepainon suhteen merkittäviä, erityisen suuria yksittäisiä poikkeamia (taulukko 1).

Koska koe jouduttiin päättämään tauti-infektioiden vuoksi etuajassa, eivät kokeessa viljellyt salaattimet ehtineet saavuttaa kaupakuntoisen (jää)salaatin rajana pidettyä 100 gramman taimikohtaista tuorepainoa. Taimien tuorepaino jäi lopulta keskiarvoltaan alle 20 gramman (Kauppa puutarhaliitto 2010, Mäki-Hollanti 2015, s.5). Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä kokeen tuloksista tehtyjen johtopäätösten kannalta.

Koeryhmän 3 tuorepainot olivat koeryhmää 2 korkeammat. Koeryhmä 2 ja koeryhmä 3 saivat saman määrän eri mikrobivalmistetta. Tämä tukee sitä johtopäätöstä, että koeryhmän 3 saamalla valmisteella näyttäisi olevan koeryhmän 2 saamaa valmistetta positiivisempi vaikutus salaattien lopulliseen taimikohtaiseen tuorepainoon (kuvio 4). Olennaisinta kokeesta saaduissa tuloksissa kuitenkin lienee se, että merkittävimmät (tilastollisesti erittäin merkitsevät) erot saavutettiin maanparannusainetta saaneiden koeryhmien ja referenssiryhmän välillä, kun taas maanparannusainetta saaneiden koeryhmien väliset erot eivät t-testillä laskettujen p -arvojen perusteella ole tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3). Otannan ollessa näin laaja (reunakasveja lukuun ottamatta kaikissa koeryhmissä oli 98 koejäsentä) voidaan tuloksia, ja niistä havaituista korrelaatioista tehtyjä johtopäätöksiä pitää melko luotettavina.

5.3 Taimikuolleisuus

Kuolleiden taimien määrä oli pienin koeryhmässä 4. Toiseksi pienin kuolleiden taimien määrä oli koeryhmässä 2. Suurin määrä kuolleita taimia oli koeryhmässä 1. Koeryhmässä 3 kuolleita taimia oli lähes yhtä paljon kuin koeryhmässä 4. Keskiarvoa ja mediaania vertaamalla voidaan nähdä, että mittauksissa ei ollut taimikuolleisuuden suhteen merkittäviä, erityisen suuria yksittäisiä poikkeamia (taulukko 2).

Erot kuolleiden taimien määrässä referenssiryhmän ja koeryhmien 1 ja 3 välillä osoittautuivat tilastollisesti merkitseviksi riippumattomien otosten t-testillä: vertailtaessa koeryhmiä 1 ja 4 $t(17) = 2,518$; $p = 0,02$, 2-suuntainen, vertailtaessa koeryhmiä 3 ja 4 $t(20) = 2,822$; $p = 0,01$, 2-suuntainen. Koeryhmän 2 ja koeryhmän 4 välinen ero kuolleiden taimien lukumäärässä ei ollut tilastollisesti merkitsevä: vertailtaessa koeryhmiä 2 ja 4 riippumattomien otosten t-testillä $t(25) = 1,071$; $p = 0,3$, 2-suuntainen. Erot taimien kuolleisuudessa maanparannusainetta saaneiden koeryhmien välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 3). Pylväsdiagrammit havainnollistavat osaltaan sitä, kuinka paljon taimia on keskimäärin kuollut kunkin koeryhmän 14 toistossa, ja sitä, kuinka monta taimea on kaiken kaikkiaan kuollut kussakin käsittelyssä kokeen aikana (kuviot 6-7).

Kokeen loppuvaiheessa kasvualustoihin ilmaantui taimien juuria nakertavia pieniä toukkia, ja luultavasti tämän seurauksena juuristoon iski myös pythium-tartunta, jonka vuoksi koe jouduttiin lopulta purkamaan jonkin verran suunniteltua aiemmin. Kuolleiden salaattien määrä kokeen aikana oli korkein koeryhmässä 1, jonka koejäsenet saivat suurimman määrän maanparannusainetta. Vähiten kuolleita salaatteja oli keskiarvon perusteella referenssiryhmässä. Kuolleiden salaattien määrä oli keskiarvoltaan selvästi pienempi myös vähemmän valmistetta saaneessa koeryhmässä 2. Lähes yhtä korkea kuolleisuus kuin koeryhmässä 1 saavutettiin koeryhmässä 3, jonka koejäsenet saivat kokeen alussa vaihtoehtoista mikroökalmistusta samalla annostusmäärällä, kuin koeryhmä 2.

Tautikuvissa näkyy kuolleita taimia ja kokeen aikana ilmenneitä toukkien ja pythiumin aiheuttamia vioituksia yleisluontoisesti, sekä satunnaisesti kuvatuissa koejäsenissä (liite 12).

5.4 Johtokyky

Kuviosta 1 nähdään, että koeryhmän 4 johtokyky pysyi koko kokeen ajan muita koeryhmiä matalammalla tasolla. Korkeimmat johtokyvyt olivat koeryhmässä 1, vaikka koeryhmän 3 johtokyky oli kokeen alussa ensimmäisessä mittauksessa kaikkein korkein. Tulokset näyttävät siis varsin selvästi ainakin sen, että maanparannusainetta saaneiden koeryhmien johtokyvyt ovat olleet järjestään referenssiryhmää (koeryhmä 4) korkeammat. Tuloksesta voidaan myös nähdä se, että vaihtoehtoista testituotetta saaneen

koeryhmän johtokyky on jopa vähäisemmästä annostuksesta riippumatta noussut viljelyn alussa muita korkeammaksi. Valmisteen johtokykyä nostava vaikutus väheni kasvatuksen loppua kohden; kaikkien koeryhmien johtokyky laski lähes referenssiryhmän tasolle, eikä viimeisessä mittauksessa valmistetta saaneiden koeryhmien välisissä johtokyvyissä ollut enää merkittäviä eroja. Kaikilla koeryhmillä on ollut käytössä sama antoliuos.

Johtokyky pysyi siis koko kokeen ajan sitä korkeammalla, mitä enemmän testattavaa valmistetta käytettiin. Koeryhmän 3 saama vaihtoehtoinen valmiste nosti johtokykyä (kuten voitiin etukäteen valmisteen tyyppin perusteella olettaa) voimakkaammin, kuin koeryhmien 1 ja 2 saama valmiste. Erot johtokyvyissä tasoittuivat kokeen loppua kohden. Koeryhmän 3 johtokyky oli kuitenkin koko jakson ajan korkeampi kuin koeryhmän 2.

5.5 Nitraattityppi

Samansuuntainen vaikutus käsittelyillä voidaan havaita myös kuviosta 2 nähtävissä, kasveista mitatuissa nitraattityppipitoisuuksissa. Nitraattityypin määrä on ollut ensimmäisissä 1,5 viikon ja 2,5 viikon kohdalla tehdyissä mittauksissa suurin koeryhmässä 1. Toiseksi suurimmat nitraattipitoisuudet samoilla viikoilla mitattiin koeryhmästä 3. Nämäkin erot olivat kokeen alkuvaiheessa suuremmat ja tasoittuivat loppua kohden. Ainoastaan koeryhmän 3 nitraattityppi-pitoisuus jäi viimeisessäkin mittauksessa muita selvästi korkeammaksi. Erot referenssiryhmän ja muiden maanparannusainetta saaneiden koeryhmien välillä on kaavioista nähtävissä sekä johtokyvyn, että nitraattityppipitoisuuden osalta. Alimmalla tasolla nitraattipitoisuudet pysyivät koko kokeen ajan koeryhmässä 4. Kokeen korkeimmat nitraattityppipitoisuudet mitattiin 2,5 viikon kohdalla koeryhmässä 2. Korkein nitraattityppipitoisuus kasvatuskokeen lopussa mitattiin koeryhmästä 3.

Koeryhmä 1 sai suurimman määrän testattavaa valmistetta, ja koeryhmän 1 nitraattityppitasot olivat aiemmilla viikoilla muita korkeammalla tasolla. Koeryhmän 1 nitraattityppipitoisuudet nousivat alussa selvästi muita koeryhmiä korkeammalle, mutta olennaista on se, että ravinneliuoksen nitraattityppipitoisuus laski kokeen loppuun ja viimeiseen mittaukseen mennessä koeryhmässä 1 kuitenkin jopa muita maanparannusainetta saaneita koeryhmiä alemmalle tasolle. Koeryhmän 3 nitraattityppipitoisuus oli ensimmäisessä mittauksessa toiseksi korkein, ja viimeisessä korkein. Tämän voi päätellä johtuvan koeryhmän 3 saaman vaihtoehtoisen mikrobivalmisteen luonteesta (kuvio 2).

5.6 Happamuus

Ravinneliuoksen pH-arvo nousi välillä referenssikäsittelyssä muita koeryhmiä korkeammalle, mutta tämäkin ero tasoittui viimeiseen, 4,5 viikon

kohdalla tehtyyn mittaukseen mennessä. Vaikutus käy hyvin ilmi eri viikoilla mitatuista pH-arvoista piirretystä viivadiagrammista. (kuvio 3).

Tutkimuksessa testattavan mikrobivalmisteen käytöllä ei ole mittaustulosten perusteella ja koeryhmien välillä nähtävistä eroista päätellen viljelyn näkökulmasta merkittävää vaikutusta happamuuteen. Viivadiagrammeista voidaan nähdä pH-arvon vaihtelun olleen kuitenkin hieman referenssiryhmää vähäisempää kaikissa valmistetta saaneissa koeryhmissä (kuvio 3).

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Testattavalla valmisteella saatiin selkeitä eroja eri käsittelyiden ja referenssiryhmän välille. Aihetta on kuitenkin myös jatkotutkimuksille. Koska koe jouduttiin päättämään etuajassa, tulisi tutkittavan tuotteen vaikutus loppuun asti kasvatettujen salaattien satoon selvittää. Valmisteen osallisuutta tähänkin kokeeseen iskeneisiin infektioihin tulisi tutkia enemmän. Myös valmisteen vaikutus taimikuolleisuuteen vaatii lisäselvityksiä. Lisätutkimuksia voisi suorittaa myös luomulannoituksen ja tutkittavan maanparannusaineen hyödyistä salaatin vesiviljelyssä tavanomaiseen viljelyyn verrattuna.

Valmisteella ei ollut havaittavaa vaikutusta salaattien itävyyteen, sillä itävyysprosentti oli kaikissa koeryhmissä yli 99 prosenttia. Tästä voidaan siis päätellä ainoastaan, että testattavalla valmisteella ei ole ollut sen enempää positiivista, kuin negatiivistakaan vaikutusta taimien itävyyteen.

Valmisteella ei ollut merkittävää vaikutusta myöskään salaattien taimettumisprosenttiin, sillä sekin oli kaikissa koeryhmissä yli 99 prosenttia. Tästä voidaan siis päätellä ainoastaan, että testattavalla valmisteella ei ole ollut positiivista, eikä negatiivista vaikutusta siihen, kuinka suuri prosentti itäneistä taimista taimettuu.

Tuorepainoja vertaamalla voidaan päätellä, että lisäämällä testattavaa valmistetta kokeessa käytettyyn kasvualustaseokseen salaatin NFT-viljelyn alkuvaiheessa voidaan saavuttaa korkeampi keskimääräinen keräkohtainen tuorepaino, kuin jos kyseistä valmistetta ei käytetä, tai mikäli sitä käytetään vähäisemmällä annostuksella. Tätä johtopäätöstä tukee myös se havainto, että vähäisemmän määrän maanparannusainetta saaneiden koeryhmien tuorepainot asettuivat valmistetta saaneen koeryhmän ja valmistetta saamattoman referenssiryhmän välille.

Tuloksista voidaan myös päätellä, että tutkittavalla valmisteella oli kokeessa ei-toivottu vaikutus taimien kuolleisuuteen. Tuloksista päätellen koeryhmän 3 saamalla vaihtoehtoisella valmisteella oli vielä tätäkin voimakkaampi negatiivinen vaikutus salaattien kuolleisuuteen (kuviot 6-7).

On kuitenkin huomattava, että vaikka kuolleiden taimien määrä oli korkein koeryhmässä 1, saavutettiin tässä ryhmässä siitä huolimatta myös paras satotuotto sekä taimikohtaisesti, että kokonaismäärältään yhteenlaskettuna. Taudeilla ja taimikuolleisuudella eri käsittelyissä ei siis voida nähdä suoraa korrelaatiota satomääriin.

Kokeessa ei ollut tarkoitus tutkia tauteja tai tuholaisia, eikä kokeen aikana ilmenneillä infektioilla ja testattavan tuotteen käytöllä voida tulkita olleen minkäänlaista yhteyttä. Kuolleisuus oli kuitenkin käsittelyn saaneissa ryhmissä referenssiryhmää korkeampi, mutta olennaista on tuloksia ajatellen se, että referenssiryhmän yhteenlaskettu tuorepaino oli silti kokeen pienin.

Tulosten perusteella voi päätellä, että tutkittavaa valmistetta käyttämällä salaatin NFT-viljely voidaan toteuttaa vähäisemmällä kastelulannoituksella, kuin jos kyseistä tuotetta ei käytetä. Tulosten perusteella koeryhmän 3 saamalla vaihtoehtoisella valmisteella on koeryhmien 2 ja 4 saamaa valmistetta lievästi voimakkaampi johtokykyä kohottava vaikutus ainakin viljelyn alkuvaiheessa (kuvio 1). Viivadiagrammeista voidaan havaita pientä, joskaan ei täysin suoraa, korrelaatiota nitraattityypen määrän ja mitattujen johtokykyjen välillä (kuviot 1-2).

Kokeen aikana mitatuista ravinneliuksen nitraattityppipitoisuuksista voidaan päätellä koeryhmien 1 ja 2 saaman mikrobivalmisteen edistävän koeryhmän 3 saamaa valmistetta tehokkaammin typen jalostumista kasville käyttökelpoiseen muotoon. Mitä enemmän typpeä jalostuu prosessissa kasville käyttökelpoiseen muotoon, sitä vähemmän sitä jää kasvin solunesteeseen nitraattina ja nitriittinä (Luomuliitto 2013).

Toisin sanoen koeryhmien 1 ja 2 saaman mikrobivalmisteen voidaan päätellä toimivan paremmin maanparannusaineen tavoin salaatin NFT-viljelyssä, koska se on mikrobitoiminnan kannalta tehokkaampaa. Lisäksi koeryhmän 3 saaman mikrobivalmisteen voi päätellä kokeessa saatujen tulosten perusteella olevan hivenen ravinteikkaampaa. Niinpä kyseistä valmistetta käytettäessä tulisi ainakin muun peruslannoituksen mukana annettavan typen määrää vähentää. Tämä johtaa luonnollisesti väistämättä siihen, että kasville käyttökelpoisen typen määrä on vähäisempi, ja siitä huolimatta kasvista mitattavat nitraattipitoisuudet korkeammat, kuin jos käytetään ryhmien 1 ja 2 saamaa valmistetta samalla annostuksella. Kummallakin maanparannusaineella on kuitenkin kiistattomia hyötyjä orgaanisena lisänä NFT-tyyppisesti toteutettavassa viljelyssä, jossa väliainetta on käytössä hyvin pieni määrä. Tulokset osoittavat, että suhteellisen vähäisenkin määrän kokeessa käytössä ollutta aktiivista, väliaineena käytettävää kasvuvalustaa on tutkittavana ollutta maanparannusainetta käytettäessä tarpeeksi riittävän aktiivisen, kasville kiistatta hyödyllisen ja luomuviljelyssä jopa elintärkeän mikrobitoiminnan ylläpitämiseksi.

Mittaustulosten perusteella maanparannusaineella näyttää olevan jossain määrin pH:ta stabilisoiva vaikutus myös NFT-tyyppisesti toteutettavassa viljelyssä, vaikka tällä erolla ei kokeen perusteella ole viljelyn kannalta kovin merkittävää vaikutusta (kuvio 3).

Hortilabin kasvianalyysistä nähdään, ettei käsittelyillä ollut vaikutusta useimpien ravinteiden pitoisuuksiin valmiista, kuivatuista salaateista otetuissa näytteissä.

LÄHTEET

Aaltonen M. (22.10.2007), Salaattipöytään löytyy valinnanvaraa, s.1. Maa-seudun tiede. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

<http://www.mtt.fi/maaseuduntiede/pdf/mtt-mt-v64n02s14a.pdf>

Ala-Mettälä, M. (27.5.2009), Luomusalaatit peittoavat puhtaudessa tavalliset salaatit. Yle uutiset. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

<https://yle.fi/uutiset/3-5257399>

Airaksinen, J. (2013), *Ruokohelpihakkeen, matomullan ja kompostoidun kananlannan kasvualustakäyttö jääsalaatin kasvihuoneviljelyssä*, s.13. Opinnäytetyö, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, Karelia-ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58255/Airaksinen_Janne.pdf?sequence=1

Brady, C, Weil, R (1996), The nature and properties of soils, s.543-544, 545-546, 548-549, 551-552, 553, 648. Pearson education.

Dr. Morgan, L. (1999). *Hydroponic Lettuce Production, (Nutrient Film Technique (NFT) Production of Lettuce)*, s.1, 2-3. Casper Pub. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

https://www.hort.vt.edu/ghvegetables/documents/Hydroponics/Nutrient%20Film%20Technique%20Lettuce_LMorgan.pdf

Immonen, A. (10.10.2018), Luomuruoan suosio kasvaa, mutta osuus markkinoista on silti vaatimaton – ”Siitä on tullut osa normaalia arkea”. Moreenimedia. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

<https://moreenimedia.uta.fi/2018/10/10/luomuruoan-suosio-kasvaa-mutta-osuus-markkinoista-on-yha-vaatimaton-siita-on-tullut-osa-normaalia-arkea/>

Jaakkola, E. (2009), *Automaattisen pH- ja johtolukumittauslaitteiston käyttöönotto ja validointi*, s.9-12. Opinnäytetyö, laboratorioalan koulutusohjelma, Turun ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/5554/Jaakkola_Elina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jäämät vähissä, nitraattia niukasti (n.d.). Luomu.fi. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

<https://luomu.fi/miksi-luomua/elintarviketurvallisuus/>

Kallinen, M. (2011), LED-valaistuksen kustannustehokas käyttö salaatin viljelyssä. Opinnäytetyö, puutarhatalouden koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28181/Kallinen_Minna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ketola, E. (2012), *Jääsalaatin kasvuolojen ja laadun optimointi LED-valotuksessa*, s.3. Opinnäytetyö, puutarhatalouden koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52659/Ketola_Eveliina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Komission asetus (EY) N:o 1881/2006 (19.3.2018). EUR-Lex. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1538990451527&uri=CELEX:02006R1881-20180319>

Kujala, A. (2015), *Salaatin hybridivalotus*, s.1. Opinnäytetyö, puutarhatalouden koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93511/Kujala_Arsi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lavola, A. (8.11.2018), Selvitys salaattien välisistä eroista ravintoaineissa ja muissa kasviyhdisteissä, s.1. Mahdollisuuksia jatkojalostukseen –hanke, Itä-Suomen Yliopisto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://pkky-wp.pkky.fi/luonnostatuotteeksi/wp-content/uploads/2018/12/Salaatin-ravinteet-ja-muut-kasviyhdisteet.pdf>

Luomun myynnin kasvu jatkui viime vuonna (26.2.2019). ProLuomu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://proluomu.fi/luomun-myyntin-kasvu-jatkui-viime-vuonna/>

Luomun suosio kasvaa hitaasti (2.10.2001). Yle. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://yle.fi/uutiset/3-5112744>

Luomutuotteissa selvästi vähemmän nitraattia (13.12.2013). Luomuliitto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://www.luomuliitto.fi/luomutuotteissa-vahemman-nitraattia/>

Luonnonmukainen lannoitus (n.d.). Yrttitarha. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://www.yrttitarha.fi/tietopankki/abc/lannoi.html>

Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljely typpi- ja fosforihuuhtoutumat (5.5.2002). Luomu.fi. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://luomu.fi/tietopankki/luonnonmukaisen-ja-tavanomaisen-viljelyn-typpi-ja-fosforihuuhtoutumat/>

Me (n.d.). Ikaalisten luomu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://ikaalistenluomu.fi/me/>

Monipuoliset salaattit tuovat vihreyttä ja keveyttä kesälautaselle (9.7.2015). Luke. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://www.luke.fi/uutiset/monipuoliset-salaattit-tuovat-vihreytta-ja-keveytta-kesalautaselle/>

Mäki-Hollanti, P. (2015). *Uusia salaattilajikkeita markkinoille*, s. 5. Opin- näytetyö, puutarhatalouden koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkea- koulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88476/maki_hollanti_paula.pdf?sequence=3&isAllowed=y

NFT (Nutrient Film Technique) System (n.d.). Home Hydro System. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
http://www.homehydrosystems.com/hydroponic-systems/nft_systems.html

Nitraattit kasviksissa? (4.10.2016). Luomuliitto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://www.luomuliitto.fi/nitraattit-kasviksissa/>

Nitraatti (n.d.). Ruokavirasto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/kontaminantit/nitraatti/>

Nitriitti ja nitraatti (30.5.2013). Terve Media Oy. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://www.terve.fi/artikkelit/nitriitti-ja-nitraatti>

Nutrient Film Technique (n.d.). Wikipedia. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
https://en.wikipedia.org/wiki/Nutrient_film_technique

Rajala, J. Kalkituksen ja hivenlannoituksen suunnittelu (2005), s.183-184. Helsingin Yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://luomu.fi/tietoverkko/wp-content/uploads/sites/5/2014/12/5.7.-5.8.-Kalkitus-ja-hivenlann-190405.pdf> s.183-184

Ruuasta voi saada liikaa nitriittejä (17.12.2013). Ruokatieto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<https://www.ruokatieto.fi/uutiset/ruuasta-voi-saada-liikaa-nitriittia>

Salaattit (n.d.). Puhtaasti kotimainen. Haettu 14.5.2019 osoitteesta
<http://www.puhtaastikotimainen.fi/tuotteet/salaattit/>

Salaatit ja yrtit (n.d.). Kauppapuutarhaliitto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://kauppapuutarhaliitto.fi/tietoa-kasvihuonealasta/vihannesten-viljely-kasvihuoneissa/salaatit-ja-yrtit/>

Sarlin, J. (2017). *Kalsiumnitraatin käyttömäärän vaikutus jääsalaatin saatoon ja laatuun*, s.9, 17, 36. Opinnäytetyö, tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma, Turun ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/152167/Sarlin_Jaana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sarvikas, P., Suorsa, M., Rintamäki, E., Vapaavuori, E., Aro, E., Tyystjärvi, E. (2017). *Fotosynteesi*, s.128. Books on Demand GmbH, Helsinki, Suomi. Haettu 14.5.2019 osoitteesta https://books.google.fi/books?id=PWB0DwAAQBAJ&pg=PA128&lpg=PA128&dq=nitraatti+viherhiukka-set&source=bl&ots=LevV_P_4qr&sig=ACfU3U3J2g3xq4cqLR_ytJ0xppy-QgbzsAQ&hl=fi&sa=X&ved=2ahUKEwjyo9q3soH-hAhVti8MKHTU9DMoQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=nitraatti%20viherhiukkaset&f=false

Suojala-Ahlfors, T, Kallela, M, Vanhala, P. (2008), *Vihannesten lajikokeita tiloilla ja koekentillä*, s.14. MTT. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts163.pdf>

Seppänen, H. (2015). *Kotipuutarhurin vesiviljelyopas*, s.17, 21-22, s.42. Opinnäytetyö, puutarhatalouden koulutusohjelma, Oulun ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/101073/Seppanen.Heikki.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sääksjärvi, K., Reinivuo, H. (2004). *Ruokamittoja*, s.6. Kansanterveyslaitos. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <http://koulut.tampere.fi/materiaalit/os/taulukkoita/ruokamittoja.pdf>

Taanila, A. (28.9.2012), *Varianssianalyysi*. Tilastoapu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/09/28/yksisuuntainen-variantsianalyysi/>

The history of lettuce (2018). Heirloom Gardener. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.heirloomgardener.com/plant-profiles/edible/the-history-of-lettuce-zm0z18szphe>

Tietopaketti salaateista (2017). MTK. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

https://www.mtk.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotteet_2017/elokuu/fi_FI/tietopaketti_salaateista/

Tikkanen, J. (28.7.2008), Nitraattipitoisuus luomusalaateissa on hyvin alhainen. Puutarha-Sanomat. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://puutarha-sanomat.fi/arkistot/13243>

Tokeensuu, L. (2014). *Haravointijättekompostin käyttö kasvualustan valmistamisessa*, s.22. Opinnäytetyö, teknologiaosaamisen koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/85507/Haravointijatekompostin%20kaytto%20kasvualustan%20valmistamisessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Typen kierto (n.d.). Pelastajärvi.fi. Haettu 14.5.2019 osoitteesta http://www.pelastajarvi.fi/typen_kierto

Typen kierto (n.d.). Peda.net. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://peda.net/vierema/vierem%C3%A4nlukio/oppiaineet2/biologia/biologia/b3vo/symbioosi3-090115/1hvve/10-2-typen-kierto>

Usein kysyttyä nitraatista ja nitriitistä (n.d.). Ruokavirasto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/elintarvikeparanteet/lisaaineet/tietoa-yksittaisista-aineista/nitraatti/usein-kysyttya-nitraatista-ja-nitriitista/>

van Emden, H., (2008), *Statistics for terrified biologists*, s. 107. Blackwell publishing.

Varkoi, J. (2016). *Ravinteiden kulutus vesiviljelyssä*, s.2, 5. Opinnäytetyö, kemian tekniikan koulutusohjelma, Metropolia ammattikorkeakoulu. Haettu 14.5.2019 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104871/Varkoi_Joonas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vesiviljely – viljelyä ilman multaa (7.3.2013). Puutarha.net. Haettu 14.5.2019 osoitteesta https://puutarha.net/artikkelit/9076/vesiviljelysta_tarkemmin.htm

Viljelijöiden tarkennukset ruukkusalaattien ja yrttien laatuvaatimuksiin (2010). Kauppapuutarhaliitto. Haettu 14.5.2019 osoitteesta <https://kauppapuutarhaliitto.fi/wp-content/uploads/2018/12/Viljelij%C3%B6iden-tarkennukset-ruukkusalaattien-ja-yrttien-laatuvaatimuksiin.pdf>

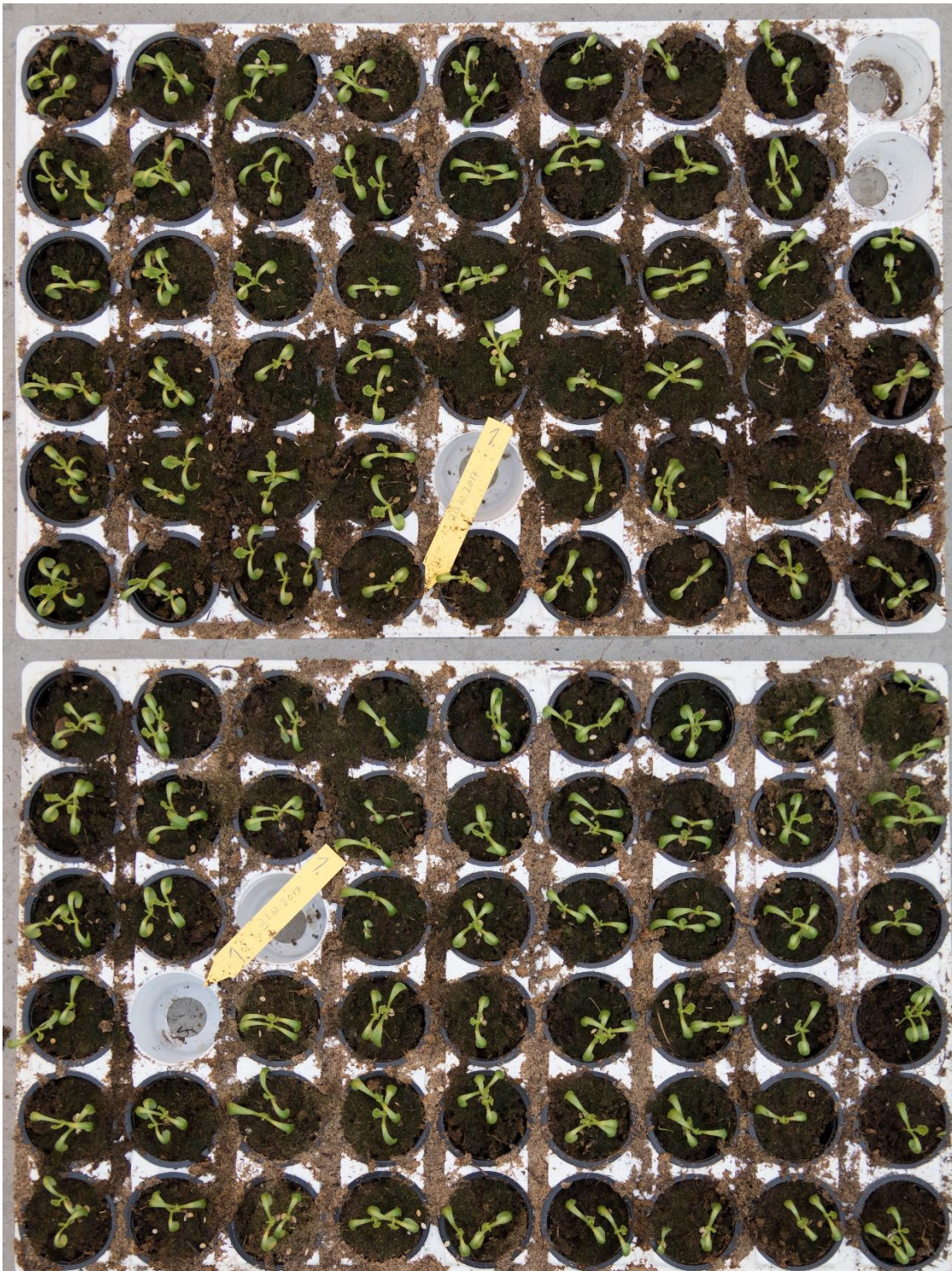
Vuosi 2007: salaatit (2007). Kainuun Puutarhayhdistys ry. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

http://kainuunpuutarhayhdistys.fi/2013/?page_id=136

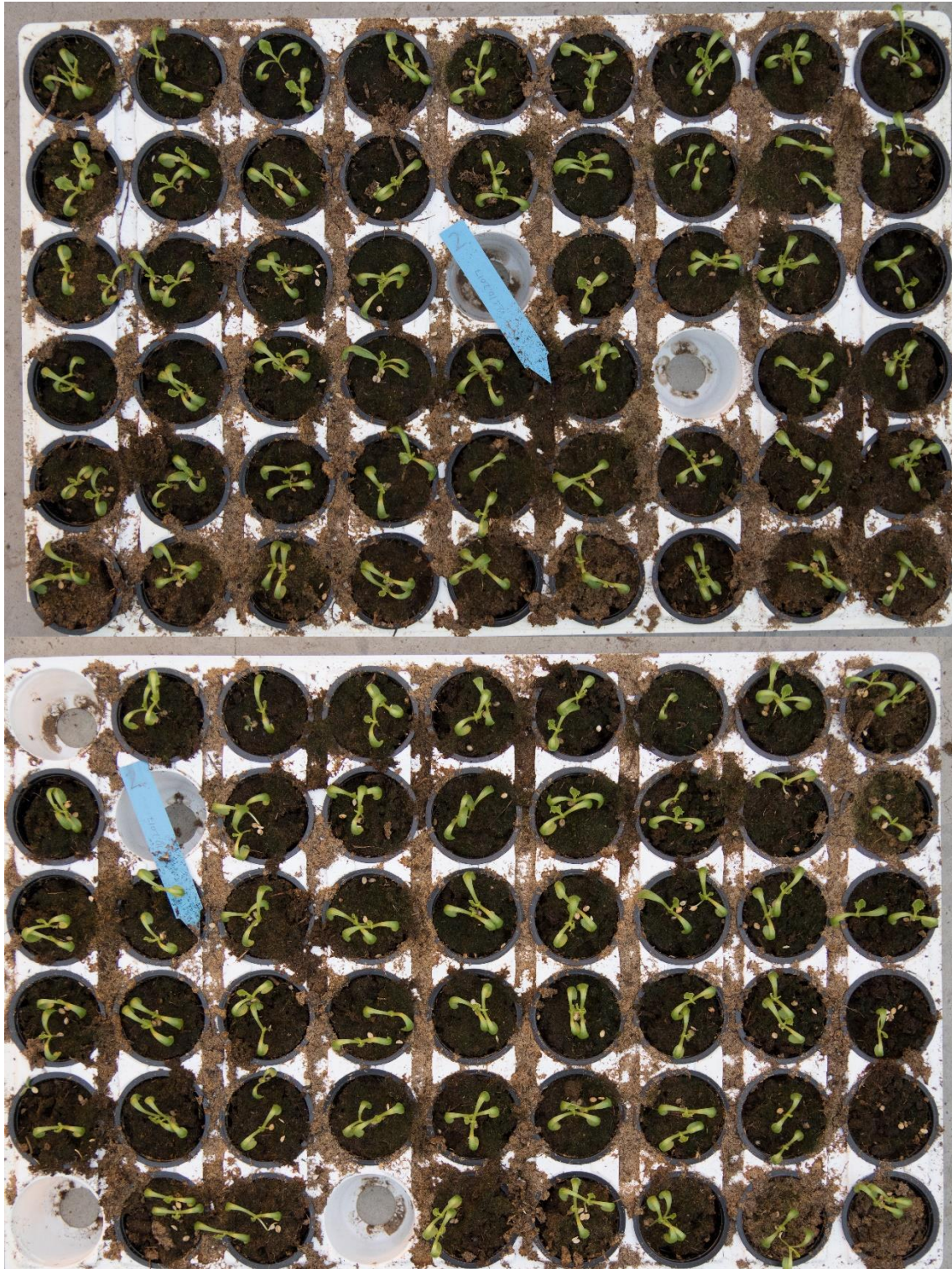
Water treatment issues: nitrates and nitrites (2008). Pure water occasional. Haettu 14.5.2019 osoitteesta

<http://www.purewateroccasional.net/wtinitratesandnitrites.html>

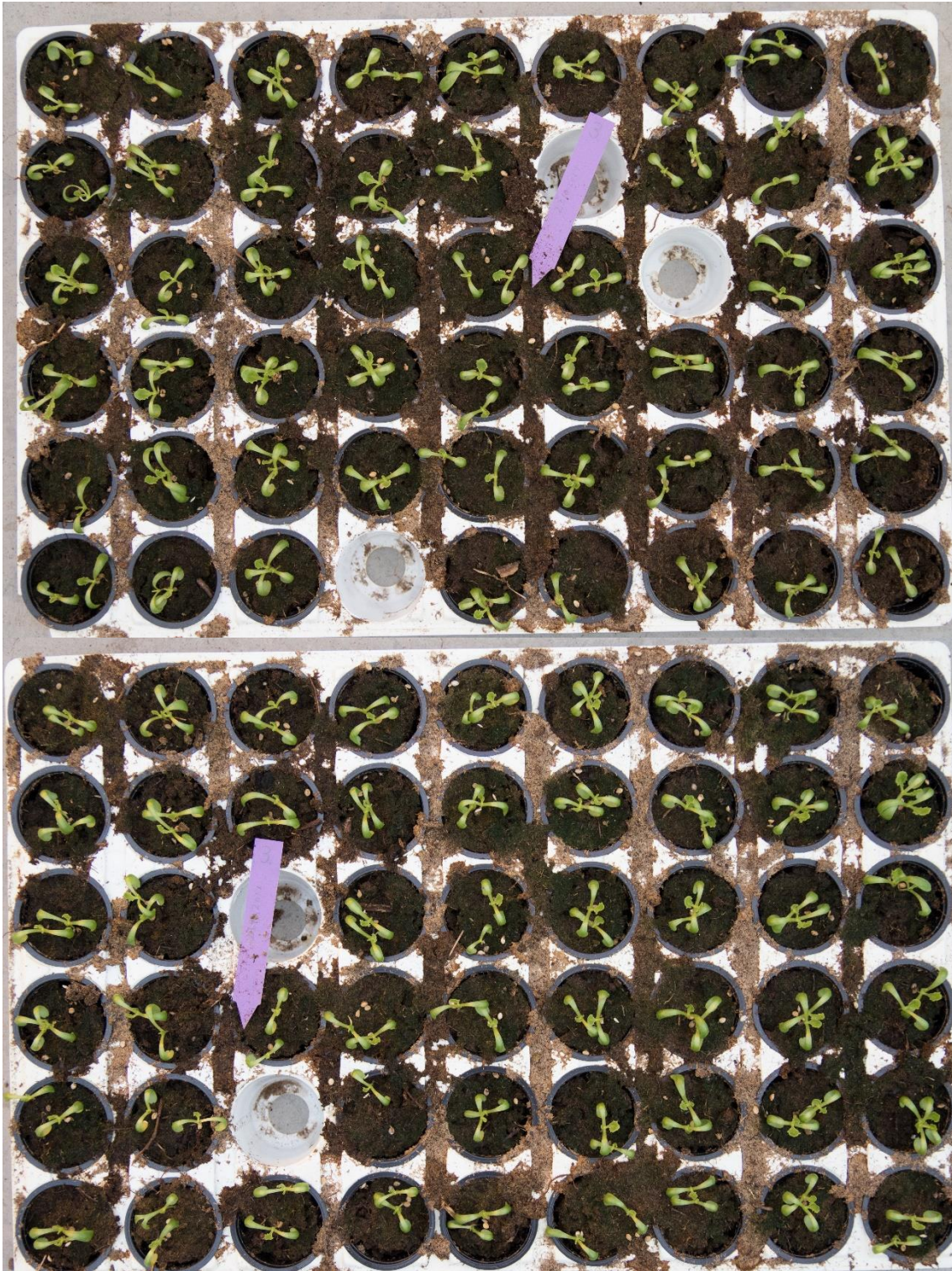
TAIMIKASVATUSVAIHEEN ALKU, KÄSITTELY 1



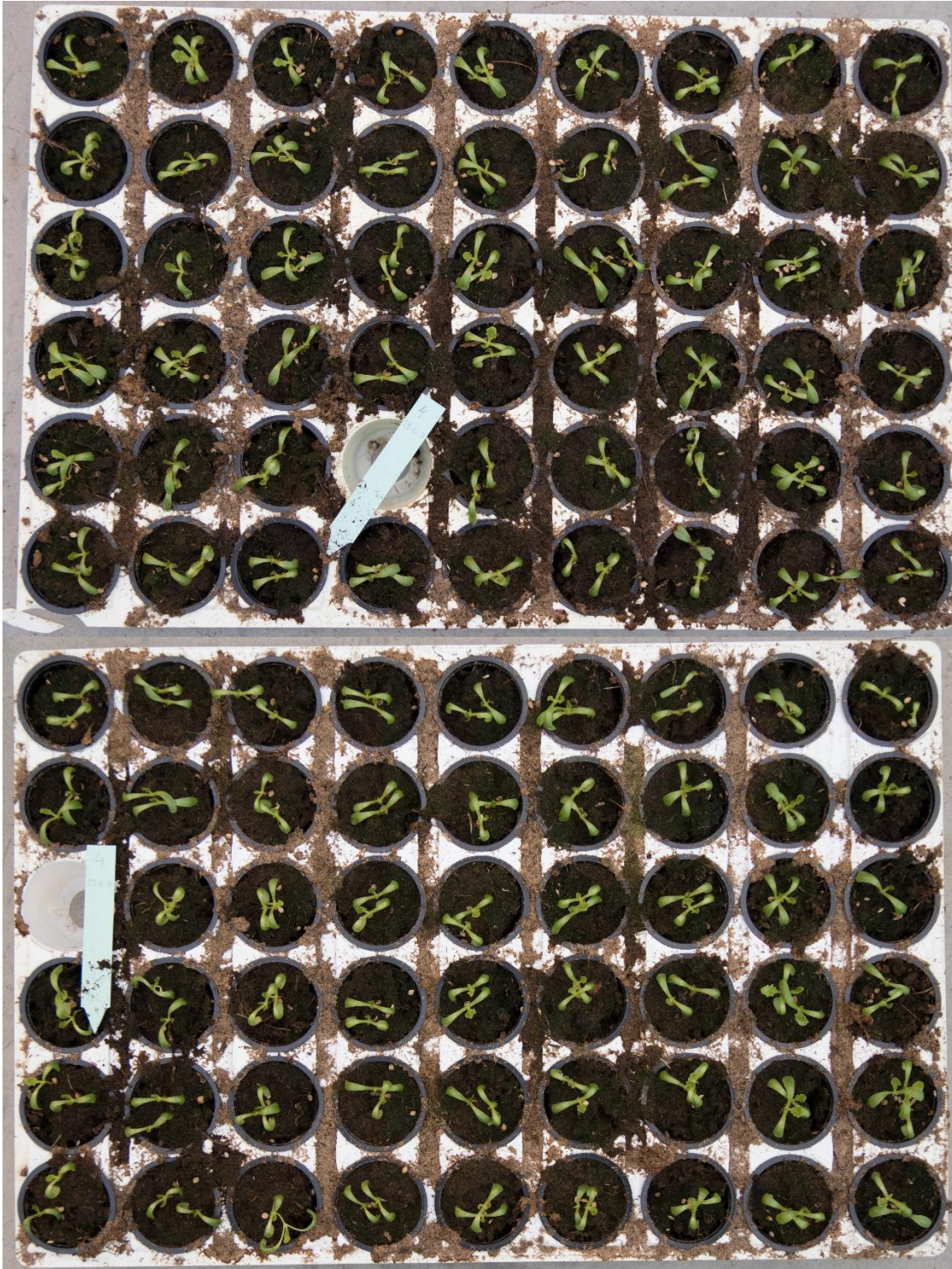
TAIMIKASVATUSVAIHEEN ALKU, KÄSITTELY 2



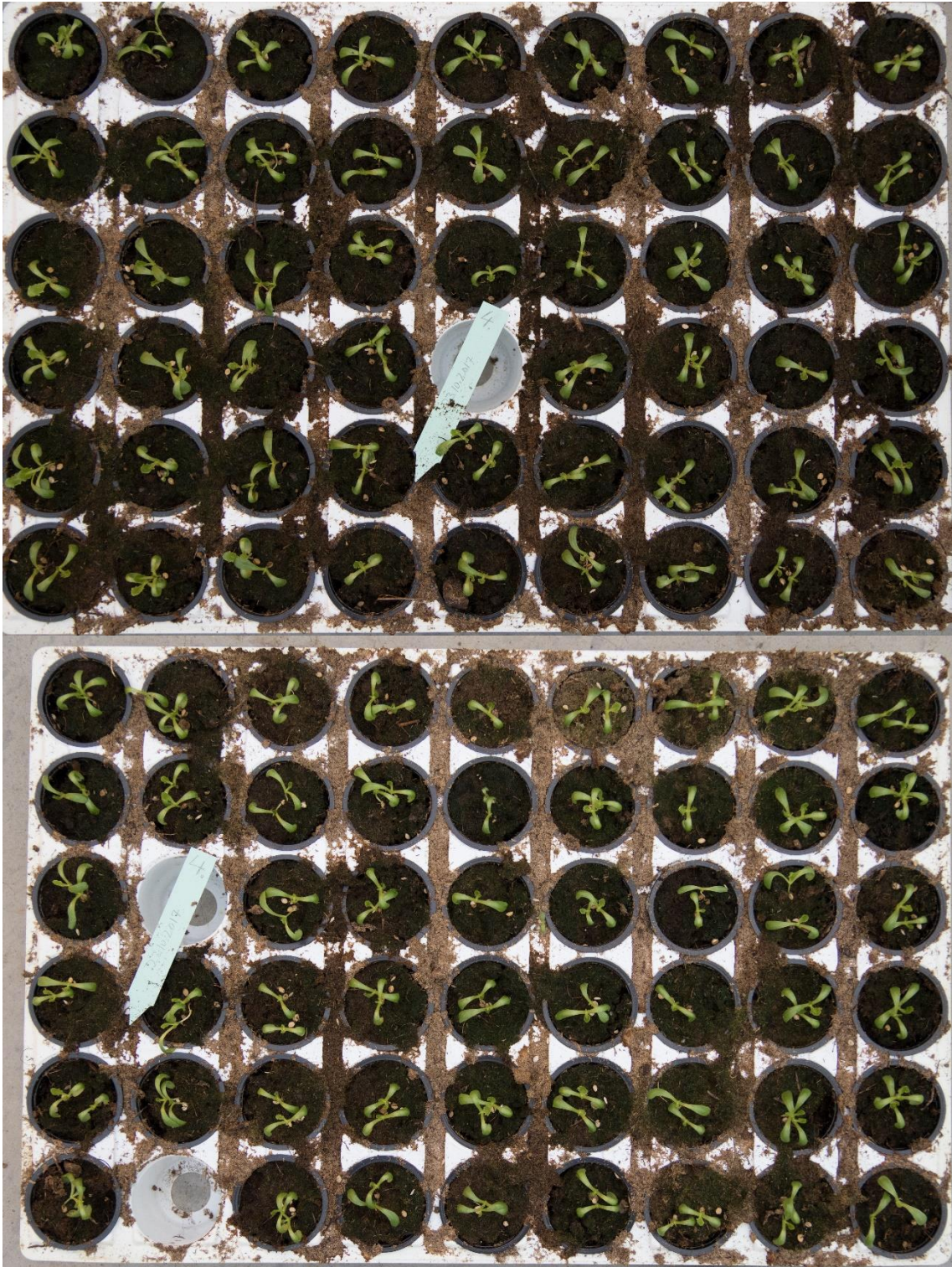
TAIMIKASVATUSVAIHEEN ALKU, KÄSITTELY 3



TAIMIKASVATUSVAIHEEN ALKU, KÄSITTELY 4 (1/2)



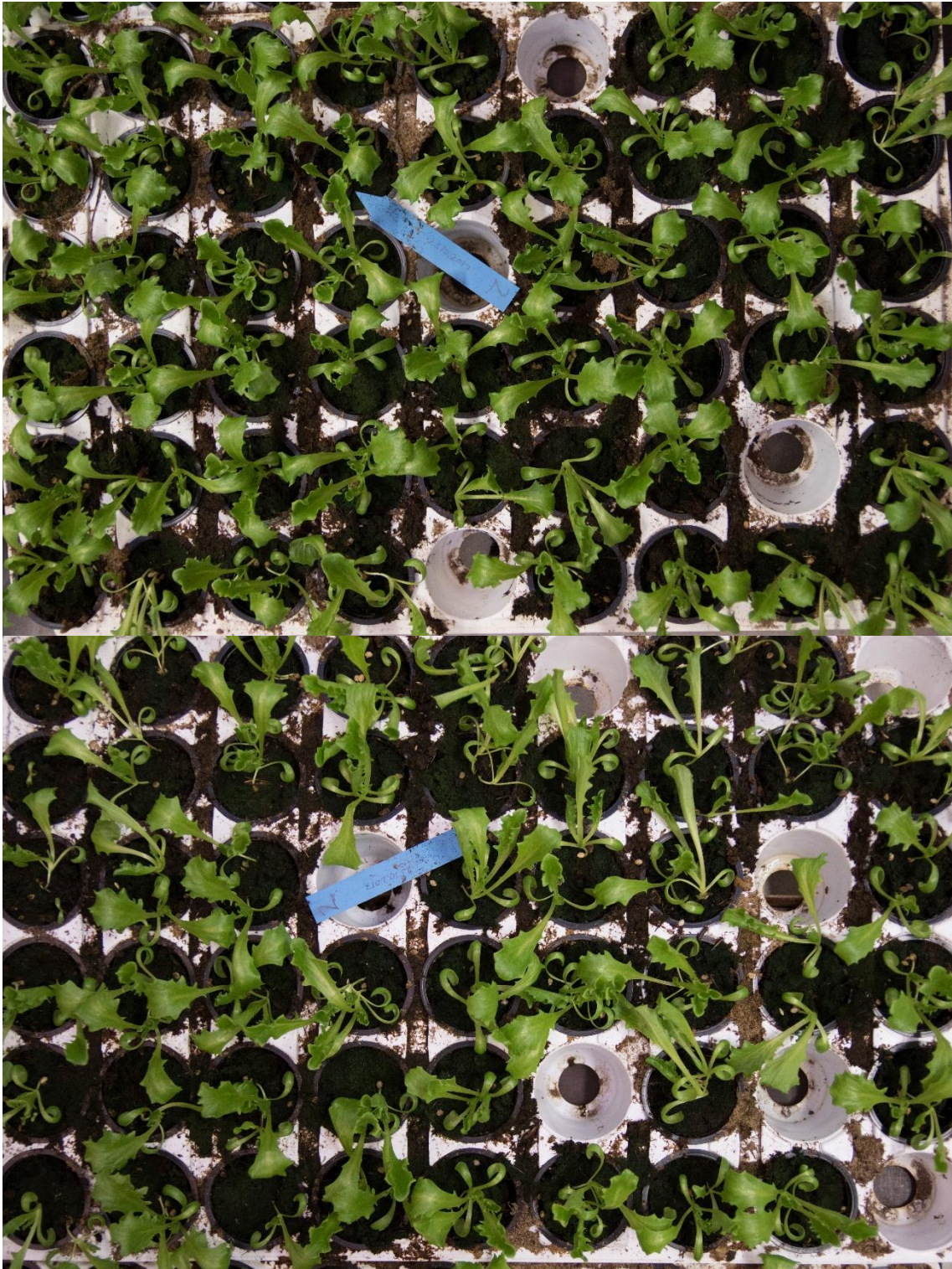
TAIMIKASVATUSVAIHEEN ALKU, KÄSITTELY 4 (2/2)



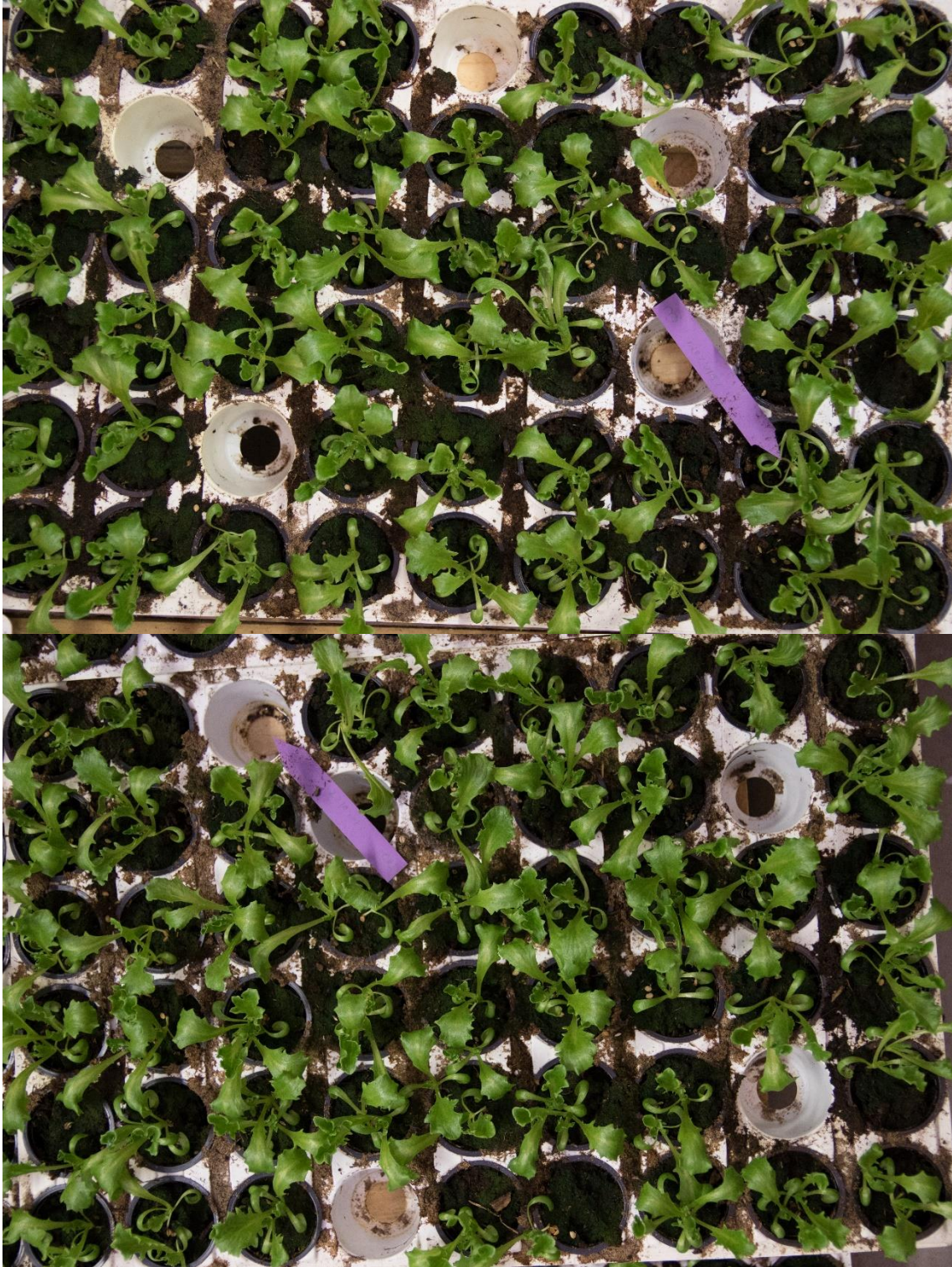
TAIMIKASVATUSVAIHEEN LOPPU, KÄSITTELY 1



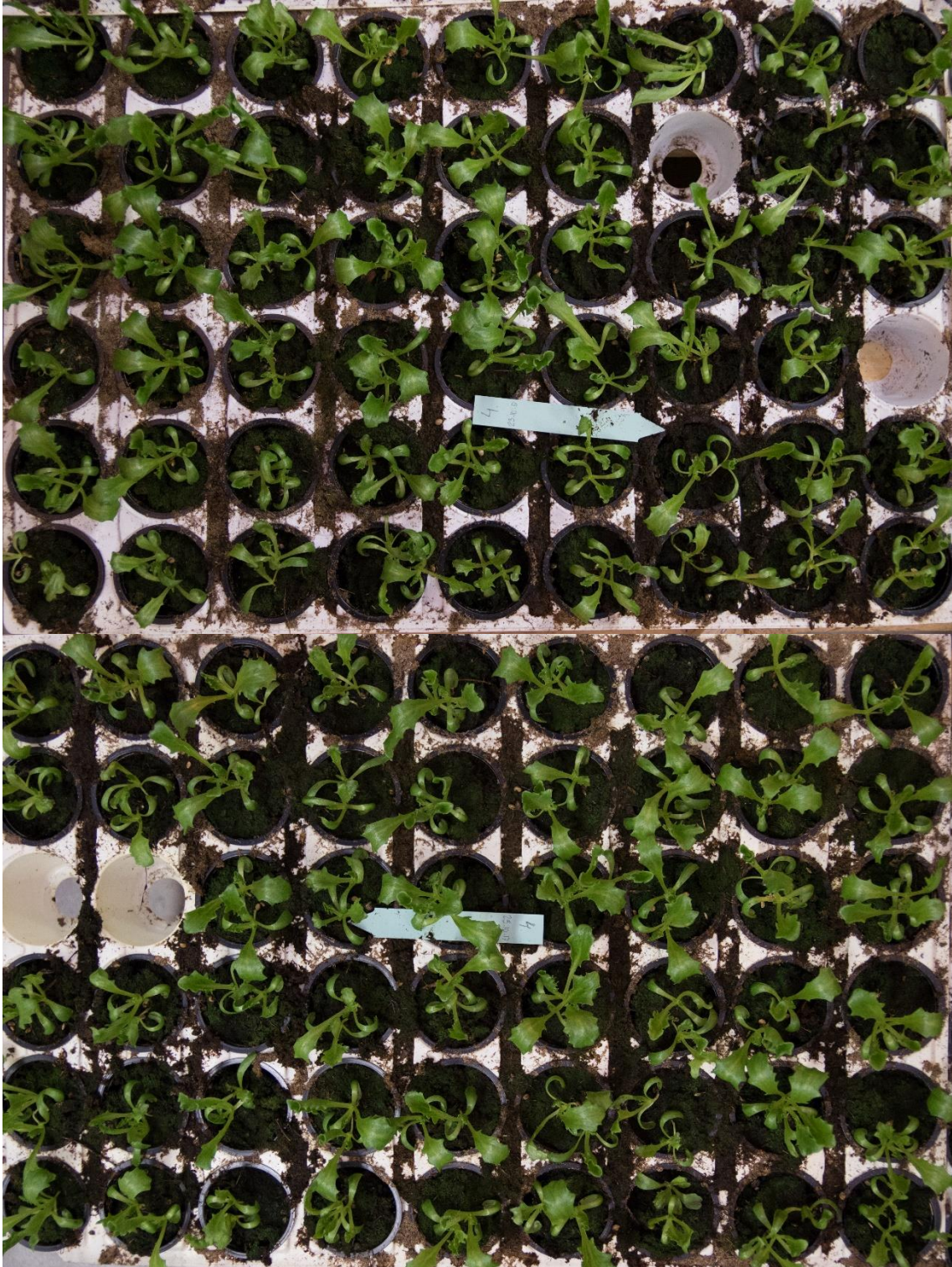
TAIMIKASVATUSVAIHEEN LOPPU, KÄSITTELY 2



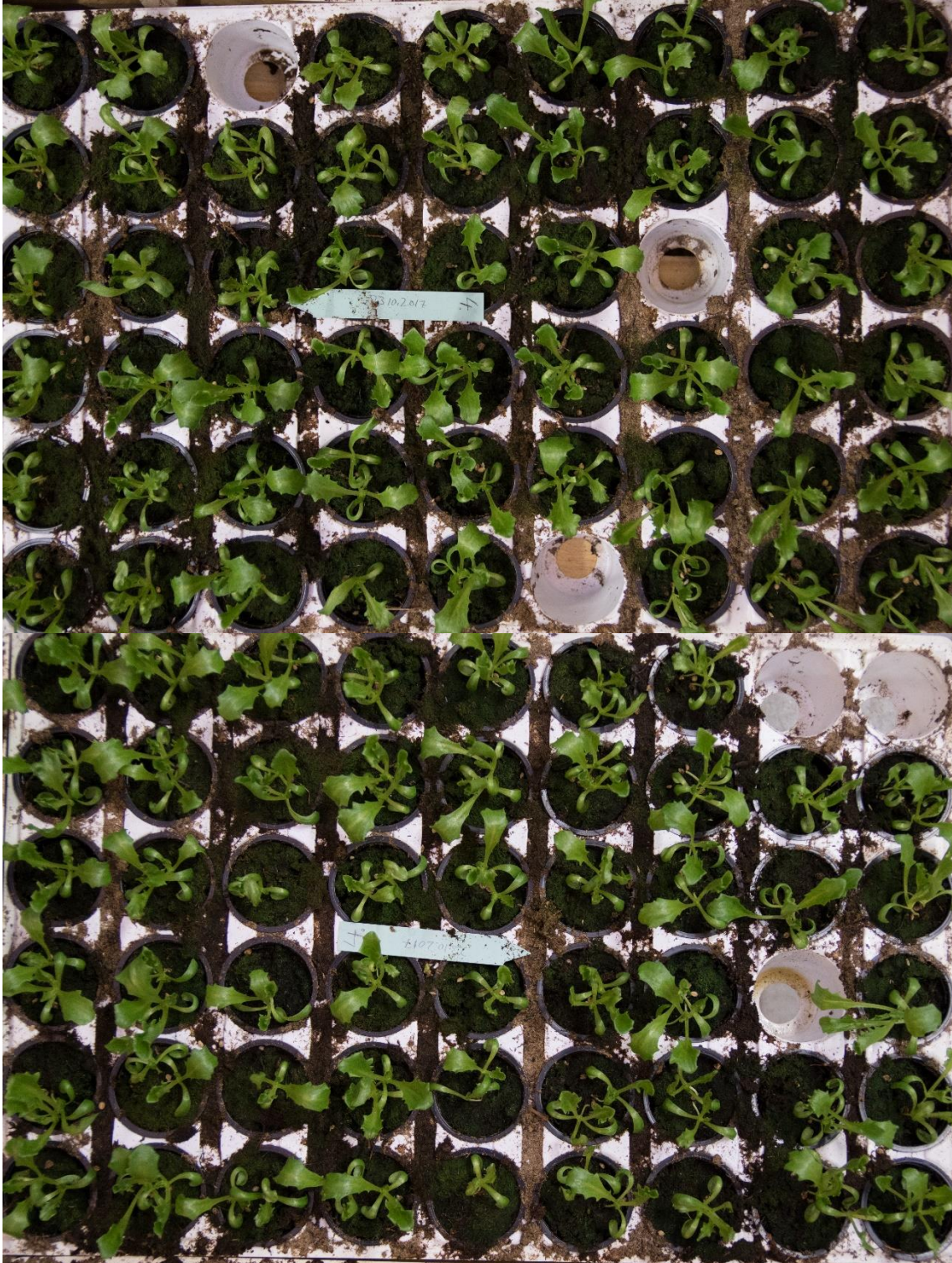
TAIMIKASVATUSVAIHEEN LOPPU, KÄSITTELY 3



TAIMIKASVATUSVAIHEEN LOPPU, KÄSITTELY 4 (1/2)



TAIMIKASVATUSVAIHEEN LOPPU, KÄSITTELY 4 (2/2)



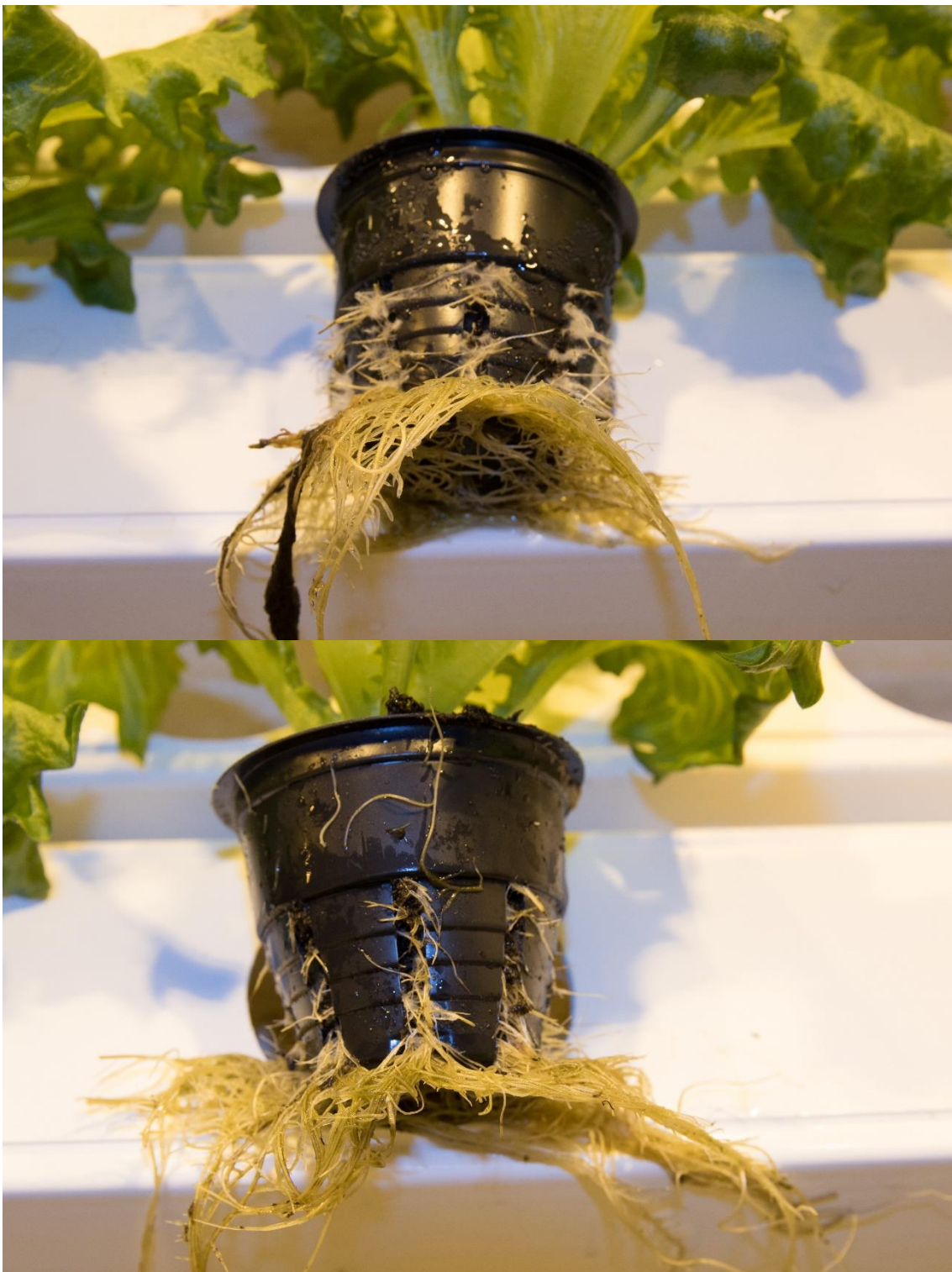
SADONKORJUUKUVAT, KÄSITTELYT 1,2,3 JA 4 (VASEMMALTA OIKEALLE)



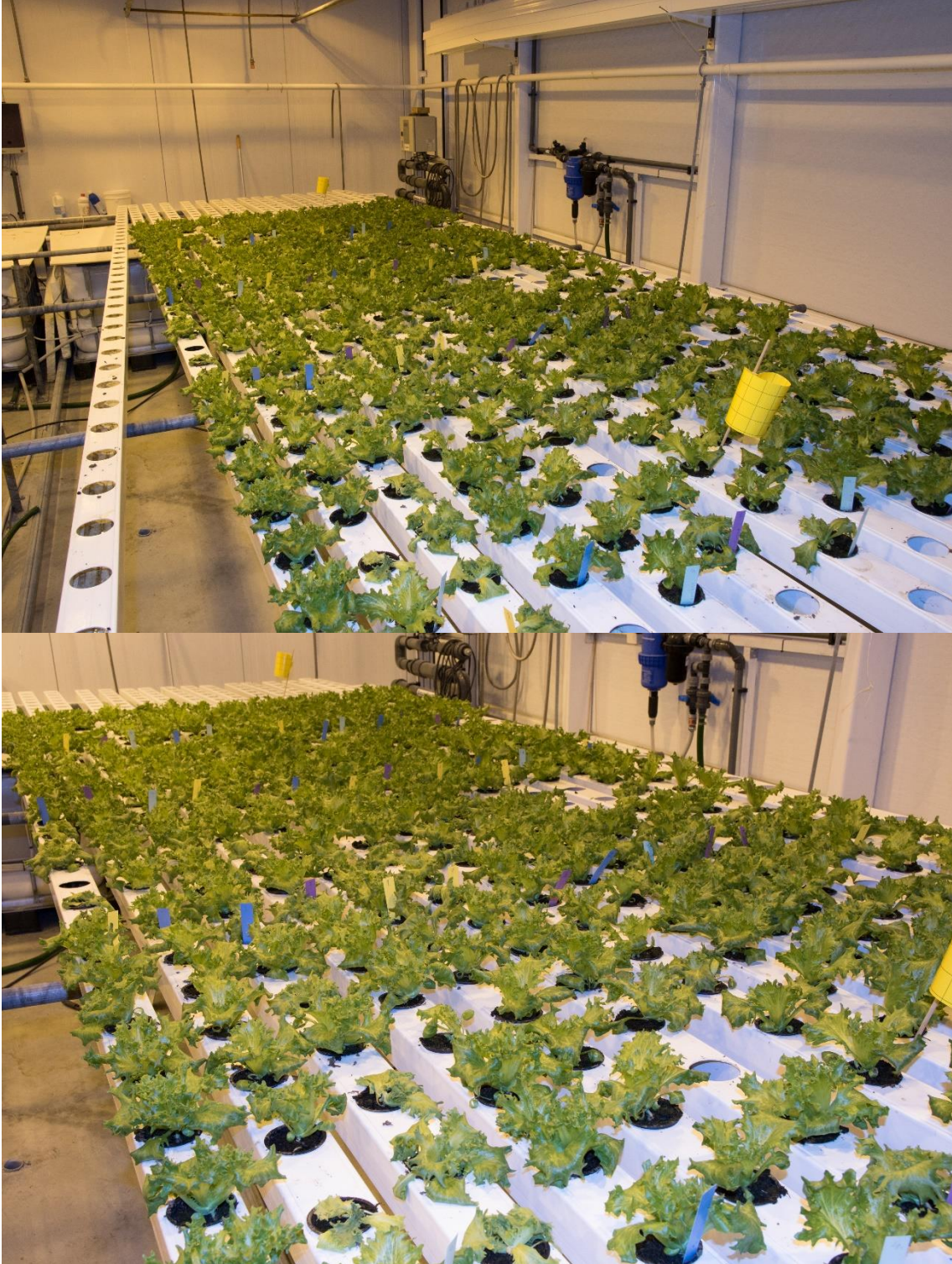
SADONKORJUUKUVAT, KÄSITTELYT 1, 2, 3 ja 4 (YLHÄÄLTÄ ALAS) (1/2)



SADONKORJUUKUVAT, KÄSITTELYT 1, 2, 3 JA 4 (YLHÄÄLTÄ ALAS) (2/2)



SADONKORJUUKUVAT, YLEISKUVAT (1/2)



SADONKORJUJU, YLEISKUVAT (2/2)



TAUTIKUVAT 1/8



TAUTIKUVAT 2/8



TAUTIKUVAT 3/8



TAUTIKUVAT 4/8



TAUTIKUVAT 5/8



TAUTIKUVAT 6/8



TAUTIKUVAT 7/8



TAUTIKUVAT 8/8

