



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

*Luonnontieteiden,  
metsätieteiden ja tekniikan  
tiedekunta  
Faculty of Science, Forestry  
and Technology*

KUUSEN UUDISTAMISEN ONNISTUMINEN HIEKKAKÄSITELLYILLÄ JA KEMIAL-  
LISESTI KÄSITELLYILLÄ TAIMILLA TAIMILANNOITUKSEN KANSSA: TAPAUS-  
TUTKIMUS ETELÄ-KARJALASSA

Sara Ruokonen

METSÄTIETEEN PRO GRADU  
ERIKOISTUMISALA METSIEN HOITO JA MET-  
SÄEKOSYSTEEMIT

---

JOENSUU 2024

Ruokonen, Sara. 2024. Kuusen uudistamisen onnistuminen hiekkakäsitellyillä ja kemiallisesti käsitellyillä taimilla taimilannoituksen kanssa: tapaustutkimus Etelä-Karjalassa. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta, Metsätieteiden osasto. Metsätieteen pro gradu -tutkielma. Metsien hoito ja metsäekosysteemit erikoistumisala. 37 s.

## TIIVISTELMÄ

Kuusta (*Picea abies L.*) suositellaan uudistettavaksi istuttaen muokattuun maahan käyttäen kohoimia muodostavia maanmuokkaustapoja, kuten esimerkiksi mätästystä. Tällä edistetään taimien alkukehitystä ja selviytymistä, sekä voidaan vähentää tukkimiehentäin aiheuttamia tuhoja. Maanmuokkauksen lisäksi voidaan käyttää tukkimiehentäiltä (*Hylobius abietis L.*) suojaavia taimikäsittelyjä, esimerkiksi kemiallista- tai hiekkakäsittelyä. Taimien kehitystä voidaan tukea myös arginiinipitoisella lannoitteella istutuksen yhteydessä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuusen istutuksen onnistumista muokkaamattomassa maassa hiekkakäsitellyillä (*Conniflex*) ja kemiallisesti käsitellyillä (*Karate Zeon*) taimilla taimilannoituksen (*arGrow*) kanssa.

Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena Etelä-Karjalassa kolmella eri uudistamisalalla 2020-2021. Jokaiselle uudistamisalalle perustettiin kolme osa-aluetta, joissa oli kaikki kokeelliset yhdistelmät. Hiekkakäsitelyjä ja kemiallisesti käsitelyjä taimia istutettiin muokkaamattomaan maahan ja muokattuun maahan. Taimilannoitusta käytettiin 50 %:lla tutkimuksen taimista. Lisäksi muokkaamattomaan maahan istutettiin käsittelemättömiä taimia tukkimiehentäisyönnin kontrolliksi. Maanmuokkaus tehtiin jatkuvatoimisena mätästykseenä. Tutkimuksessa selvitettiin eri taimikäsittelyiden vaikutusta taimien kasvuun, kuolleisuuteen ja tukkimiehentäisyöntiin kahden kasvukauden jälkeen.

Tutkimuksessa havaittiin, että kahden kasvukauden jälkeen hiekkakäsitellyt ja kemiallisesti käsitellyt taimet kasvoivat parhaiten muokatussa maassa. Lisäksi havaittiin, että taimien tukkimiehentäisyönti ja taimikuolleisuus olivat alhaisempia muokatussa maassa. Taimilannoituksella ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ( $p < 0.05$ ) taimien kasvuun ja selviytymiseen muokatussa tai muokkaamattomassa maassa. Tulosten perusteella voidaan todeta, että uudistamisen onnistumiseksi taimet täytyy istuttaa muokattuun maahan. Taimien istuttaminen muokkaamattomaan maahan ei ole järkevää tukkimiehentäisuojuuksesta huolimatta. Hiekka- ja kemiallisesti käsitelyjen taimien välillä ei ollut merkittävää eroa uudistamisen onnistumisessa. Tässä tutkimuksessa taimilannoitus ei myöskään tuonut tilastollisesti merkitsevää etua lannoittamattomiin taimiin verrattuna, kun verrattiin taimien kasvua ja menestymistä.

**Avainsanat:** Maanmuokkaus, laikkumätästys, istutus, taimituhot, tukkimiehentäi, *Conniflex*-taimikäsittely, *Karate Zeon* -taimikäsittely, *arGrow*-lannoite

Ruokonen, Sara. 2024. Regeneration success with sand-coated and insecticide treated Norway spruce seedlings with seedling fertilizer: Case study in Southern Karelia, Finland. University of Eastern Finland, Faculty of Science, Forestry and Technology, School of Forest Sciences, Master's thesis in Forest Science, specialization area Forest management and Forest ecosystems. 37 p.

## ABSTRACT

Regeneration with Norway spruce (*Picea abies* L.) is recommended with planting in prepared soil, using for example mounds. This improves growth and survival of seedlings in regeneration area. The early development of seedlings can also be supported by arginine-based fertilizer during planting. Soil preparation reduces pine weevil (*Hylobius abietis* L.) feeding damage. In addition to soil preparation, seedling treatments that protect against pine weevil damage, such as chemical or sand treatment, can be used. The aim of this study was to investigate the regeneration success of Norway spruce in undisturbed soil with sand-treated (Conniflex) and insecticide treated (Karate Zeon) seedlings with seedling fertilization (arGrow).

The study was carried out as a case study in three different regeneration areas in Southern Karelia in 2020–2021. Three subareas were established with all experimental combinations included for each regeneration areas. Insecticide- and sand-treated seedlings were planted in undisturbed soil and in mounds made by continuously advancing mounder. Seedling fertilization was used on half of the seedlings. In addition, untreated seedlings were planted in undisturbed soil as a control for pine weevil feeding damage. The study examined the growth, mortality and pine weevil feeding of seedlings after two growing seasons.

This study found that after two growing seasons, sand-treated and insecticide treated seedlings grew best in prepared soil. Also, it was found that the pine weevil damage and mortality of seedlings were lower in mounds than in undisturbed soil. Seedling fertilization did not affect statistically significantly ( $p < 0.05$ ) for seedling growth and survival in mounds or in undisturbed soil. Based on this study, it can be concluded that for successful regeneration the seedlings need to be planted in prepared soil. Planting seedlings in undisturbed soil is not suggested, despite pine weevil feeding protection. There was not found difference in the success of regeneration between sand- and insecticide treated seedlings. In this study, seedling fertilization did not either provide a significant advantage for growth or success compared to unfertilized seedlings.

**Keywords:** Soil preparation, continuous mounding, planting, seedling damage, pine weevil, Conniflex-sand coat, Karate Zeon insecticide, arGrow-fertilizer

## ALKUSANAT

Kiinnostus erilaisten metsänkäsittelymenetelmien käyttöön on ollut kasvavaa, jonka vuoksi tämäkin työ toteutettiin. Vaihtoehtoiset metsänuudistamis menetelmät ovat kiinnostavia, jonka vuoksi oli mielenkiintoista päästä toteuttamaan tätä työtä. Tämä työ on tehty Tornator Oyj:n aloitteesta. Haluan kiittää Tornator Oyj:tä mahdollisuudesta tämän työn tekemiseen, ja kaikkia, jotka ovat olleet apuna koejärjestelyiden perustamisessa. Kiitokset myös Jussi Komulaiselle ohjauksesta (Tornator). Lisäksi haluan kiittää erinomaisesta työn ohjauksesta ja hyvistä neuvoista työn suhteen pro gradu- ohjaajaani Heli Peltolaa (Itä-Suomen yliopisto). Haluan myös osoittaa kiitokset Jaana Luoraselle (Luonnonvarakeskus) tärkeistä neuvoista koejärjestelyiden kanssa.

Joensuussa 14.1.2024

Sara Ruukonen

## SISÄLLYS

1	Johdanto.....	6
1.1	Kuusen viljely.....	6
1.2	Tukkimiehentäi kuusen taimituholaisena ja sen torjunta .....	8
1.3	Arginiinilannoituksen käyttö istutuksen yhteydessä .....	10
1.4	Tutkimuksen tavoitteet .....	11
2	Tutkimusaineisto ja menetelmät.....	11
2.1	Tutkimuskokeen kuvaus .....	11
2.2	Tutkimusaineiston mittaus.....	16
2.3	Tutkimusaineiston analysointi.....	16
3	Tulokset .....	17
3.1	Taimien kasvu .....	17
3.2	Taimien kunto.....	22
4	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset .....	26
4.1	Tulosten tarkastelu.....	26
4.2	Johtopäätökset ja jatkotutkimuksen tarpeet.....	29
	Kirjallisuus .....	31

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Kuusen viljely

Suomessa metsiä voidaan uudistaa ja kasvattaa useilla erilaisilla tavoilla. Metsien uudistamista ja kasvatusta ohjataan metsälaille (metsälaki 1996/1093). Laissa määrätään metsien uudistamisvelvoitteista. Metsälain 5 §:ssä veloitetaan metsän uudistamiseen, kun rajaehdot: kasvatushakkuun jälkeen, jäljellä jäävä puusto ei ole riittävä kasvattamiseen sekä uudistamishakkuun päätyttyä alueelle on syntynyt yli 0.3 hehtaarin avoin alue täytyvät. Metsälain 8 §:n mukaan uudistamisvelvoite täyttyy kun: ” käsittelyalueelle on saatu aikaan taimikko alueen maantieteellisestä sijainnista riippuen viimeistään 10–25 vuoden kuluessa veloitteen muodostavan puunkorjuun päättymisestä. Taimikko katsotaan saaduksi aikaan, kun se on riittävän tiheä, taimet ovat tasaisesti jakautuneina, niiden keskipituus on vähintään 0,5 metriä ja niiden kehitymistä ei uhkaa välittömästi muu kasvillisuus”. Metsälain lisäksi metsien käyttöä ohjaavat myös muut lait ja kaavoitukset.

Metsän uudistamisella tarkoitetaan tilannetta, jossa metsä uudistetaan uudistamishakkuiden jälkeen luontaisesti tai viljellen. Uudistamisen tavoitteena on saada aikaan kasvatuskelpoinen taimikko. Suomessa metsät uudistetaan puulajeilla, jotka ovat luontaisia lajeja Suomessa. Yleisimmin metsät uudistetaan männylle (*Pinus sylvestris L.*), kuuselle (*Picea abies L.*) tai rauduskoivulle (*Betula pendula L.*) (Tilastotietokanta 2022). Metsänviljelyllä tarkoitetaan siemenkylvöä tai taimien istuttamista. Istutus on kalliimpi menetelmä kuin kylvö, mutta se on myös varmempi menetelmä useimmilla kasvupaikoilla. Valittavaan menetelmään vaikuttavat metsän ominaisuudet kuten kasvupaikka ja uudistuskypsän metsikön alikasvospuusto, joka vaikuttaa luontaisen uudistamisen käyttömahdollisuuksiin (Äijälä ym. 2019). Kuusettuminen on voimistunut Suomen talousmetsissä viime vuosina. Vuonna 2021 istutetuista taimista 68 prosenttia oli kuusen taimia (Kulju ym. 2023). Taimitarhojen metsänviljelyyn tuottamista taimista kuusen taimien osuus oli 65 %, männyn 30 %, rauduskoivun 4 % ja muiden puulajien 0.2 % vuonna 2022 (Taimituotanto vuonna 2022).

Kuuselle uudistaminen istuttaen on yleensä luontaista uudistamista varmempaa (Saksa & Nerg 2008). Minkä vuoksi kuusi uudistetaan yleensä istuttaen. Sopivilla kasvupaikoilla uudistaminen

voi tapahtua myös suojuspuuhakkuun tai kaistalehakkuun avulla luontaista uudistamista käyttäen, esimerkiksi ojitetuilla turvemaidilla (Saksa & Nerg 2008, Äijälä ym. 2019). Kuusen kylväminen ei yleensä tuota tavoiteltua taimikkoa, ja on epävarmaa. Lisäksi kuusen jalostetusta siemenestä on ollut usein pulaa (Helenius ym. 2015). Uudistamiskohteiden runsas pintakasvillisuus yleensä myös tukahduttaa kylvötaimet (Luoranen & Kiljunen 2006, Siemen Forelia 2024). Luorasan ja Kiljusen (2006) mukaan istuttaminen on ainut taloudellisesti kannattava kuusen uudistamistapa. Kuusi menestyy myös alikasvoksena, vaikka onkin menestyksekkäämpi valtapuuna.

Kuuselle parhaimpia kasvupaikkoja ovat kivennäismaalla keskikarkeat ja hienojakoiset maalaajit tuoreella kankaalla, lisäksi kuusi menestyy hyvin myös lehtomaisilla kankailla ja lehdoissa (Äijälä ym. 2019). Kuusi menestyy hyvin myös ravinteikkailla turvemaidilla kuten ruohoturvekankaalla (Äijälä ym. 2019, Puulajivalinta 2023). Kuusen istutuksessa tulee huomioida taimien alkuperä ja ominaisuudet kasvupaikan mukaan. Esimerkiksi reheville kasvupaikoille kannattaa istuttaa kookkaampia taimia, koska ne kestävät paremmin kilpailua ja taimituhoja (Thorsén ym. 2001, Luoranen & Kiljunen 2006). Uudistamisen onnistumiseksi taimia tulee istuttaa riittävän tiheästi. Kuuselle suositellaan istutustiheydeksi 1600-2000 taimea hehtaarilla, yleensä istutetaan 1800 taimea hehtaarille (Äijälä ym. 2019). Lehtomaisille kankailla suositellaan, jopa 2200 kuusentaimea hehtaarille (Luoranen & Kiljunen 2006). Kuusta voidaan istuttaa keväästä syksyyn, huomioidenkin kuitenkin sopiva taimimateriaali, sekä sääolosuhteet (Luoranen & Kiljunen 2006).

Kuusen istuttamisessa tulee turvata kuusen hyväalkukehitys maanmuokkauksen avulla. Vuonna 2021 metsämaista 74 % muokattiin mätästämällä (Kulju ym. 2022). Maanmuokkaus parantaa maan kasvuolosuhteita, esimerkiksi maan lämpötila kohoaa ja ravinteiden saatavuus paranee. Lisäksi maanmuokkaus edistää taimien kasvukehitystä ja selviytymistä erilaisia taimituhoja vastaan (Laine ym. 2019). Kuuselle suositellaan pääsääntöisesti kohoumia muodostavia maanmuokkausmenetelmiä, joita ovat muuan muassa laikku- ja kääntömätästys ja Pohjois-Suomessa käytettävä säätöauraus. Kun kuusen taimi istutetaan mättääseen sen kasvu ja selviytymismahdollisuudet ovat paremmat (Sikström ym. 2020). Saksan (2011) mukaan kuusentaimet selvisivät parhaiten elossa mätästetyillä ja laikutetuilla kohteilla verrattuna äestykseen. Muokkaamattomassa maassa taimet selviävät huonommin kuin muokatussa maassa (Kinnunen

1989). Taimien kuolleisuus on yleensä korkeampaa ja kasvu hitaampaa muokkaamattomassa maassa (Luoranen ym. 2022).

## 1.2 Tukkimiehentäi kuusen taimituholaisena ja sen torjunta

Tukkimiehentäi (*Hylobius abietis* L.) on merkittävä taimituhohyönteinen Suomessa ja se aiheuttaa tuhoja kuusen ja männyn taimille (Viiri & Kytö 2001, Löf ym. 2004). Tukkimiehentäi on keskimäärin 8-14 mm kokoinen kärsäkäs, jolla on keltaisia laikkuja peitinsiivissä. Tukkimiehentäin elinpiirinä ovat yleensä taimikot ja avohakkuualueet (Metsäinfo 2023). Hakkuun jälkeen tuoreiden kantojen pihka ja hakkuutähteet houkuttelevat tukkimiehentäitä alueelle. Aikuisten tukkimiehentäiden ravintoa ovat havupuiden taimien kuori ja ne hyödyntävät kuoren nila- ja jälsikerrosta ravinnokseen (Metsäinfo 2023). Kun tukkimiehentäin ravintosityö ulottuu koko taimen tyven ympärille, taimi yleensä kuolee (Metsäinfo 2023). Myös yksittäiset syöntilaikut vaikeuttavat taimien veden ja ravinnon kuljetusta (kuva 1). Tukkimiehentäi on suurin uhka taimille heti hakkuun jälkeisenä keväänä ja kesänä (Metsäinfo 2023).



**Kuva 1.** Tukkimiehentäin aiheuttamia syöntilaikkuja hiekkakäsitellyssä kuolleessa taimessa, sekä kemiallisesti käsitellyissä taimissa muokkaamattomassa maassa. ©Sara Ruokonen

Tukkimiehentäin tuhot aiheuttavat taimimenetyksiä ja vaikeuttavat metsänuudistamisen onnistumista, minkä vuoksi sen aiheuttamia tuhoja pyritään torjumaan (Luoranen ym. 2017).



Tukkimiehentäin tuhot myös lisäävät metsän uudistamisen kustannuksia esimerkiksi täydensviljelyn vuoksi (Luoranen ym. 2017). Yleensä tukkimiehentäit lentävät vain parveilun aikana ja muutoin liikkuvat maanpinnalla (Viiri & Kytö 2001). Tämä tieto onkin ratkaisevassa asemassa tukkimiehentäin tuhojen torjunnassa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että tuhot ovat suurempia muokkaamattomassa maassa kuin muokatussa maassa (Luoranen ym. 2022). Lisäksi Saksan (2011) mukaan tukkimiehentäituhon riski on merkittävästi alhaisempi mätästysaloilla kuin äestys- ja laikutusaloilla. Erot muokkaamattoman ja muokatun maan välillä johtuvat siitä, että tukkimiehentäi välttää liikkumista paljaalla kivennäismaalla, jolloin kivennäismaa taimen ympärillä suojaa sitä. Maanmuokkauksella voidaan täten ehkäistä tukkimiehentäin aiheuttamia taimituhoja (Luoranen ym. 2012, 2017). Taimet ovat riskialtteimpia tukkimiehentäituhonille muokkaamattomassa maassa suojaamattomilla taimilla (Luoranen ym. 2017).

Tukkimiehentäin aiheuttamia taimituhoja voidaan ehkäistä taimikäsitelyillä, jotka tehdään yleensä jo taimitarhalla joukkokäsittelyinä. Taimien suojaus voidaan tehdä myös istutuksen jälkeen, mutta tämä ei ole yleistä (Poteri 2008). Taimet voidaan käsitellä kemiallisilla aineilla tai niille voidaan muodostaa mekaaninen suoja esimerkiksi taimien hiekkakäsittelyllä (kaupallinen tuote Conniflex®, Sveaskog, Tukholma, Ruotsi). Conniflex-taimikäsitelyssä taimeen liimataan hiekkakerros, jolloin tukkimiehentäin on hankalampi syödä taimien kuorta (kuva 2). Conniflex-hiekkakäsittely on Ruotsissa laajasti käytössä oleva taimisuoja (Skogsstyrelsen 2021). Conniflex-taimikäsitely on täysin myrkytön suoja tukkimiehentäitä vastaan, ja täten ympäristölle ja istuttajille parempi vaihtoehto (Conniflex 2023). Euroopassa kemiallinen taimien suojaaminen on yleisemmin käytetty menetelmä kuin hiekkakäsittely (Lalík ym. 2021).

Suomessa on sallittu vain kaksi kemiallista tehoainetta vuonna 2024 taimien tukkimiehentäin tuhojen torjuntaan (Tukes 2024). Nämä tehoaineet ovat lambda-syhalotriini ja asetamiridi. Lambda-syhalotriini valmisteita on kolme, esimerkkinä Karate® Zeon ja asetamiridi valmisteita on yksi (Tukes 2024). Karate Zeonin tehoainepitoisuus on 100 g/l. Karate Zeon- tekniikka-valmisteen teho perustuu siihen, että se on tuholaisille kosketus- ja suolimyrkky. Aine myös karkottaa tuhohyönteisiä. Aineella käsiteltyjä taimia täytyy käsitellä pitkin suojahanskoin (Karate Zeon – Käyttöohjeet 2024). Kemialliset kasvinsuojeluaineet ovat erittäin myrkyllisiä vesiliöille, joten niiden käyttäminen lähellä vesistöjä ei ole sallittua (Viiri & Kytö 2001). Luoranen (2022) mukaan hiekkakäsitellyt ja asetamiridillä käsitellyt taimet antoivat yhtä hyvän suojan tukkimiehentäisyöntiä vastaan.



**Kuva 2.** Hiekkäkäsitelty (Conniflex) kuusentaimi ©Sara Ruukonen.

### 1.3 Arginiinilannoituksen käyttö istutuksen yhteydessä

Taimet voidaan lannoittaa istutuksen yhteydessä typpilannoitteella. Tällainen typpipitoinen lannoite on muun muassa arginiinipohjainen ArGrow-lannoite (arGrow®, Arevo AB, Uumaja, Ruotsi). Arginiinifosfaatti on aminohappo ja typen lähde. Taimilannoituksen tarkoituksena on edistää taimien kasvukykyä. ArGrow-lannoite edistää hienojuurien ja mykorritsan kasvua. Arginiinilannoitteen toiminta perustuu siihen, että jo ensimmäisenä kasvukautena sitä vapautuu kasvin juuriston ympärille ja täten stimuloi niiden kasvua. Juuriston ja mykorritsojen kasvu edistää veden ja ravinteiden saantia ja imeytymistä, mikä parantaa taimien kykyä kasvaa ja selviytyä (Arevo 2024). Arginiini-lannoitteen käyttäminen edistää taimien kasvua verrattuna

taimiin ilman lannoitusta etenkin muokatussa maassa (Häggström ym. 2021). Lisäksi tutkimukset osoittavat, että arginiini-lannoite voi edistää taimien kasvua myös muokkaamattomassa maassa, kasvupaikan ollessa riittävän rehevä (Häggström ym. 2021).

#### **1.4 Tutkimuksen tavoitteet**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuusen uudistamisen onnistumista muokkaamattomassa maassa hiekkakäsitellyillä taimilla (Conniflex®) sekä kemiallisesti käsitellyillä taimilla (Karate® Zeon) tuoreella kankaalla Etelä-Karjalassa kolmella eri uudistamisalalla. Lisäksi tutkittiin taimien istutusvaiheen lannoituksen vaikutusta taimien menestymiseen muokkaamattomassa maassa käyttäen arginiinipitoista ArGrow®-lannoitetta. Tässä tapaustutkimuksessa käytettiin tukkimiehentäitä vastaan suojattujen kuusentaimien lisäksi kuusentaimia ilman tukkimiehentäin suojausta kontrollina. Kontrollilla pyrittiin selvittämään tukkimiehentäin olosaoloa koealueilla. Suojausta tukkimiehentäitä vastaan testattiin, koska tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot ovat suuri riski kuusentaimille muokkaamattomalla maalla. Tutkittavat taimikäsitelyt olivat Conniflex ja Karate Zeon taimikäsitelyt muokatussa ja muokkaamattomassa maassa lannoituksella ja ilman. Tutkittavat taimitunnukset olivat taimien pituus, tyviläpimitta, kasvu, kuolleisuus ja tukkimiehentäisyönti.

## **2 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT**

### **2.1 Tutkimuskokeen kuvaus**

Tutkimuskoe perustettiin kolmelle tuoreen kankaan uudistamisalalle Etelä-Karjalaan Ruokolahden kunnan alueelle keväällä 2020. Tutkimuksen koealat perustettiin kolmelle eri uudistamisalalle (taulukko 1 ja kuva 3). Uudistamisaloiksi pyrittiin valitsemaan samanlaisia kuusen uudistamiseen sopivia tuoreen kankaan kohteita. Kokeessa mukana olleilla uudistamisaloilla oli eroja (taulukko 1). Uudistamisaloilla koealat olivat suurin piirtein suorakulmioita, joiden kulmat ja taimet merkittiin. Kulmat merkittiin puupylväin ja aurausviitoin. Taimet merkittiin puisilla tikuilla ja numeroitiin taimien yksilöinnin mahdollistamiseksi. Kullakin uudistamisalalla oli kolme osa-aluetta, joilla oli samat kokeelliset toistot (kuva 4). Osa-alueita oli yhteensä

yhdeksän. Käsittelyt sijoitettiin satunnaisesti koaloille, kuitenkin niin, että saman käsittelyn muokkaamattomassa maassa ja muokatussa maassa olevat toistot olivat vierekkäin. Mitattavat yhdistelmät/toistot olivat:

1. Muokkaamaton maa ja käsittelemätön taimi (kontrolli)
2. Muokkaamaton maa ja Conniflex- käsitelty taimi
3. Muokattu maa ja Conniflex- käsitelty taimi
4. Muokkaamaton maa ja Conniflex- käsitelty taimi, sekä taimilannoitus
5. Muokattu maa ja Conniflex- käsitelty taimi, sekä taimilannoitus
6. Muokkaamaton maa ja Karate Zeon- käsitelty taimi
7. Muokattu maa ja Karate Zeon- käsitelty taimi
8. Muokkaamaton maa ja Karate Zeon- käsitelty taimi, sekä taimilannoitus
9. Muokattu maa ja Karate Zeon- käsitelty taimi, sekä taimilannoitus

Hiekka- ja kemiallisestikäsitteltyjen taimien yhdistelmissä istutettiin 50 kappaletta taimia kullekin toistolle. Lisäksi kontrolli taimia istutettiin 10 kappaletta kaikille muokkaamattoman maan toistoille. Yhteensä taimia istutettiin 3 960 kappaletta. Tutkimuksen aineiston keräys toteutettiin keväällä 2020, syksyllä 2020 ja syksyllä 2021. Tutkimuskokeen päätyttyä uudistamisalalta kerättiin pois koalojen puupylväät ja aurausviitat.

Työssä hiekkäkäsitellyillä taimilla viitataan Conniflex-taimiin ja kemiallisesti käsitellyillä taimilla Karate Zeon-taimiin.

**Taulukko 1.** Tutkimuksessa mukana olevien uudistamisalojen tietoja.

<b>Kohteet</b>	<b>Kas- vu- paikka</b>	<b>Koko, ha</b>	<b>Valta- puusto ennen hakkuuta</b>	<b>Hakkuu ajankohta</b>	<b>Maanmuok- kaus</b>	<b>Istutus ajan- kohta</b>	<b>Istuttaja</b>
<b>Uudistamis- ala 1</b>	Tuore kangas	3.5	Kuusi	25.11.2019	14.5.2020	26-28.5.2020	Metsuri 1
<b>Uudistamis- ala 2</b>	Tuore kangas	3.9	Kuusi	30.7.2019	15.5.2020	29.5-2.6.2020	Metsuri 2
<b>Uudistamis- ala 3</b>	Tuore kangas	6	Mänty	24.1.2020	15.5.2020	3-4.6.2020	Metsuri 2



**Kuva 3.** Uudistamisala 1, 2 ja 3 keväällä 2020 ennen tutkimuksen aloittamista ©Sara Ruokonen.

## Uudistamisala 2

Osa-alue 6

Kemiallinen käsittely + maanmuokkaus	Kemiallinen käsittely + kontrolli	Hiekkakäsittely + kontrolli	Hiekkakäsittely + maanmuokkaus
Hiekkakäsittely + lannoitus + maanmuokkaus	Hiekkakäsittely + lannoitus + kontrolli	Kemiallinen käsittely + lannoitus + kontrolli	Kemiallinen käsittely + lannoitus + maanmuokkaus

Osa-alue 4

Hiekkakäsittely + maanmuokkaus	Kemiallinen käsittely + lannoitus + maanmuokkaus
Hiekkakäsittely + kontrolli	Kemiallinen käsittely + lannoitus + kontrolli
Kemiallinen käsittely + kontrolli	Hiekkakäsittely + lannoitus + kontrolli
Kemiallinen käsittely + maanmuokkaus	Hiekkakäsittely + lannoitus + maanmuokkaus

Osa-alue 5

Hiekkakäsittely + maanmuokkaus	Kemiallinen käsittely + maanmuokkaus
Hiekkakäsittely + kontrolli	Kemiallinen käsittely + kontrolli
Hiekkakäsittely + lannoitus + kontrolli	Kemiallinen käsittely + lannoitus + kontrolli
Hiekkakäsittely + lannoitus + maanmuokkaus	Kemiallinen käsittely + lannoitus + maanmuokkaus

**Kuva 4.** Esimerkkikuva tutkimuskokeesta uudistamisalalta 2.

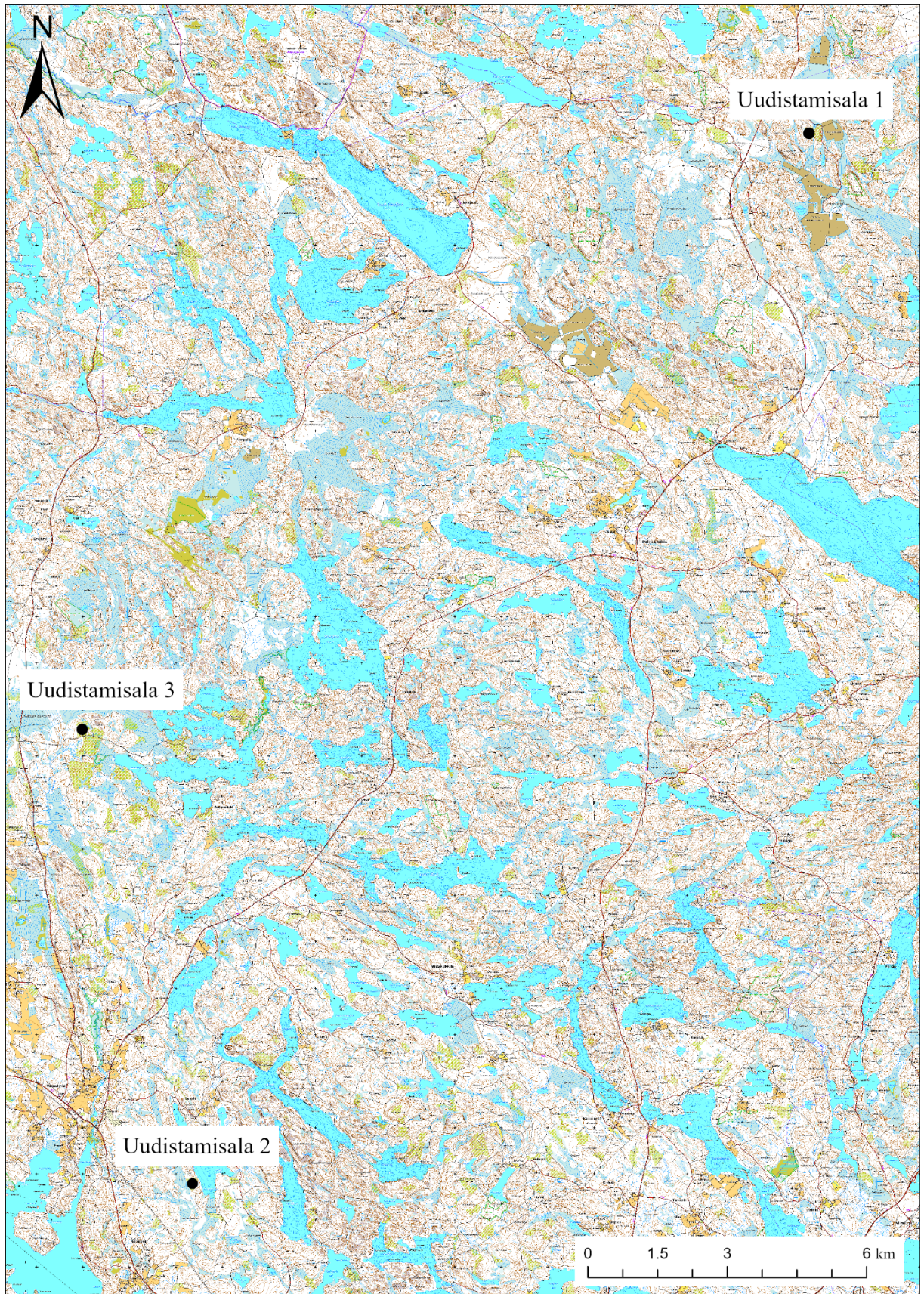
Kokeeseen pyrittiin valitsemaan samanlaisia kuusen uudistamiseen sopivia tuoreen kankaan avohakattuja uudistamisaloja, jotka eivät olleet liian lähellä toisiaan (kuva 5). Uudistamisalan 1 ja 2 välillä oli linnuntietä matkaa noin 26 km, uudistamisalan 1 ja 3 välillä noin 10 km ja uudistamisalan 2 ja 3 välillä noin 20 km. Uudistamisalat olivat runsaasti heinittyneitä syksyllä 2021. Kaikilla uudistamisaloilla oli hakkuiden jälkeen jätetty hakkuutähdekasvoja aloille, mikä jossain määrin vaikeutti metsurien istuttamistyötä, heidän huomioidensa mukaan.

Kaikilla uudistamisaloilla muokattiin osa uudistamisalueesta keväällä 2020, ja osa jätettiin muokkaamatta (liite 1). Maanmuokkaus toteutettiin jatkuvatoimisena mätästyksenä kaikilla uudistamisaloilla. Maanmuokkausjälkiä oli noin 1800 kpl/ha. Maanmuokkauksen jälkeen taimet istutettiin uudistamisalalle touko-kesäkuun vaihteessa kahden metsurin toimesta.

Taimet istutettiin pottiputkella, kuitenkin käyttäen jokaisella taimityypillä ja käsittelyllä omaa putkea, tällä vältyttiin eri käsittelyiden väliseltä kontaminaatiolta. Pottiputket myös pestiin ennen istuttamista. Taimet olivat pakkasvarastoituja taimia, joten niiden annettiin sulaa hyvin ennen istuttamista ja pidettiin huolta niiden kastelusta. Muokatulla maalla taimet pyrittiin istuttamaan laadukkaisiin mättäisiin ja keskelle mätästä ja muokkaamattomalle maalle tasaisin välein istutuskelpoisiin kohtiin. Taimet pyrittiin istuttamaan noin 6 cm syvyyteen.

Tutkimuksessa käytettiin myös taimilannoitusta neljässä yhdistelmässä/toistossa. Käytetty taimilannoitus oli ruotsalainen arGrow® Granulat. Lannoitus lisättiin taimen istutuskuoppaan istuttaessa käyttämällä tähän tarkoitukseen tarkoitettua pottiputkea, joka annosteli lannoitteen automaattisesti istutuskuoppaan. Lannoituksen tarkoituksena on edistää taimien kasvua.

Tutkimuksessa käytettiin ruotsalaisia sekä suomalaisia yksivuotisia pakkasvarastoituja kuusenpaakkutaimia. Hiekkakäsiteltyt Conniflex-kuusentaimet ovat lähtöisin Ruotsista ja käsittelemättömät ja kemiallisestikäsiteltyt Karate Zeon kuusentaimet Suomesta. Kaikki taimet ovat alkuperältään sopivia Etelä-Karjalan alueelle. Ruotsista tulleiden hiekkakäsiteltyjen taimien paakkukoko oli pieni eli paakun tilavuus 40-80 cm<sup>3</sup>. Kemiallisesti käsiteltyjen ja ei käsiteltyjen taimien paakut olivat keskikokoisia, eli paakun tilavuus 80-125 cm<sup>3</sup> (Taimityypit ja -koot 2024). Ei käsiteltyt ja kemiallisesti käsiteltyt taimet tulivat myös eri taimitarhoilta.



**Kuva 5.** Uudistamisalojen sijainti kartalla Ruokolahdella. (kartta ©Maanmittauslaitos)

## 2.2 Tutkimusaineiston mittaus

Aloitusmittaukset tehtiin heti taimien istuttamisen jälkeen keväällä 2020, touko-kesäkuun vaihteessa. Ensimmäisen kasvukauden jälkeinen mittaus tehtiin 2020 syyskuussa ja toisen kasvukauden jälkeinen mittaus 2021 syyskuussa. Jokaisesta elossa olevasta taimesta mitattiin taimen pituus maanpinnantasolta silmun kärkeen puolen sentin tarkkuudella sekä taimen tyviläpimitta 2 cm korkeudelta millinkymmenesosa tarkkuudella. Taimien pituus ja tyviläpimitta mitattiin jokaisella mittauskerralla. Aloitusmittauksissa kirjattiin myös jokaisen taimen istutuspaikan laatu: 1. Kivennäismaa 2. Hieman humuspitoinen ja 3. Humus. Kahdella viimeisellä mittauskerralla tarkasteltiin myös taimien kuntoa ja tukkimiehentäisyöntiä. Taimien kunto luokiteltiin kahteen luokkaan: elossa tai kuollut. Tukkimiehentäituhot luokiteltiin syöty tai ei syöty -luokkiin. Taimi katsottiin tukkimiehentäin syömäksi, jos siinä oli tukkimiehentäin syömäjälkiä, syönnin määrää ei huomioitu. Taimien mittaustulokset tallennettiin suoraan Microsoft Exceliin maastokoealoilla taimikohtaisesti. Pieni osa mittaustuloksista olivat korruptoituneet tai puutteelliset, joten ne poistettiin analyyseistä. Tämän ei kuitenkaan oletettu vaikuttavan tutkimuksen lopputulokseen.

## 2.3 Tutkimusaineiston analysointi

Tässä työssä analysointiin kolmen eri uudistamisalan taimien pituus- ja läpimitan kasvua sekä taimien kuolleisuutta ja tukkimiehentäisyöntiä kahden kasvukauden jälkeen. Työssä verrattiin hiekka- ja kemiallista taimikäsittelyä toisiinsa, lisäksi analysoitiin maanmuokkauksen ja taimilannoituksen vaikutusta taimien selviytymiseen. Tukkimiehentäisyöntikontrollina käytettiin ei käsiteltyjä taimia muokkaamattomassa maassa.

Aineistosta laskettiin uudistamisalakohtaiset taimien pituuden ja tyviläpimitan keskiarvot ja keskihajonnat, sekä kolmen uudistamisalan tulokset keskiarvona ja keskihajontana. Vastaavasti laskettiin taimien prosentuaalinen kuolleisuus ja tukkimiehentäisyönti eri käsittelyille. Aineiston tilastollinen analysointi tehtiin useamman riippumattoman ryhmän vertailuna yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Levene-testin perusteella käytettiin joko eri suurten varianssien testiä (Brown-Forsythe) tai yhtä suurien varianssien testiä (F-testi), jotka kertoivat, onko ryhmäkeskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Tukeyn testin avulla tutkittiin, löytyykö



käsittelykohtaisia tilastollisesti merkitseviä eroja. Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS-ohjelmistolla (versio 27). Tilastanalyyseissä käytettiin merkitsevyystasoa  $p < 0.05$ .

### 3 TULOKSET

#### 3.1 Taimien kasvu

Kokeen lähtötilanteessa keskipituudeltaan suurimpia taimia olivat olleet Karate Zeon eli kemiallisesti käsitellyt taimet. Karate Zeon taimien keskipituus vaihteli 13.5-14.9 cm välillä. Karate Zeon taimet olivat selvästi pidempiä kuin Conniflex hiekkakäsitellyt taimet, joiden keskipituuden vaihteluväli oli lähtötilanteessa 11.2-12.1 cm. Ei käsitellyt eli kontrollitaimet olivat Karate Zeon taimien kanssa samaa pituusluokkaa keskimäärin 14.3 cm (taulukko 2). Uudistamisalojen välillä taimien lähtöpituudet vaihtelivat käsittelykohtaisesti ja satunnaisesti. Karate Zeon taimilla pituuden vaihtelu lähtötilanteessa oli hieman suurempaa kuin Conniflex taimilla (taulukko 2 ja liite 2).

Kokeen lopputilanteessa eli syksyllä 2021 pisimpiä taimia olivat edelleen kemiallisesti käsitellyt taimet, joiden keskipituus vaihteli 31.4-41 cm välillä. Hiekkakäsitelyjen taimien keskipituus kokeen lopputilanteessa oli 27-35.7 cm. Ei käsitelyjen taimien keskipituus oli 29 cm. Lopputilanteessa pisimmät taimet hiekka- että kemiallisestikäsitellyillä taimilla olivat muokatussa maassa taimilannoituksella. Ilman lannoitustakin taimet olivat pidempiä kokeen lopputilanteessa muokatussa maassa kuin muokkaamattomassa maassa (taulukko 2).

Lähtötilanteessa taimien keskityviläpimitassa ei ollut taimityyppien välillä suurta eroa. Ei käsitelyjen taimien keskityviläpimita oli 3.7 mm, hiekkakäsitelyjen taimien 3.5 mm ja kemiallisesti käsitelyjen 3.5-3.7 mm. Kokeen lopputilanteessa kemiallisesti käsitelyjen taimien keskityviläpimita 7.4-8.8 mm oli suurempi kuin, muiden taimityyppien. Ei käsitelyjen taimien keskityviläpimita oli 6.4 mm ja hiekkakäsitelyjen 6.3-7.9 mm. Muokatussa maassa taimien keskityviläpimitat olivat lopputilanteessa suuremmat kuin muokkaamattomassa maassa (taulukko 2).

Taimissa oli siis eroa lähtötilanteessa taimien pituudessa hiekkakäsitteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien välillä. Hiekkakäsiteltyt taimet olivat pienempiä. Taimien lähtötyviläpimitat eivät kuitenkaan eronneet toisistaan. Hiekkakäsitteltyillä taimilla taimen läpimitaan kasvattaa hieman hiekka- ja liimakerros. Yleisesti vaihtelua oli enemmän taimien pituudessa kuin tyviläpimitassa (taulukko 2). Erot taimien alkutilanteen pituuksissa ja tyviläpimitoissa eri käsittelyjen välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä ( $p > 0.05$ ).

Kokeen lopputilanteessa käsittelyiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja taimien pituuksissa. Muokatussa maassa lannoitettujen ja ei lannoitettujen kemiallisesti käsiteltyjen taimien pituus erosi tilastollisesti merkitsevästi muokkaamattomassa maassa olleista ei käsitellyistä taimista, sekä hiekkakäsitteltyistä taimista lannoituksen kanssa ja ilman ( $p < 0.05$ ). Lisäksi taimien pituudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero muokkaamattomassa maassa olleiden kemiallisesti käsiteltyjen taimien sekä muokatussa maassa olleiden lannoitettujen kemiallisesti käsiteltyjen taimien välillä ( $p = 0.045$ ).

Tyviläpimitan suhteen tilastollisesti merkitsevää eroa oli muokatussa maassa ilman lannoitusta kasvaneiden taimien ja muokkaamattomassa maassa olleiden ei käsiteltyjen ja hiekkakäsitteltyjen taimien välillä ( $p < 0.05$ ). Muokatussa maassa lannoitetut kemiallisesti käsitellyt taimet erosivat tilastollisesti samoista yhdistelmistä kuin edellä mainitut lannoittamattomat taimet, ja lisäksi eroa oli myös muokkaamattomaan maahan istutettujen lannoitettujen hiekkakäsitteltyjen taimien välillä ( $p < 0.05$ ). Taimien pituudessa sekä tyviläpimitassa lannoitettujen ja lannoittamattomien taimien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Lisäksi hiekkakäsiteltyt ja kemiallisesti käsitellyt taimet eivät eronneet tyviläpimitan osalta tilastollisesti merkitsevästi samoilla maanmuokkaus ja lannoitus käsittelyillä.

**Taulukko 2.** Taimien keskipituus ja keskityviläpimitta uudistamisalojen keskiarvona, sekä niiden keskihajonta.

Käsittelyt	Uudistamisalojen keskiarvo ja -hajonta	
	H, cm	Do, mm
<b>Ei käsitelty:</b>		
kevät 2020	14.3 ± 0.7	3.7 ± 0.1
syksy 2020	20.1 ± 1.3	4.4 ± 0.1
syksy 2021	29.0 ± 1.9	6.4 ± 0.8
<b>Conniflex:</b>		
kevät 2020	12.1 ± 1.2	3.5 ± 0.1
syksy 2020	19.7 ± 2.0	4.7 ± 0.1
syksy 2021	27.0 ± 2.1	6.3 ± 0.3
<b>Conniflex + maanmuokkaus:</b>		
kevät 2020	11.3 ± 2.1	3.5 ± 0.1
syksy 2020	20.7 ± 2.3	4.8 ± 0.3
syksy 2021	35.1 ± 1.7	7.8 ± 0.2
<b>Conniflex + lannoitus:</b>		
kevät 2020	11.2 ± 1.1	3.5 ± 0.2
syksy 2020	19.2 ± 1.4	4.5 ± 0.1
syksy 2021	29.6 ± 1.9	6.6 ± 0.5
<b>Conniflex + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
kevät 2020	11.2 ± 1.4	3.5 ± 0.1
syksy 2020	20.7 ± 0.8	4.9 ± 0.2
syksy 2021	35.7 ± 1.6	7.9 ± 0.2
<b>Karata Zeon:</b>		
kevät 2020	13.5 ± 2.2	3.5 ± 0.0
syksy 2020	22.1 ± 1.0	4.6 ± 0.1
syksy 2021	31.4 ± 2.1	7.4 ± 0.4
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus:</b>		
kevät 2020	14.1 ± 3.1	3.7 ± 0.0
syksy 2020	24.0 ± 2.7	5.1 ± 0.2
syksy 2021	39.6 ± 5.2	8.3 ± 0.4
<b>Karate Zeon + lannoitus:</b>		
kevät 2020	14.9 ± 2.1	3.6 ± 0.1
syksy 2020	25.0 ± 1.3	4.9 ± 0.3
syksy 2021	35.3 ± 2.2	7.7 ± 0.7
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
kevät 2020	14.3 ± 3.0	3.7 ± 0.0
syksy 2020	25.2 ± 3.0	5.3 ± 0.4
syksy 2021	41.0 ± 3.6	8.8 ± 0.5

Taimien prosentuaalista pituus- ja tyviläpimitankasvua tarkasteltiin kokeen lopputilanteessa (kahden kasvukauden jälkeen) verrattuna lähtötilanteeseen uudistamisalojen keskiarvona. Prosentuaalinen kasvu kertoo paremmin taimien välisistä kasvueroista, koska lähtötilanteessa taimet olivat hieman erikokoisia.

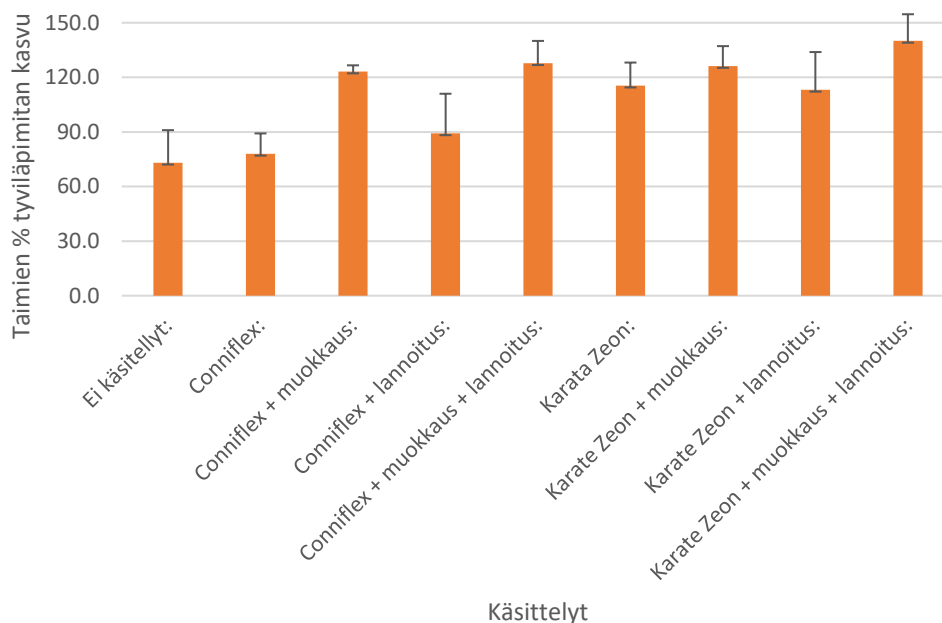
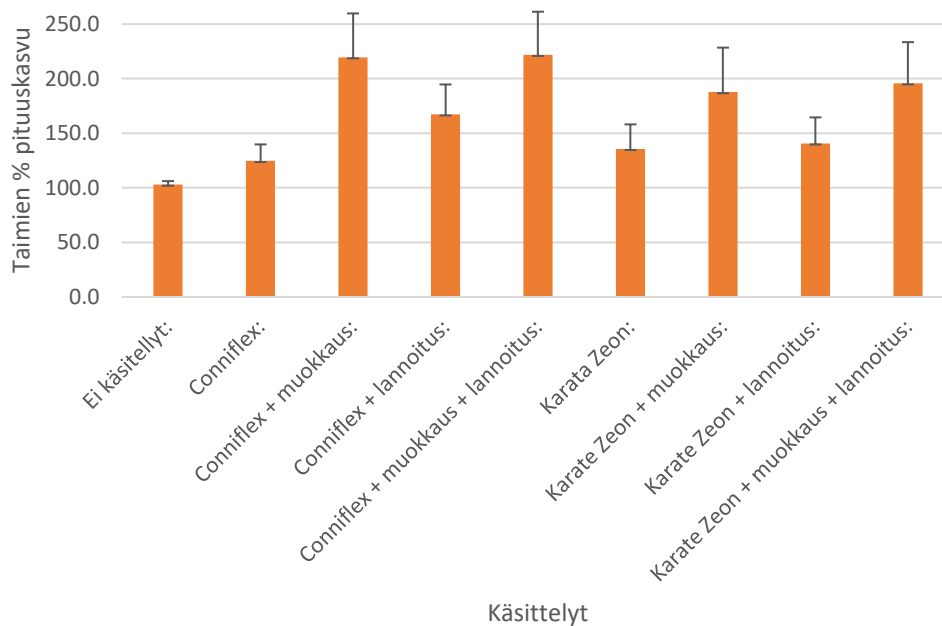
Taimien pituuskasvu oli suurinta muokatussa maassa olleilla taimilla. Molemmat hiekkakäsitteltyt sekä kemiallisesti käsitellyt taimet kasvoivat parhaiten muokatussa maassa. Prosentuaalisesti korkeinta pituuskasvu oli hiekkakäsitellyillä taimilla muokatussa maassa ilman lannoitusta ja sen kanssa. Lannoittamattomien hiekkakäsitteltyjen taimien pituuskasvu oli muokatussa maassa 219.6 % ja lannoitettujen 221.8 %. Kemiallisesti käsiteltyjen taimien pituuskasvu muokatussa maassa oli 187.7 % ilman lannoitusta ja 195.7 % lannoituksen kanssa (kuva 6 ja liite 3). Muokkaamattomassa maassa hiekkakäsitteltyjen taimien pituuskasvu oli ilman lannoitusta 124.6 % ja lannoituksen kanssa 167.3 %. Kemiallisesti käsiteltyjen taimien pituuskasvu oli muokkaamattomassa maassa ilman lannoitusta 135.7 % ja lannoituksen kanssa 140.7 %. Kontrollin eli ei käsiteltyjen taimien pituuskasvu oli 102.9 % (kuva 6 ja liite 3). Taimien prosentuaalinen pituuskasvu oli suurempaa lannoituksen kanssa, niin muokkaamattomassa maassa kuin muokatussakin.

Käsittelyiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja prosentuaalisessa pituuskasvussa ( $p < 0.05$ ). Ei käsiteltyjen taimien prosentuaalinen pituuskasvu erosi tilastollisesti merkitsevästi muokatussa maassa olleista hiekkakäsitellyistä lannoitetuista ( $p = 0.022$ ) ja lannoittamattomista ( $p = 0.026$ ) taimista. Lannoitettujen käsittelyiden ja ei lannoitettujen käsittelyiden erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Erot eivät myöskään olleet merkitseviä hiekkakäsitteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien välillä samoilla maanmuokkaus ja lannoitus käsittelyillä.

Taimien tyviläpimitan prosentuaalinen kasvu oli tasaisempaa kuin pituuskasvun. Ei käsiteltyjen taimien tyviläpimitan kasvu oli lopputilanteessa 73.1 %. Hiekkakäsitteltyjen taimien tyviläpimitan kasvu muokkaamattomassa maassa oli ilman lannoitusta 78 % ja lannoituksen kanssa 89.2 %. Muokatussa maassa hiekkakäsitteltyjen taimien tyviläpimitan kasvu oli ilman lannoitusta 123.2 % ja lannoituksen kanssa 127.8 % (kuva 6 ja liite 3). Kemiallisesti käsiteltyjen taimien tyviläpimitan kasvu oli muokkaamattomassa maassa ilman lannoitusta 115.4 % ja lannoituksella 113.1 %. Muokatussa maassa kemiallisesti käsiteltyjen taimien tyviläpimitan kasvu oli ilman lannoitusta 126.2 % ja lannoituksen kanssa 140 % (kuva 5 ja liite 3). Tyviläpimitan prosentuaalinen kasvu oli tasaisempaa eri käsittelyjen välillä kuin pituuskasvun.

Tyviläpimitan prosentuaalisen kasvun keskiarvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0.002$ ). Ei käsitellyt taimet eroavat tyviläpimitan kasvun osalta muokatussa maassa olleista

kemiallisesti käsitellyistä taimista lannoituksen kanssa ja ilman, sekä muokatussa maassa olleista hiekkakäsitellyistä taimista lannoituksen kanssa. Lisäksi muokkaamattomassa maassa olleet hiekkakäsitellyt taimet erosivat tilastollisesti muokatussa maassa olleista lannoitetuista kemiallisesti käsitellyistä taimista tyviläpimitan kasvussa, ero näkyy selkeästi kuvassa 6. Lannoitettujen ja lannoittamattomien taimien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa tyviläpimitan prosentuaalisessa kasvussa. Tilastollisesti eroja ei myöskään ollut hiekkakäsiteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien välillä samoissa maanmuokkaus- ja lannoituskäsittelyissä.



**Kuva 6.** Taimien (%) pituuden ja tyviläpimitan kasvu kokeen aikana eri käsittelyillä.

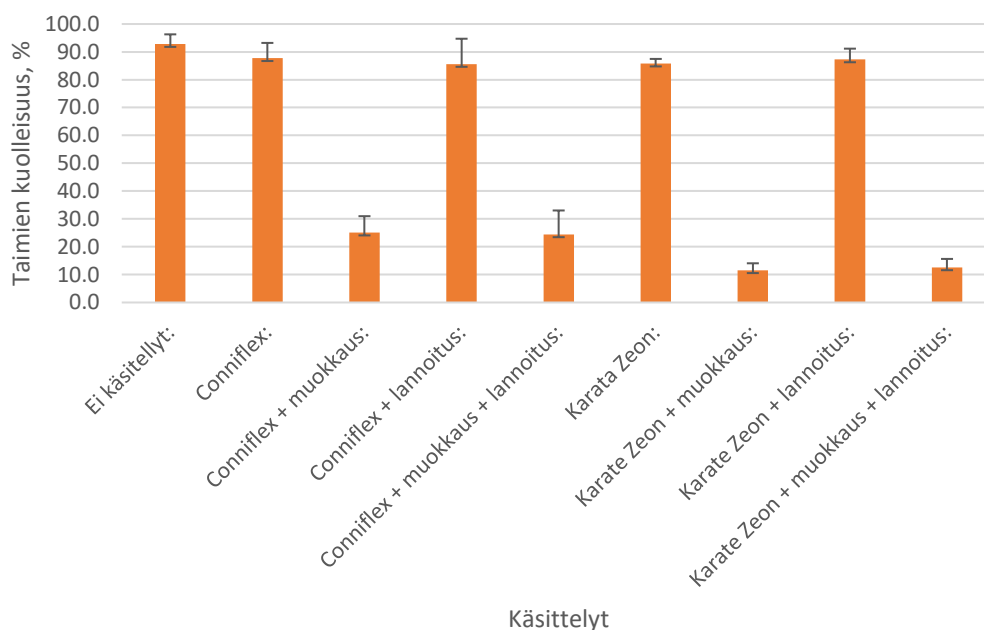
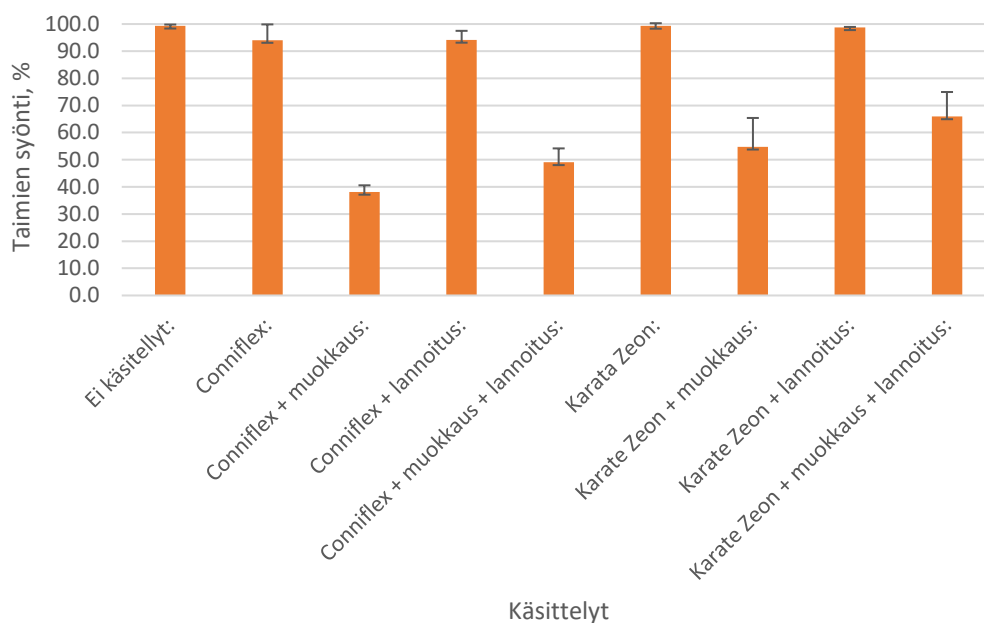
### 3.2 Taimien kunto

Kokeen loppuvaiheessa ei käsiteltyjen eli kontrollitaimien tukkimiehentäisyönti oli 99.4 %. Hiekkakäsiteltyjen tukkimiehentäisyönti oli muokkaamattomassa maassa ilman lannoitusta 94.1 % ja lannoituksen kanssa 94.1 %. Muokatussa maassa ilman lannoitusta syönti oli 38.1 % ja lannoituksen kanssa 49.0 % (kuva 7 ja liite 4). Kemiallisestikäsiteltyjen taimien tukkimiehentäisyönti oli muokkaamattomassa maassa ilman lannoitusta 99.3 % ja lannoituksella 98.8 %. Muokatussa maassa kemiallisestikäsiteltyjen taimien tukkimiehentäisyönti oli ilman lannoitusta 54.8 % ja lannoituksen kanssa 65.9 % (kuva 7 ja liite 4). Muokkaamattomassa maassa tukkimiehentäisyönti oli suurempaa kuin muokatussa maassa kaikilla taimikäsitelyillä. Muokkaamattomassa maassa taimien syönti oli suurempaa lannoituksen kanssa kuin ilman. Lisäksi kemiallisesti käsiteltyjä taimia oli syöty muokatussa maassa enemmän kuin hiekkakäsiteltyjä taimia.

Tukkimiehintäin syönnin erot käsittelyillä olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0.001$ ). Kaikkien muokkaamattomassa maassa olleiden käsittelyjen ja muokatussa maassa olleiden käsittelyiden tukkimiehentäisyöntierot olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0.05$ ). Lisäksi muokatussa maassa olleiden hiekkakäsiteltyjen taimien tukkimiehentäisyöntiero oli tilastollisesti merkitsevä muokatussa maassa olleisiin lannoitettuihin kemiallisesti käsiteltyihin taimiin ( $p = 0.038$ ). Saman käsittelyn lannoitetuilla taimilla ja ei lannoitetuilla taimilla ei ollut tilastollista eroa tukkimiehentäisyönnissä. Lisäksi kemiallisesti käsiteltyjen ja hiekkakäsiteltyjen taimien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, samoilla maanmuokkaus ja lannoitus ominaisuuksilla.

Kokeen loppuvaiheessa taimien kuolleisuus oli ei käsitellyillä taimilla 92.2 %. Hiekkakäsitellyillä taimilla kuolleisuus oli muokkaamattomassa maassa ilman lannoitusta 87.7 % ja lannoituksen kanssa 85.6 %. Muokatussa maassa hiekkakäsiteltyjen taimien kuolleisuus oli ilman lannoitusta 25.1 % ja lannoituksen kanssa 24.4 % (kuva 7 ja liite 4). Kemiallisesti käsiteltyjen taimien kuolleisuus muokkaamattomassa oli ilman lannoitusta 85.8 % ja lannoituksen kanssa 87.3 %. Muokatussa maassa kemiallisesti käsiteltyjen taimien kuolleisuus oli ilman lannoitusta 11.6 % ja lannoituksella 12.6 % (kuva 7 ja liite 4). Kuolleisuus oli selvästi suurempaa muokkaamattomassa maassa kuin muokatussa. Muokatussa maassa kemiallisesti käsiteltyjen taimien kuolleisuus oli hieman pienempää kuin hiekkakäsiteltyjen taimien.

Taimien kuolleisuuksien väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0.001$ ). Muokatussa maassa olleiden käsittelyiden ja muokkaamattomassa maassa olleiden taimien kuolleisuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Lannoitettujen ja lannoittamattomien käsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kuolleisuudessa. Kuolleisuudessa ei myöskään ollut tilastollista eroa hiekkakäsiteltyjen ja kemiallisestikäsiteltyjen taimien välillä, samoilla maanmuokaus ja lannoitus käsittelyillä.



**Kuva 7.** Taimien tukkimiehentäisyönti ja kuolleisuus (%) kokeen aikana eri käsittelyillä.

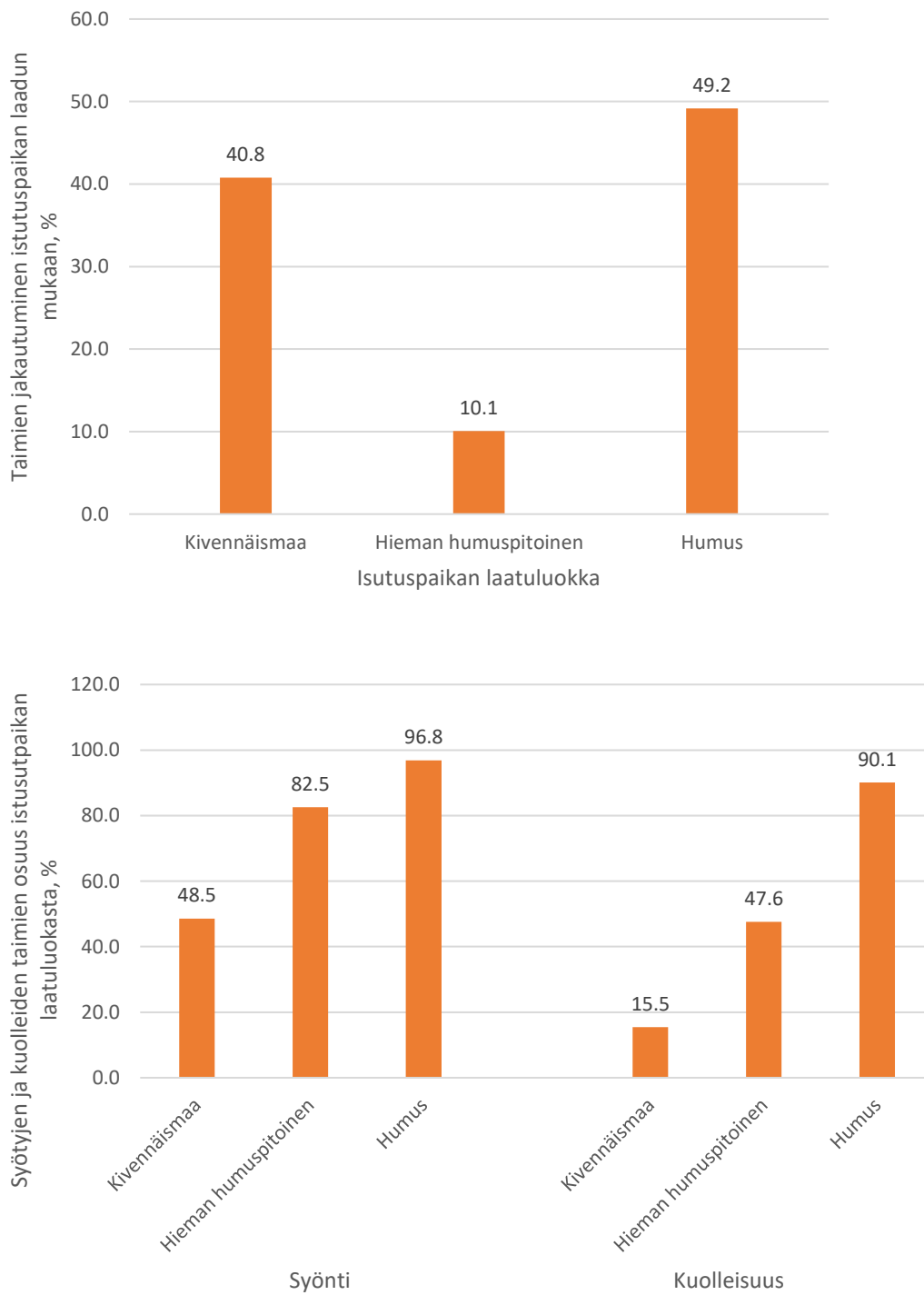
Istutuspaikan laatua tarkasteltiin kokonaisuutena ja käsittelyittäin (taulukko 3) uudistamisalojen keskiarvoina. Kaikista taimista 40.8 % oli istutettu kivennäismaahan, 10.1 % hieman humuspitoiseen maahan ja 49.2 % täysin humuspitoiseen maahan (kuva 8). Muokkaamattoman maan käsittelyjen taimet olivat pääsääntöisesti istutettu humuspitoiseen maahan, esimerkiksi hiekkäkäsittelyistä taimista 93.1 % oli istutettu humuspitoiseen maahan (taulukko 3). Muokatussa maassa taimet olivat istutettu pääsääntöisesti kivennäismaahan, esimerkiksi kemiallisesti käsitellyistä taimista 87.1 % oli istutettu kivennäismaahan, 12.2 % hieman humuspitoiseen maahan ja 0.7 % täysin humuspitoiseen maahan (taulukko 3). Muokkaamattoman maan ja muokatun maan taimia oli istutettu myös hieman humuspitoiseen maahan. Lisäksi muokkaamattoman maan taimia oli istutettu hieman kivennäismaahan ja muokatun maan taimia humuspitoiseen maahan, nämä prosenttiosuudet olivat kuitenkin pieniä (taulukko 3). Istutus oli pääsääntöisesti onnistunut tavoitteen mukaisesti.

Taimien tukkimiehentäisyönti oli kivennäismaassa 48.5 %, hieman humuspitoisessa maassa 82.5 % ja humuksessa 96.8 % (kuva 8). Kuolleiden taimien osuus kivennäismaassa oli 15.5 %, hieman humuspitoisessa maassa 47.6 % ja täysin humuspitoisessa maassa 90.1 % (kuva 8). Sekä taimien tukkimiehentäisyönti että taimien kuolleisuus olivat pienintä kivennäismaassa ja suurinta humuspitoisessa maassa.

**Taulukko 3.** Taimien prosentuaalinen jakautuminen istutuspaikan laadun mukaan käsittelyittäin.

Käsittelyt	Istutuspaikan laatu keväällä 2020, %		
	Kivennäis- maa	Hieman hu- muspitoinen	Humus
<b>Ei käsitellyt</b>	1.1	5.1	93.7
<b>Conniflex</b>	0.7	6.2	93.1
<b>Conniflex + maanmuokkaus</b>	87.0	12.4	0.7
<b>Conniflex + lannoitus</b>	2.9	10.2	86.9
<b>Conniflex + maanmuokkaus + lannoitus</b>	89.4	9.7	0.9
<b>Karate Zeon</b>	1.4	8.8	89.8
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus</b>	87.1	12.2	0.7
<b>Karate Zeon + lannoitus</b>	0.9	11.2	87.9
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus + lannoitus</b>	84.4	13.6	2.0





**Kuva 8.** Kaikkien taimien jakautuminen istutuspaikan laatuluokkiin sekä syötyjen ja kuolleiden taimien osuus laatuluokissa.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 4.1 Tulosten tarkastelu

Tässä työssä taimien koko kokeen alkutilanteessa oli erilainen hiekkakäsiteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien välillä. Kemiallisesti käsitellyt taimet olivat pidempiä kuin hiekkakäsitellyt taimet ja tämä ero johtuneet taimien erilaisesta paakkukoosta. Hiekkakäsiteltyjen taimien paakut olivat pieniä, ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien paakut olivat keskikokoisia. Taimet olivat kuitenkin saman ikäisiä, jolloin paakun koko on todennäköinen syy taimien erikokoisuuteen lähtötilanteessa, mikä vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Tämän vuoksi taimien kasvua tarkasteltiin enemmän prosentuaalisen kasvun avulla. Hiekkakäsiteltyjen taimien ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien tyviläpimitat alkutilanteessa olivat hyvin samankaltaiset. Todellisuudessa hiekkakäsiteltyjen taimien tyviläpimita oli hieman pienempi, koska hiekkaliimakerros taimen ympärillä kasvatti tyviläpimittaa. Taimien tyviläpimitat eivät kuitenkaan eronneet tilastollisesti merkitsevästi.

Tämän kokeen perusteella taimien kasvu oli suurempaa muokatussa maassa kuin muokkaamattomassa maassa. Tämä oli oletettavaa, koska maanmuokkaus parantaa taimien kasvuolosuhteita mm. maanlämpötilan nousun ja ravinteiden saatavuuden avulla (Laine ym. 2019). Hiekkakäsitellyillä taimilla muokatussa maassa kasvaneiden ja muokkaamattomassa maassa kasvaneiden taimien väliset erot taimien kasvussa oli suuremmat kuin kemiallisesti käsitellyillä taimilla. Hiekkakäsitellyt taimet kasvoivat myös prosentuaalisesti enemmän pituutta kuin kemiallisesti käsitellyt taimet tai kontrollitaimet. Etenkin muokatussa maassa hiekkakäsiteltyjen taimien prosentuaalinen pituuskasvu oli suurempaa kuin kemiallisesti käsiteltyjen. Kokeen lopputilanteessa kuitenkin kemiallisesti käsiteltyjen taimien absoluuttiset pituudet olivat suurempia kuin hiekkakäsiteltyjen, mikä todennäköisesti johtuu suuremmasta taimikoosta jo istutusvaiheessa.

Taimien tyviläpimitan kehitys taas oli hyvin samankaltainen kaikilla taimilajeilla. Kuitenkin muokatussa maassa taimien tyviläpimitan prosentuaalinen kasvu oli suurinta. Maanmuokkaus siis edisti taimien kasvua. Lannoituksen kanssa taimien kasvu oli yleensä suurempaa verrattuna ilman lannoitusta hiekk- että kemiallisesti käsitellyillä taimilla. Kuitenkin kemiallisesti käsitellyillä taimilla muokkaamattomassa maassa tyviläpimitan prosentuaalinen kasvu oli 2.3 % -

yksikköä pienempi lannoituksen kanssa kuin ilman. Lannoituksen tarkoituksena oli edistää taimien kasvua ja tulosten perusteella kahden vuoden kasvukauden jälkeen, lannoituksesta on ollut hyvin pieni etu kasvussa. Erot eivät kuitenkaan olleet lannoituksen vaikutuksen osalta tilastollisesti merkitseviä, joten tässä tutkimuksessa lannoitus ei tuonut merkittävää etua taimien kasvuun. Aikaisemmin on saatu tuloksia, jossa arginiinilannoite ei lisännyt kuusien kasvua merkittävästi ensimmäisen kasvukauden jälkeen (Luoranen & Saksa 2023). Häggströmin ym. (2021) tutkimuksessa arginiinilannoite vahvisti männyn taimien selviytymistä muokatussa maassa, kuitenkin muokkaamattomassa maassa selviytymisessä ei ollut eroa lannoitettujen ja lannoittamattomien taimien välillä.

Tässä kokeessa kontrollitaimien tukkimiehentäisyönti oli suurta, yli 90 %. Tämä osoitti tukkimiehintäin syöntiriskin koealueilla. Uudistamisaloille oli jätetty hakkuutähdekasvoja, jotka ovat voineet lisätä alueiden houkuttelevuutta tukkimiehentäille. Tukkimiehintäin syönti oli tässä kokeessa huomattavasti suurempaa muokkaamattomassa maassa kuin muokatussa maassa. Aikaisempien tutkimuksien perusteella onkin todettu, että mätästys maanmuokkausmenetelmänä vähentää tukkimiehintäin aiheuttamia tuhoja (Heiskanen & Viiri 2005). Kivennäismaa taimen ympärillä vähentää myös taimen tukkimiehentäisyöntiä (Petersson ym. 2005).

Tässä työssä tukkimiehentäisyöntiä tarkasteltiin vain syöty/ei syöty akselilla, joka on aika suppea rajaus. Tällöin tutkimuksessa ei saatu selvillä syöntimäärän eroja muokatussa maassa ja muokkaamattomassa maassa. Esimerkiksi Luorasen ym. (2022) tutkimuksessa hiekkakäsittellyt taimet ovat pärjänneet paremmin vähäistä tukkimiehintäin syöntiä vastaan, kuin kemiallisesti käsitellyt taimet. Tässä työssä muokkaamattomalla maalla kaikkien käsittelyjen tukkimiehintäisyönti oli yli 90 %. Taimien syönti oli myös suurempaa kemiallisesti käsitellyillä taimilla kuin hiekkakäsittelyillä taimilla. Tämä ero johtunee siitä, että kemiallisesti käsitellyillä taimilla ei ole mekaanista suojaa tukkimiehintäitä vastaan niin kuin hiekkakäsittelyllä taimella. Tukkimiehintäi siis pääsee syömään kemiallisesti käsiteltyä taimea (Rose ym. 2006), joten syöntijälkiä on oletettavasti tämän vuoksi enemmän kemiallisesti käsitellyillä taimilla kuin hiekkakäsittelyillä taimilla. Tämä ero käsittelyjen välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä, joten voidaan olettaa, että hiekkakäsittely ja kemiallinen käsittely on antanut yhtä hyvän suojan tukkimiehintäitä vastaan.

Toisaalta vain 60 % taimesta voidaan hiekkakäsitellä ilman että taimen kasvuedellytykset heikenevät merkittävästi (Nordlander ym. 2009). Tällöin hiekkakäsitteltyjen taimien käsittelemättömän yläosa jää alttiiksi tukkimiehentäin syönnille. Tämä mahdollisesti lisäsi taimien tukkimiehentäisyöntiä hiekkakäsitellyillä taimilla. Tuloksista huomataan, että lannoitettuja taimia tukkimiehentäi oli syönyt hieman enemmän, kuin lannoittamattomia. Lannoitettujen taimien syönti oli myös Häggströmin ym. (2023) tutkimuksessa lannoitetuilla taimilla suurempaa kuin ei lannoitetuilla. Tämä voi johtua siitä, että lannoitus vaikuttaa taimien kemiallisiin ominaisuuksiin, mikä johtaa siihen, että lannoitus tekee taimista tukkimiehentäille maistuvampia. Lannoituksella ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitystä tässä tutkimuksessa tukkimiehentäisyönnin suhteen.

Taimien kuolleisuus muokkaamattomassa maassa oli suurta yli 80 % kaikilla käsittelyillä. Taimikuolleisuus oli huomattavasti suurempaa muokkaamattomassa maassa kuin muokatussa maassa. Maanmuokkaus siis näyttää edistävän taimien selviytymistä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että jos ei käytetä maanmuokkausta tai tukkimiehentäisuojaattuja taimia, taimien kuolleisuus on ollut noin 20-70 % (Viiri & Kytö 2001). Hiekkakäsitteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien kuolleisuus oli samantasoista muokkaamattomassa maassa. Muokatussa maassa hiekkakäsitteltyjen taimien kuolleisuus oli suurempaa, vaikka kemiallisesti käsiteltyjen taimien tukkimiehentäisyönti oli korkeampaa. Tästä voidaan päätellä, että kemiallisesti käsiteltyjen taimien tukkimiehentäisyönti saattoi olla määrällisesti pienempää kuin hiekkakäsitteltyjen, tai kemiallisesti käsitellyt taimet kestivät paremmin tukkimiehentäisyöntiä. Lisäksi tätä eroa voi mahdollisesti selittää taimien erikokoisuus. Muokkaamattomassa maassa taimien tukkimiehentäisyönti ja kuolleisuus ovat hyvin samalla tasolla kaikilla käsittelyillä. Voidaan siis olettaa, että suuri osa taimista olisi kuollut tukkimiehentäisyönnin vaikutuksesta. Kuolleisuutta on voinut aiheuttaa myös kuivuus ja muut taimituholaiset. Muokatussa maassa taimet ovat kestäneet paremmin tukkimiehentäisyöntiä ja se on ollut todennäköisesti määrältään pienempää kuin muokkaamattomassa maassa, mikä selittäisi muokatussa maassa taimien alhaisempaa kuolleisuutta tukkimiehentäisyönnistä huolimatta.

Tässä työssä selvisi, että istutuspaikan laatu vaikuttaa myös tukkimiehentäisyöntiin ja kuolleisuuteen. Kivennäismaan istutuspaikoilla syönti ja kuolleisuus oli selkeästi pienempää kuin hieman humuspitoisilla tai täysin humuspitoisilla mailla. Täysin humuspitoisilla istutuspaikoille syönti ja kuolleisuus oli kaikkein suurinta. Jo pienikin humuksen määrä istutuspaikassa

lisäsi taimien tukkimiehentäisyöntiä ja kuolleisuutta. Tämä tulos vahvistaa maanmuokkauksen merkitystä taimen selviämisen kannalta. Maanmuokkaus paljastaa kivennäismaata ja kivennäispitoisella maalla taimet pärjäsivät paremmin kuin humuspitoisella maalla. Kivennäismaalla taimien syöntiä oli melkein 50 %:lla taimista, kuitenkin kuolleisuus jäi vain 15.5 %:iin, joka on hyvin samankaltainen tulos kuin taimikäsitteilyjen, jotka olivat muokatussa maassa. Kivennäismaa taimien ympärillä vähentää taimien tukkimiehentäisyöntiä (Petersson ym. 2005, Luoranen ym. 2017).

## 4.2 Johtopäätökset ja jatkotutkimuksen tarpeet

Tässä tutkimuksessa ilman maanmuokkausta ei saatu aikaan kasvatuskelpoista taimikkoa edes tukkimiehentäisuojuilla taimilla. Uudistaminen ei onnistunut muokkaamattomalla maalla. Tukkimiehentäin syöntituhot ovat riski muokkaamattomassa maassa. Tutkimuksen lopputuloksen kannalta ei ollut merkitystä käytettiinkö hiekkäkäsiteltyjä Conniflex-taimia vai kemiallisesti käsiteltyjä Karate Zeon- taimia. Tämän työn perusteella uudistamisessa vaaditaan maanmuokkaus (paljasta kivennäismaata) uudistamisen onnistumiseksi. Muokatussa maassa hiekkäkäsiteltyt ja kemiallisesti käsitellyt taimet pärjäsivät. Sama huomio on tehty Luorasen ym. (2022) tutkimuksessa. Siinä todettiin myös, että kuusen taimien kuolleisuus oli pienempää ja kasvu nopeampaa muokatussa maassa kuin muokkaamattomassa maassa. Tässä työssä saatiin samanlainen tulos. Todennäköisesti tukkimiehentäisyönti on aiheuttanut muokkaamattomassa maassa olleiden taimien kuolemia, koska kuolleisuus ja tukkimiehentäin prosentit olivat arvoltaan lähellä toisiaan.

Toisaalta ei ole varmaa, että taimien kuolleisuus olisi johtunut pelkästään tukkimiehentäisyönnistä. Kuolleisuus on voinut myös johtua muista tekijöistä, esimerkiksi kuivuudesta tai muista tuhoeläimistä. Kuolleisuus on voinut tapahtua myös syönnin sekundaarisena vaikutuksena. Saatujen työn tuloksien perusteella voidaan todeta, että taimien istuttaminen muokkaamattomaan maahan ei ole järkevää, sillä se lisää tukkimiehentäin syönnin riskiä, mikä kertoo kivennäismaan merkityksestä taimen ympärillä syönnin välttämiseksi. Nordlanderin ym. (2011) tutkimuksessa saatiin kuitenkin kasvatuskelpoinen kuusen taimikko aikaiseksi tukkimiehentäisuojaamattomilla taimilla, jos ne oli pääsääntöisesti istutettu paljaaseen kivennäismaahan. Myös Nordlanderin ym. (2011) tutkimustulos korostaa maanmuokkauksen merkitystä. Tässä tutkimuksessa lannoituksella ei saatu tilastollisesti merkitseviä hyötyjä taimien kasvussa

tai selviytymisessä muokkaamattomassa eikä muokatussa maassa, toisin kuin Häggströmin ym. (2023) tutkimuksessa.

Tämän työn tulokset eivät ole laajasti yleistettävissä. Kokeen otos oli pieni (3 uudistamisalaa) ja maantieteelliseltä alueeltaan myös vain yhden kunnan kattava. Lisäksi vertailukelpoisuuteen vaikuttavat taimien erilaiset alkuperät ja kokoerot. Esimerkiksi hiekkakäsiteltyjen ja kemiallisesti käsiteltyjen taimien paakkukoon erot voivat vaikuttaa taimien menestymiseen. Lisäksi tässä kokeessa oli tarkasteltu vain istutuspaikan laatua, tukkimiehentäisyöntiä ja kuolleisuutta. Kokeessa ei otettu huomioon kesien sääolosuhteiden vaikutusta tai muita kuolleisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi Luorasen ym. (2022) tutkimuksessa todettiin, että taimien kuolleisuutta on todennäköisesti lisännyt tutkimuskesien kuumuus. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että lämpimämpinä ja pidempinä kasvukausina esiintyy enemmän tukkimiehentäitä (Inward ym. 2012). Täten sääolosuhteet olisi hyvä huomioida jatkotutkimuksissa. Lisäksi kokeita olisi hyvä tehdä erilaisilla uudistamiskohteilla ja seurata tuloksia pidempiä ajanjaksoja.

## KIRJALLISUUS

- Arevo. Produktinformation. 2024. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.arevo.se/produkter/> [viitattu 6.1.2024].
- Conniflex. Method. 2023. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.conniflex.se/en-gb/> [viitattu 5.4.2023].
- Heiskanen, J. ja Viiri, H. 2005. Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22: 154–161.
- Helenius, P., Himanen, K., Nygren, M., Vaahtera, E. ja Ylioja, T. 2015. Kuusen ja männyn käpy- ja siementuhot. *Luonnonvarakeskus*. 124 s.
- Häggström, B., Domevcik, M., Öhlund, J. ja Nordin, A. 2021. Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting position and arginine phosphate addition. *Scandinavian Journal of Forest Research* 36(6): 423–433.
- Häggström B., Lutter R., Lundmark T., Sjödin F. ja Nordin A. 2023. Effect of arginine-phosphate addition on early survival and growth of Scots pine, Norway spruce and silver birch. *Silva Fennica* 57(2): 22013.
- Inward, D.J.G., Wainhouse, D. ja Peace, A. 2012. The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius abietis* and the potential impacts of climate change. *Agricultural and Forest Entomology* 14: 348–357.
- Karate Zeon- Käyttöohjeet. 2024. [Verkkodokumentti] Syngenta. Saatavissa: <https://www.syngenta.fi/product/crop-protection/tuhohyonteisten-torjunta-aine/karate-zeon> [viitattu 10.1.2024].
- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. *Folia Forestalia* 727. 18 s.
- Kulju, I., Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. ja Vaahtera, E. 2023. *Metsätilastollinen vuosikirja 2022*. 59 s.
- Laine, T., Luoranen, J. ja Ilvesniemi, H. (toim.) 2019. *Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN*. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 58/2019. *Luonnonvarakeskus*. Helsinki. 83 s.
- Lalík, M., Galko, J., Kunca, A., Nikolov, C., Rell, S., Zúbrik, M., Dubec, M., Vakula, J., Gubka, A., Leontovyč, R., Longauerov´a, V., Konopka, B. ja Holuša, J. 2021. Ecology, management and damage by the large pine weevil (*Hylobius abietis*) (Coleoptera: Curculionidae) in coniferous forests within Europe. *Central European Forestry Journal* 67: 91–107.
- Luoranen, J. ja Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. *Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö*. Gummerus Kirjapaino Oy. 108 s.
- Luoranen, J. ja Viiri, H. 2012. Soil preparation reduces pine weevil (*Hylobius abietis* (L.)) damage on both peatland and mineral soil sites one year after planting. *Silva Fennica* 46(1): 151–

161.

Luoranen, J. ja Saksa, T. 2023. The effects of arginine phosphate (ArGrow® Granulat) on growth of Scots pine and Norway spruce seedlings planted in varying soil layer structures simulating site preparation. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 2023: 1–10.

Luoranen, J., Viiri, H., Sianoja, M., Poteri, M. ja Lappi, J. 2017. Predicting pine weevil risk: Effects of site, planting spot and seedling level factors on weevil feeding and mortality of Norway spruce seedlings. *Forest Ecology and Management* 389: 260–271.

Luoranen, J., Laine, T. ja Saksa, T. 2022. Field performance of sand-coated (Conniflex®) Norway spruce seedlings planted in mounds made by continuously advancing moulder and in undisturbed soil. *Forest Ecology and Management* 517: 120259.

Löf, M., Isacson, G., Rydberg, D. ja Welander, T. 2004. Herbivory by the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and short-snouted weevils (*Strophosoma melanogrammum* Forst. and *Oti-orhynchus scaber* L.) during the conversion of a wind-thrown Norway spruce forest into a mixed-species plantation. *Forest Ecology and Management* 190: 281–290.

Metsäinfo. Tukkimiehentäi. 2023 [Verkkodokumentti] Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://metsainfo.luke.fi/fi/cms/opus/tuhonaiheuttajaluettelo/tukkimiehentai-2> [viitattu 9.3.2023].

Nordlander, G., Nordenhem, H. ja Hellqvist, C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology* 11: 91–100.

Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K. ja Nordenhem, H. 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forest Ecology and Management* 262: 2354–2363.

Petersson, M., Orlander, G. ja Nordlander, G. 2005. Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78: 83–92.

Poteri, M. (toim.) 2008. Taimituho-opas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö. Gummerus Kirjapaino Oy. 155 s.

Puulajinvalinta. Metsänhoitotieto. 2023. [Verkkodokumentti] Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://projects.luke.fi/kehityshyppy/metsanhoitotieto/puulajinvalinta/> [viitattu 10.5.2023]

Rose, D., Matthews, G.A. ja Leather, S.R. 2006. Sub-lethal responses of the large pine weevil, *Hylobius abietis*, to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin. *Physiological Entomology* 31(4): 316–327.

Saksa, T. 2011. Kuusen istutustaimien menestyminen ja tukkimiehentäin tuhot eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2011: 91–105.

Saksa, T. ja Nerg, J. 2008. Kuusen istutus, luontainen uudistaminen ja näiden yhdistelmät kuusen uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2008: 255–267.

Siemen Forelia. Siemenet Kuusi. 2024. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://siemenforelia.fi/siemenet/kuusi/> [viitattu 10.1.2024].



Sikström, U., Hjelm, K., Holt Hanssen, K., Saksa, T. ja Wallertz, K. 2020. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review. *Silva Fennica* 54: 2.

Skogsstyrelsen, 2021. Levererade skogsplantor 2020 (Forest seedlings delivered for planting 2020). Sveriges Officiella Statistik, Statistiska Meddelanden JO0313 SM 2001.

Taimituotanto vuonna 2022. [Verkkodokumentti] Ruokavirasto. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/metsapuiden-siemenet-ja-taimet/tilastot/siemen--ja-taimitilastot-2006-2022/taimituotanto-vuonna-2022/> [viitattu 10.1.2024].

Taimityypit ja -koot. 2024. [Verkkodokumentti] Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://projects.luke.fi/kehityshyppy/metsanhoitotieto/istutus-2/taimihuolto/taimilajit-ja-niiden-koko/> [viitattu 7.1.2024].

Tilastotietokanta. Siemen ja taimitilastot. 2022. [Verkkodokumentti] Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/> [viitattu 10.5.2023].

Thorsen, A., Mattsson, S. ja Weslien, J. 2001. Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius* spp.). *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 54–66.

Tukes. KemiDigi. Kasvinsuojeluinerekisteri. 2024. [Verkkodokumentti] Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa: <https://www.kemidigi.fi/kasvinsuojeluinerekisteri/haku> [viitattu 10.1.2024].

Viiri, H. ja Kytö, M. 2001. Tukkimiehentäituhot ja niiden torjunta. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2001: 270–274.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. ja Väisänen, P. (toim.). 2019. Metsänhoidon suositukset. *Tapion julkaisuja*. 255 s.

**Liitteet**

**Liite 1.** Maanmuokkausjälki ja muokkaamaton maa vierekkäin uudistamisalalla 2 ©Sara Ruokonen.



**Liite 2.** Taimien keskipituudet ja keskityviläpimitat, sekä niiden keskihajonta eri taimikäsitteilyillä uudistamisaloittain.

Käsittelyt	Uudistamisala 1		Uudistamisala 2		Uudistamisala 3	
	H, cm	D <sub>0</sub> , mm	H, cm	D <sub>0</sub> , mm	H, cm	D <sub>0</sub> , mm
<b>Ei käsitellyt:</b>						
kevät 2020	15.3 ± 3.0	3.5 ± 0.6	13.7 ± 2.6	3.8 ± 0.4	14.0 ± 2.3	3.8 ± 0.4
syksy 2020	21.6 ± 6.1	4.3 ± 0.6	18.4 ± 3.2	4.5 ± 1.3	20.3 ± 4.6	4.5 ± 1.0
syksy 2021	31.6 ± 12.0	5.6 ± 1.2	27.2 ± 7.1	7.5 ± 1.8	28.3 ± 9.3	6.2 ± 1.7
<b>Conniflex:</b>						
kevät 2020	13.7 ± 2.9	3.6 ± 0.5	10.9 ± 2.7	3.5 ± 0.5	11.7 ± 4.2	3.6 ± 0.5
syksy 2020	20.7 ± 4.5	4.7 ± 0.9	17.0 ± 4.4	4.6 ± 0.8	21.5 ± 4.2	4.8 ± 0.8
syksy 2021	28.4 ± 10.3	6.1 ± 1.5	24 ± 11.4	6.7 ± 1.8	28.6 ± 6.5	6.1 ± 0.9
<b>Conniflex + maanmuokkaus:</b>						
kevät 2020	14.2 ± 3.3	3.6 ± 0.8	9.7 ± 2.5	3.5 ± 0.7	9.8 ± 2.4	3.4 ± 0.5
syksy 2020	23.9 ± 18.6	5.2 ± 0.9	19.4 ± 4.5	4.8 ± 0.8	18.8 ± 3.9	4.5 ± 0.8
syksy 2021	37.4 ± 10.2	7.9 ± 1.7	34.3 ± 8.6	7.9 ± 1.6	33.6 ± 7.8	7.4 ± 1.5
<b>Conniflex + lannoitus:</b>						
kevät 2020	12.7 ± 3.0	3.8 ± 0.7	10.2 ± 2.7	3.4 ± 0.4	10.6 ± 2.3	3.4 ± 0.5
syksy 2020	19.9 ± 3.5	4.7 ± 0.9	17.3 ± 4.9	4.4 ± 1.0	20.3 ± 4.8	4.5 ± 0.7
syksy 2021	29.6 ± 7.9	6.2 ± 1.5	27.3 ± 5.8	7.4 ± 1.0	31.9 ± 7.5	6.4 ± 1.2
<b>Conniflex + maanmuokkaus + lannoitus:</b>						
kevät 2020	13.2 ± 3.5	3.5 ± 0.7	10.2 ± 2.6	3.3 ± 0.6	10.3 ± 2.4	3.6 ± 0.6
syksy 2020	21.5 ± 5.0	5.1 ± 0.9	21.2 ± 4.7	4.9 ± 0.9	19.6 ± 4.6	4.7 ± 0.8
syksy 2021	35.9 ± 9.8	7.6 ± 4.3	37.5 ± 8.8	8.1 ± 1.7	33.7 ± 9.4	8.0 ± 1.6
<b>Karata Zeon:</b>						
kevät 2020	16.6 ± 3.5	3.5 ± 0.6	11.9 ± 2.3	3.4 ± 0.4	12.1 ± 2.8	3.5 ± 0.4
syksy 2020	23.5 ± 6.3	4.7 ± 1.1	21.0 ± 4.4	4.6 ± 1.0	21.9 ± 3.8	4.5 ± 0.8
syksy 2021	34.2 ± 9.1	8.1 ± 1.5	31.0 ± 10.2	7.5 ± 1.7	29.2 ± 5.8	7.0 ± 1.2
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus:</b>						
kevät 2020	18.5 ± 3.4	3.6 ± 0.5	11.5 ± 2.7	3.7 ± 0.5	12.3 ± 3.0	3.7 ± 0.4
syksy 2020	27.7 ± 5.2	5.3 ± 0.9	21.9 ± 4.4	5.1 ± 0.9	22.3 ± 4.7	4.8 ± 0.7
syksy 2021	46.0 ± 11.4	8.3 ± 1.5	39.6 ± 9.2	8.7 ± 1.7	33.2 ± 7.4	7.8 ± 1.5
<b>Karate Zeon + lannoitus:</b>						
kevät 2020	17.5 ± 3.6	3.7 ± 0.5	14.9 ± 3.2	3.5 ± 0.4	12.2 ± 2.6	3.6 ± 0.4
syksy 2020	26.5 ± 5.8	4.8 ± 1.1	25.2 ± 4.7	5.4 ± 1.1	23.4 ± 5.2	4.6 ± 0.8
syksy 2021	36.3 ± 9.5	7.6 ± 1.4	37.3 ± 8.9	8.6 ± 2.0	32.3 ± 7.7	7.0 ± 1.9
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus + lannoitus:</b>						
kevät 2020	18.5 ± 3.9	3.7 ± 0.6	12.9 ± 3.3	3.6 ± 0.5	11.4 ± 3.1	3.6 ± 0.5
syksy 2020	29.4 ± 5.5	5.6 ± 0.9	24.2 ± 4.7	5.5 ± 1.1	22.1 ± 4.8	4.8 ± 0.9
syksy 2021	44.8 ± 11.9	8.6 ± 1.7	42.1 ± 9.1	9.5 ± 1.6	36.3 ± 7.7	8.3 ± 1.6

**Liite 3.** Taimien keskimääräinen prosentuaalinen pituus- ja tyviläpimitan kasvu kokeen aikana.

Käsittelyt	Uudistamisalojen keskiarvot ja keskihajonta	
	H, cm   % kasvu	D <sub>0</sub> , mm   % kasvu
<b>Ei käsitellyt:</b>		
syksy 2020	40.4 ± 4.3	19.7 ± 2.3
syksy 2021	102.9 ± 3.2	73.1 ± 17.9
<b>Conniflex:</b>		
syksy 2020	64.1 ± 14.5	33.1 ± 0.8
syksy 2021	124.6 ± 15.1	78.0 ± 11.2
<b>Conniflex + maanmuokkaus:</b>		
syksy 2020	86.5 ± 13.5	38.8 ± 5.1
syksy 2021	219.6 ± 40.2	123.2 ± 3.4
<b>Conniflex + lannoitus:</b>		
syksy 2020	72.6 ± 14.4	28.9 ± 3.6
syksy 2021	167.3 ± 27.5	89.2 ± 21.8
<b>Conniflex + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
syksy 2020	86.6 ± 18.5	41.8 ± 8.3
syksy 2021	221.8 ± 39.5	127.8 ± 12.2
<b>Karata Zeon:</b>		
syksy 2020	66.4 ± 17.6	31.9 ± 2.2
syksy 2021	135.7 ± 22.5	115.4 ± 12.7
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus:</b>		
syksy 2020	73.7 ± 17.1	38.7 ± 7.3
syksy 2021	187.7 ± 40.8	126.2 ± 10.9
<b>Karate Zeon + lannoitus:</b>		
syksy 2020	70.6 ± 16.3	36.7 ± 10.6
syksy 2021	140.7 ± 23.9	113.1 ± 20.8
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
syksy 2020	80.4 ± 15.3	44.6 ± 9.3
syksy 2021	195.7 ± 37.7	140.0 ± 14.7

**Liite 4.** Taimien keskimääräinen tukkimiehentäin syönti ja kuolleisuus (%) kokeen aikana.

Käsittelyt	Uudistamisalojen keskiarvot ja keskihajonta	
	Taimien syönti, %	Kuolleisuus, %
<b>Ei käsitelty:</b>		
syksy 2020	95.0 ± 4.2	87.7 ± 5.9
syksy 2021	99.4 ± 0.5	92.2 ± 3.5
<b>Conniflex:</b>		
syksy 2020	79.8 ± 14.7	69.6 ± 14.7
syksy 2021	94.1 ± 5.8	87.7 ± 5.5
<b>Conniflex + maanmuokkaus:</b>		
syksy 2020	8.7 ± 2.9	13.0 ± 2.0
syksy 2021	38.1 ± 2.5	25.1 ± 5.9
<b>Conniflex + lannoitus:</b>		
syksy 2020	80.1 ± 12.5	70.2 ± 14.9
syksy 2021	94.1 ± 3.4	85.6 ± 9.1
<b>Conniflex + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
syksy 2020	11.7 ± 6.4	13.1 ± 1.0
syksy 2021	49.0 ± 5.2	24.4 ± 8.6
<b>Karata Zeon:</b>		
syksy 2020	91.1 ± 3.5	73.0 ± 5.0
syksy 2021	99.3 ± 1.0	85.8 ± 1.7
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus:</b>		
syksy 2020	18.0 ± 1.9	7.0 ± 1.8
syksy 2021	54.8 ± 10.6	11.6 ± 2.5
<b>Karate Zeon + lannoitus:</b>		
syksy 2020	92.5 ± 3.5	76.0 ± 8.6
syksy 2021	98.8 ± 0.2	87.3 ± 3.9
<b>Karate Zeon + maanmuokkaus + lannoitus:</b>		
syksy 2020	20.0 ± 1.5	7.1 ± 3.4
syksy 2021	65.9 ± 9.0	12.6 ± 3.1