

OTSONIVEDEN KÄYTTÖ LEIKKORUUSUN KASVINSUOJELUSSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Puutarhatalous, hortonomi (AMK)

Syksy 2022

Ninni Tihinen

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Tekijä Ninni Tihinen

Työn nimi Otsoniveden käyttö leikkoruusun kasvinsuojelussa

Ohjaaja Arto Vuollet

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan otsoniveden käyttöä kasvinsuojelussa. Otsonin desinfiointivaroitukset löydettiin jo yli 100 vuotta sitten ja sitä on käytetty veden puhdistamiseen jo 1800-luvun lopussa. Nykypäivänä otsoniveden mahdollisuuksia on tutkittu eri tieteenaloilla, kuten kemianteollisuudessa ja lääketieteessä korvaamaan muita puhdistusaineita. Suomessa otsoniveden käyttöä kasvinsuojelussa on tutkinut emeritusprofessori Risto Tahvonen vuodesta 2014 saakka. Positiivisia tuloksia on saatu niin kasvitautien, kuin erilaisten homesienien torjunnassa. Minor-patogeenit, kuten *Alternaria* ja *Cladosporium* -sukujen homesienet sekä vihannespunkit (*Tetranychus urticae*) on pystytty hävittämään otsoniveden avulla.

Otsoniveden vaikutusta kalifornianripsiaiseen (*Frankliniella occidentalis*), villakilpikkään (*Phenacoccus citri*) ja vihannespunkkiin (*Tetranychus urticae*) tarkasteltiin kokeessa, joka toteutettiin keskisuomalaisen puutarhayrityksen leikkoruusuviljelmällä. Koe suunniteltiin yhteistyössä Risto Tahvosen kanssa. Kokeessa huoneeseen määriteltiin otsonivesi-käsittelyn saavat alueet ja alueet, jotka jäivät käsittelemättömiksi verrokeiksi. Otsonivesialueet käsiteltiin kaksi kertaa päivässä arkipäivisin pitoisuudeltaan 300–400 ppb otsonivedellä. Kokeessa laskettiin tuholaisten määrät kerran viikossa määrättyiltä alueilta ja niistä pidettiin kirjaa. Lisäksi kokeessa laskettiin koealueiden satomäärät kappaleina ja sato punnittiin viiden gramman tarkkuudella. Koe suoritettiin toukokuusta lokakuuhun 2022. Lopulliset tulokset julkaistaan myöhemmin yhteistyössä Risto Tahvosen kanssa.

Kokeissa ei huomattu otsoniveden aiheuttavan vioitusta kasveihin. Lisäksi tämä koe antoi viitettä siitä, että otsonivedellä on mahdollista poistaa villakilpikän suojaava vahakerrosta. Otsonivesikäsittelyllä saatiin myös torjuttua ansarikirvoja (*Macrosiphum euphorbiae*). Lisäksi otsoniveden huomattiin kuivattavan kasvinesteen kasvien leikkuupinnoilta hieman nopeammin kuin normaalitilanteessa. Otsoniveden ruiskutus on kuitenkin reppuruiskulla työlästä sekä hidasta ja tiheä kasvusto on haastava saada täysin käsitellyksi tällä menetelmällä. Lisäksi otsoniveden vaikutusta hyötyeliöihin tulisi tutkia ennen sen käyttöä integroidussa kasvinsuojelussa.

Avainsanat Otsonivesi, kasvunlisäys, kasvinsuojeluaine

Sivut 25 sivua ja liitteitä 4 sivua

In this thesis the possibilities of ozone water use as a plant protection method against pests was studied. Ozone water's disinfectant properties were discovered over 100 years ago, and it was already used in water purification in late 19th century. Nowadays possibilities of ozone water have been studied in different industrial sectors, like in the chemical and medicine industry, to replace traditional disinfectants. In Finland Risto Tahvonen (Emeritus Professor) has studied ozone water treatments since 2014. Positive results have been obtained in prevention of plant diseases and fungus infections. Minor-pathogens like *Alternaria* and *Cladosporium* fungi. Also two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) have been successfully wiped out with ozone water treatments.

Effect of ozone water to western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), citrus mealybug (*Phenacoccus citri*) and two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) were studied with a test, which was put in practise in a cut rose farm in Central Finland. The test was done in collaboration with Risto Tahvonen. Ozone water treatment areas were treated with ozone water two times on working days with a concentration of 300–400 ppb ozone water. Pests were calculated once a week and crop yield during harvest. The test was performed in autumn 2022 and results will be published later in collaboration with Risto Tahvonen.

Preliminary test shows that ozone water does not cause damage to plants in the tested concentration of 300-400 ppb. This study showed that with the tested treatment it can be possible to remove the protective wax layer from the citrus mealybug. It also seems that ozone water will dry the sap from the cutting surfaces little faster than normal. With backpack sprayer ozone water treatment is a slow and troublesome process and it is difficult to get ozone water all over in the vegetation with this method, especially if the growth is very strong. In addition, it should be studied how the ozone water affect beneficial insects, like predator mites, before using it in integrated plant protection.

Keywords Ozone water, growth booster, plant protection

Pages 25 pages and appendices 4 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Aineisto	2
2.1	Otsoni ja otsonivesi	2
2.1.1	Otsoniveden käyttö yleisesti	2
2.1.2	Otsoniveden käyttö ja ominaisuudet	4
2.1.3	Otsonivesi kasvinsuojelussa	4
2.1.4	Otsonivesi kasvien pintahomeiden hävittäjänä	6
2.2	Kasvintuhoojat	6
2.2.1	Kalifornianripsäinen (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	6
2.2.2	Villakilpikkä (<i>Phenacoccus citri</i>)	9
2.2.3	Vihannespunkki (<i>Tetranychus urticae</i>)	11
2.2.4	Minor-patogeenit kasvien lehdillä	13
3	Menetelmät	14
4	Mittaukset	17
5	Tulokset ja tulosten tulkinta	19
6	Pohdinta ja johtopäätökset	24
	Lähteet	26

Liitteet

- Liite 1 Satotaulukko, johon merkataan koeriveittäin ja käsittelyittäin sadon määrä kappaleittain ja painon mukaan viiden gramman tarkkuudella. Lisäksi merkataan käyttökelvoton sato.
- Liite 2 Kalifornianripsiaisten seurantataulukko, johon merkataan tuholaihavainnot kappalemäärittäin käsittelyjen ja koerivien mukaan.
- Liite 3 Vihannespunkkien seurantataulukko, johon merkataan vihannespunkki havaintojen määrä koeriveittäin ja käsittelyittäin.
- Liite 4 Villakilpiköiden seurantataulukko, johon merkataan villakilpikkä havainnot koerivi ja käsittelykohtaisesti.

1 Johdanto

Otsonivesi on vielä suhteellisen uusi asia kasvinsuojelussa, eikä sen kaikista mahdollisuuksista olla vielä täysin selvillä. Otsoniveden on todettu olevan voimakkaasti hapettavaa, mikä voi tarjota uusia keinoja torjua kasvitauteja sekä tuholaisia. Jos tulevaisuudessa tutkimuksissa todetaan, että otsonivedellä pystytään torjumaan kasvintuhoojia sekä parantamaan sadontuottoa, voi tieto mullistaa koko kasvinsuojelun. Kasvinsuojelua olisi helpompi toteuttaa esimerkiksi viherkasveilla myymälätiloissa, missä ei normaalisti pystytä käyttämään perinteisiä kasvinsuojeluaineita. Tiedon avulla voidaan myös kehittää kasvituotannon kasvinsuojelua ympäristö- ja käyttäjäystävällisempään suuntaan. Perinteisten kasvinsuojeluaineiden käytössä on paljon rajoitteita, joilla pyritään ehkäisemään ympäristöhaittoja sekä resistenssien tuhojakantojen syntyä. Lisäksi perinteiset kasvinsuojeluaineet eivät ole yleensä käyttäjäystävällisiä, vaan niiden käyttäminen vaatii hyvää ja tarkkaa suojavarustusta ja varoaikojen noudattamista. Otsoniveden käytössä ei ole varoajoja, mikä mahdollistaa sen käytön missä ja milloin tahansa. Otsoniveden käyttöä kasvinsuojelussa kehittämässä olleen emeritusprofessori Risto Tahvosen mukaan käytön yhteydessä ei myöskään tarvita hanskoja tai suojalaseja suurempia suojavarusteita. Tulevaisuuden kasvinsuojelu voi näin ollen olla helppoa ja mukavaa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää otsoniveden mahdollisuuksia torjua kalifornianripsiaistä (*Frankliniella occidentalis*), villakilpikkää (*Phenacoccus citri*) sekä vihannespunkkia (*Tetranychus urticae*), jotka ovat kasvihuonetuotannossa ja viherkasveilla yleisiä tuholaisia. Lisäksi kokeessa pyrittiin tarkkailemaan parantaako otsonivesi kasvien sadontuottoa poistamalla kasvien pinnalla kasvavia lehtihomeita, jotka heikentävät kasvin yhteyttämistä. Koe suoritettiin toukokuusta lokakuuhun 2022, jonka jälkeen tuloksista tehdään erillinen julkaisu yhdessä Risto Tahvosen kanssa, joten kokeen tarkempia tuloksia ei julkaista tässä opinnäytetyössä. Opinnäytetyössä tuodaan esille niitä kysymyksiä, ajatuksia sekä havaintoja, jotka kokeen aikana nousevat esille ja joista on hyötyä jatkotutkimuksia suunniteltaessa.

2 Aineisto

2.1 Otsoni ja otsonivesi

Otsoni on kolmen happiatomin muodostama molekyyli. Otsonia syntyy, kun auringon ultravioletti säteily hajottaa happimolekyyliä O_2 happiatomeiksi O ja kun syntynyt happiatomi reagoi happimolekyylin kanssa luoden otsonimolekyylin O_3 . Otsonia esiintyy luonnossa eniten ilmakehän yläosan otsonikerroksessa, joka on 15–30 km korkeudessa, mutta myös muualla ilmakehässä. Otsonia voi syntyä luontaisesti myös ukonilmalla salamoinnin aiheuttaman koronapurkauksen seurauksena. (Ilmatieteenlaitos, n.d.) Otsonimolekyyli on erittäin epästabiili ja herkästi reagoiva. Se luovuttaa helposti yhden happiatomeistaan, mikä tekee siitä erittäin voimakkaan hapettimen.

Hapettavan ominaisuutensa ansiosta otsonilla on monia hyödyllisiä käyttömahdollisuuksia, mutta samasta syystä otsoni on terveydelle haitallista. Otsoni voi vahingoittaa limakalvoja ja hengitysteitä. (Helecleaner, 2021) Otsonin havaitsi ensimmäisen kerran hollantilainen kemisti Martinus van Marum jo vuonna 1785 (Lenntech, n.d.).

Otsonivedessä pieni määrä otsonia on liuotettu veteen. Luonnossa otsonia esiintyy pieninä määrinä vedessä ainoastaan sateen ja salamoinnin yhteydessä. Otsonvettä voidaan kuitenkin luoda hallitun koronapurkauksen ja paineen yhteisvaikutuksella. Koronapurkauksessa syntynyt otsoni liuotetaan virtaavaan veteen paineen avulla. Veteen liuotettu otsoni ei enää vapaudu ilmaan, vaan hajoaa happimolekyyleiksi hapettumisreaktion yhteydessä. Otsonin määrää vedessä ilmaistaan yksiköllä ppb, joka on lyhenne sanoista parts per billion ja se tarkoittaa suomeksi miljardisosaa. Otsonin pitoisuudet vedessä ovat hyvin pieniä ja tämänhetkisellä tekniikalla pitoisuudet yltyvät parhaimmillaan hieman yli 2 000 ppb pitoisuuteen. (Risto Tahvonen, henkilökohtainen tiedonanto, 23.2.2022)

2.1.1 Otsoniveden käyttö yleisesti

Otsonin antimikrobiset ominaisuudet havaitsi saksalainen tiedemies C. Lender vuonna 1870 ja vuonna 1873 Cornelius Benjamin Fox löysi otsonin mikro-organismeja hävittävän

ominaisuuden. Otsonin mahdollisuuksia veden puhdistamiseen tutkittiin jo vuonna 1893 Hollannissa, kun ranskalaiset tiedemiehet kehittivät tavan puhdistaa juotavaksi tarkoitettua vettä otsonin avulla. Vuonna 1907 ranskalainen kemisti Maurius-Paul Otto perusti ensimmäisen yrityksen, jonka toiminta painottui veden puhdistamiseen otsonin avulla. 1900-luvun aikana otsonin mahdollisuuksia tutkittiin muun muassa haavojen ja syövän hoidossa, sekä eliminoimaan myrkyllisiä kaasuja. Lisäksi otsonia käytettiin hedelmien ja juuston varastoinnissa ehkäisemään homeiden kasvua. Vuonna 1965 sveitsiläisen tutkimuksen myötä otsonin avulla poistettiin torjunta-ainejäämiä ja epäpuhtauksia. 1980-luvulta alkaen otsonia on käytetty uima-altaiden puhdistamiseen. (Solutionozone, 2018)

Otsoniveden käytön suurimpiin etuihin kuuluu sen turvallisuus, desinfiointikyky ja ympäristöystävällisyys. Verrattuna pelkkään otsoniin, otsonivettä on helpompi hallita ja turvallisempi käyttää. Käytön yhteydessä otsonivedessä oleva otsoni hajoaa happimolekyyleiksi, eikä jätä haitallisia jäämiä ympäristöön. Tästä syystä otsonivettä on käytetty nykypäivänä siivous- ja elintarviketeollisuudessa vaihtoehtoisena desinfiointiaineena perinteisten kemikaalien tilalla. Otsonivesi ei kuitenkaan pysty poistamaan runsaita rasva- ja proteiinijäämiä samalla tavalla kuin perinteiset puhdistusaineet ja näin ollen ei korvaa niitä täysin siivouksessa. (Juponaho, 2018, s. 20) Otsoniveden avulla pystytään parantamaan myös tuoreiden kasvien säilyvyyttä (Sarron ym., 2021).

Otsonivedestä on haettu ratkaisua myös lääketieteellisiin ongelmiin. Vuonna 2020 tehdyn tutkimuksen mukaan otsonivesi on hyvä vaihtoehto alkoholipohjaisten desinfiointiaineiden tilalle SARS-CoV-2 viruksen leviämisen ehkäisyssä (Martins ym., 2020). Vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa otsoniveden on todettu hävittävän hyvin *Escherichia coli* -bakteeria ja aiheuttavan vähemmän iho-ongelmia kuin alkoholipohjaiset desinfiointiaineet (Braidablik ym. 2019). Otsoniveden mahdollisuuksia on tutkittu myös ihon bakteeri-infektioiden ja kroonisen virtsatientulehduksen hoitamisessa. Eläinlääketieteessä otsonivettä on testattu haavojen ja ihon sieni-infektioiden hoidossa. (Hydzone, n.d.)

2.1.2 Otsoniveden käyttö ja ominaisuudet

Otsonivettä tuotetaan sitä varten kehitetyllä otsonivesigeneraattorilla. Generaattori valmistaa otsonin koronapurkauksen avulla ja liuottaa syntyneen otsonin veteen. Nykyisellä tekniikalla otsonivesigeneraattorista tuleva otsonivesi saadaan tehtyä noin 0–2 000 ppb pitoiseksi. Käytettävän otsoniveden vahvuuteen vaikuttavat veden lämpötila, suutin, ruiskutusetäisyys ja käytetty aika. Otsonivettä tehdessä, tulee käyttää mahdollisimman puhdasta vettä ja useimmissa tapauksissa se tarkoittaa vesijohtovettä. Likaista vettä, kuten järvivettä, käytettäessä otsoni reagoi jo vedessä olevien epäpuhtauksien kanssa eikä veden otsonipitoisuutta voi saada tarpeeksi vahvaksi. Myös ilman lämpötila vaikuttaa otsoniveden kestävyYTEEN, lämpimässä ilmassa otsoni hajoaa vedestä nopeammin hapeksi kuin kylmässä ilmassa. Lämmin ilma lämmittää myös vettä, mikä nopeuttaa hajoamisprosessia. Käytössä on myös huomioitava se, että ruiskutukseen käytettävä reppuruisku on tarkoitettu ainoastaan otsonivedelle. Jos samalla repulla ruiskutetaan esimerkiksi vesijohtovettä, jää vesijohtovedestä reppuruiskuun pieniä jäämiä, jotka reagoivat otsonivedessä olevan otsonin kanssa. Tällöin otsoniveden pitoisuutta ei saada tarpeeksi vahvaksi. Suuttimen tulee olla viuhkasuutin ja käytetyn paineen mahdollisimman alhainen. Mitä karkeajakoisempaa otsonivesi tulee suuttimesta, sitä suurempaa pitoisuutena se saadaan kasvin lehdille. Hienojakoisesta ja pienipisaraisesta vesisuihkusta otsoni hajoaa nopeammin hapeksi. Karkeajakoisessa ja matalalla paineella tehdyssä ruiskutuksessa otsoni pysyy vedessä kauemmin. Kasvit tulee ruiskuttaa <15 cm etäisyydeltä. Mitä suurempi ruiskutusetäisyys kasviin on, sitä heikompa pitoisuutena otsonia on vedessä sen osuessa kasviin, sillä otsonia ehtii hajota ruiskutettavan veden mukana ilmaan. Otsoniveden käyttöikä on vain noin 20 minuuttia siitä, kun se on tehty otsonigeneraattorilla, sillä heti otsoniveden luonnin jälkeen otsoni alkaa hajoamaan hapeksi.

2.1.3 Otsonivesi kasvinsuojelussa

Emeritusprofessori Risto Tahvosen (henkilökohtainen tiedonanto, 23.2.2022) tekemissä kokeissa, otsonivedellä on pystytty torjumaan härmää kurkulta, kun kasvi käsitellään kolmesti päivässä otsonivedellä, jonka pitoisuus on 300–400 ppb. Härmän torjunnassa otsonivedellä oleellista on, että torjunta kohdistuu härmäsienen kuiviin, ilmaveitteisiin

itiöihin ja kuroumiin, jotka leviävät päiväsaikana ja sairastuttavat kasvin yöllä korkeammassa ilmakehässä. Otsonivesi hapettaa kuroumia tehokkaasti, mutta ei kuitenkaan tehoa kasvin pinnalla jo olevaan aktiiviseen rihmatoon. Tahvosen tutkimuksissa pitoisuudeltaan 300–400 ppb otsonivesi ei ole aiheuttanut kasveihin havaittavia vioituksia.

Väkevällä, 1 500–2 000 ppb otsonivedellä on pystytty poistamaan juuristotauteja aiheuttavaa *Pythium*-sientä kastelujärjestelmästä. *Pythium*-sienen on todettu olevan erittäin herkkä otsonivedelle ja se on saatu poistettua viljelmiltä desinfioimalla tyhjät viljelytilat ja kastelujärjestelmät peruspuhdistuksen jälkeen väkevyydeltään >1 500 ppb otsonivedellä. Jo sairastuneista kasveista sientä ei voida saada pois, koska sieni on kasvin sisällä suojassa eikä otsonivesi pääse näin ollen tehoamaan siihen. Myös juuria ympäröivä kasvualusta estää otsoniveden tehon sientä vastaan, koska otsonivesi reagoi kasvualustan orgaanisten materiaalien kanssa ennen kuin se pääsee kosketuksiin juuren kanssa. (Tahvonen, henkilökohtainen tiedonanto, 23.2.2022)

Tahvosen (henkilökohtainen tiedonanto, 23.3.2022) mukaan otsoniveden vaikutuksista kasvintuholaisiin on toistaiseksi hyvin vähän tutkimuksellista tietoa. Vihannespunkilla on tehty koe, jossa tuholaisia ruiskutettiin 300–400 ppb pitoisella otsonivedellä aamulla ja illalla. Kolmen päivän ruiskutusjakson todettiin pysäyttävän tuholaisten etenemisen. On yleisesti tiedossa, että vihannespunkteja voidaan torjua sumuttamalla niihin vettä useita kertoja. Vesi imeytyy punkin sisälle aiheuttaen sen halkeamisen. Tämän vaikutusmekanismin perusteella voidaan olettaa otsoniveden olevan tehokas kaikkiin hyönteisiin, joilla on ohut ja herkkä iho, kuten vihannespunkkeihin ja kirvoihin. Otsonivedellä on havaittu mahdollisesti olevan torjuva vaikutus punkkeihin sekä ripsiäisiin. Vaikutus on todettu toisen tutkimusten yhteydessä. Kun otsoniveden vaikutusta härmän torjuntaan testattiin mansikkaviljelmällä, havaittiin kokeen lopuksi, että viljelmällä ei ollut enää ripsiäisiä tai punkkeja, joita oli ollut ennen kokeen aloitusta. Otsoniveden on todettu myös hävittävän jauhiaisia mansikkaviljelmällä sekä persikkakirvoja huonekasveista. Nämä havainnot on kuitenkin tehty muiden tutkimusten ohessa ja tarkempia tutkimuksia otsoniveden vaikutuksesta tuholaisiin tarvitaan.

Tahvosen mukaan (henkilökohtainen tiedonanto, 23.3.2022) eri tuholaislajit saattavat olla eri tavoilla kestäviä otsonivettä vastaan. Esimerkiksi kirvojen eri lajeilla on todettu olevan eroja siihen, kuinka herkästi ne reagoivat otsoniveden hapettavaan ominaisuuteen.

Persikkakirva (*Myzus persicae*), joka on yksi yleisimmistä kirvalajeista kasvihuoneissa, on herkempi otsonivesikäsitteilylle kuin esimerkiksi omenakirva (*Aphis pomi*) joka viettää suurimman osan elämästään ulkona puiden latvoissa. Siellä sille on todennäköisesti kehittynyt luontaisesti parempi suoja otsonin ominaisuuksia vastaan.

2.1.4 Otsonivesi kasvien pintahomeiden hävittäjänä

Emeritusprofessori Risto Tahvosen (henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2022) mukaan otsoniveden hapettavan ominaisuuden avulla on mahdollista hävittää kasvien lehdiltä paljaalle silmälle näkymättömiä homeita. Tällaiset homeet ovat yleensä *Alternaria* ja *Cladosporium* -sukujen homesieniä. Kyseisten homeet heikentävät kasvien yhteyttämistä ja aiheuttavat sadon alennusta, mikä on tyypillisesti noin 5–8 %. Otsonivesiruisutusten avulla tällaiset homeet on mahdollista hävittää kasvin lehdiltä ja parantaa sadontuottoa 5–8 %. Alustavia tuloksia on jo saatu kasvihuonekurkulla tehdyistä kokeista.

2.2 Kasvintuhoojat

2.2.1 Kalifornianripsiäinen (*Frankliniella occidentalis*)

Kalifornianripsiäinen on kotoisin Pohjois-Amerikan länsiosista, josta se on levinnyt kasvien mukana laajalle alueelle Eurooppaan. Suomessa kalifornianripsiäinen on vieraslaji ja kasvihuonetuholainen, jonka hävittäminen on vaikeaa. (Vänninen & Huusela-Veistola, 2015a). Suomessa kalifornianripsiäinen pystyy talvehtimaan ainoastaan lämpimänä pidettyjen kasvihuoneiden sokkelien vierustoilla, aluskasvillisuuden seassa (Ahvenniemi, 2012, s. 246). Aikuinen kalifornianripsiäinen on 1–2 mm pitkä. Sillä on kaksi siipiparia, jotka ovat kapeita ja hapsureunaisia. Siivistään huolimatta kalifornianripsiaiset ovat huonoja lentäjiä ja ne liikkuvatkin pidemmät matkat paikasta toiseen ihmisten ja ilmajirtojen mukana. Väriyty voi vaihdella vaalean keltaisesta tummanruskeaan. Kalifornianripsiaisen

erottaa muista ripsiäisistä sen ruumiissa olevien pitkien karvasukasten avulla, jotka voi nähdä mikroskoopin avulla (Kuva 1). (Koskula, 2000, s. 37)

Kuva 1. Kalifornianripsinäinen kelta-ansassa. Kalifornianripsinäinen on muodoltaan pitkulainen ja väritys voi vaihdella vaaleankeltaisesta tummanruskeaan isäntäkasvin mukaan. Sen erottaa muista ripsiäisistä sen ruumiissa olevien karvasukasten avulla, jotka on mahdollista nähdä mikroskoopin avulla. (Kuva Ninni Tihinen)



Kalifornianripsinäisen elinkierto on kuusi vaihetta. Aikuinen naaras munii elämänsä aikana 40–100 munaa kasvisolukon sisään, jossa ne ovat suojassa ulkoisilta vaaratekijöiltä. Kalifornianripsinäiset voivat lisääntyä sekä suvullisesti että suvuttomasti. Hedelmöittyneistä munista kuoriutuu sekä koiraita että naaraita, hedelmöittymättömistä munista kuoriutuu ainoastaan koiraita. Kuoriutumisen jälkeen kalifornianripsinäisellä on kaksi toukkavaihetta ja kaksi kotelovaihetta. Toukkavaiheet kalifornianripsinäinen viettää ruokaillen kasvien lehdillä ja kukissa. Kotelovaiheen ripsinäinen viettää kasvualustassa noin 1–5 mm syvyydessä. Koteloita voi olla myös kasvien lehdillä, kukissa tai kasvihuoneen rakenteissa. Toisesta kotelovaiheesta kuoriutuu aikuinen kalifornianripsinäinen. Kehitys munasta aikuiseksi kestää noin 13 vuorokautta +25°C lämpötilassa. (Koskula, 2000, ss. 33–38)

Kalifornianripsinäinen on moniruokainen ja vioittaa kasveja imemällä niiden kasvisolukosta kasvineiteitä. Vioitus näkyy isäntäkasvin mukaan kasvien lehdillä, kukilla ja hedelmissä

kuivuneina ja ruskeina, keltaisina tai hopeisina laikkuina. Imentävioituksia voi olla lehtien keskiosissa tai reunoilla (Kuva 2). Imiessään kasvinesteitä kalifornianripsiaäinen voi samalla levittää kasvitauteja kuten tomaatin pronssilaikkuvirusta (Vänninen & Huusela-Veistola, 2015a). Kalifornianripsiaisten on todettu käyttävän ravinnokseen myös vihannespunkkien ja petopunkkien munia (Koskula, 2000, s. 36).

Kuva 2. Kalifornianripsiaisen aiheuttamaa vioitusta leikkoruusun terälehdellä. Vioitus näkyy terälehtien reunoilla tummina laikkuina. (Kuva Ninni Tihinen)



Kalifornianripsiaisen torjunta on haasteellista, koska laji kehittää herkästi resistenssin torjunta-aineita vastaan. Lisäksi torjuntaa hankaloittaa se, että kalifornianripsiaäinen viihtyy kukkien ja nuppujen suojassa, minne torjunta-aineiden vaikutus ei useinkaan yllä (Koskula, 2000, s. 38). Kauppapuutarhaliiton julkaiseman Koristekasvien tuholaistorjunta-listan mukaan Suomessa on käytettävissä tällä hetkellä kemiallisista torjunta-aineista Conservea (spinosadi, koeluvalla), NeemAzalia (atsadiraktiini, koeluvalla), Vertimecia (abamektiini) ja erilaisia pyretroidi-valmisteita. Kemiallisten torjunta-aineiden valikoima kuitenkin vähenee jatkuvasti. Kalifornianripsiaisen biologiseen torjuntaan voidaan käyttää ripsiaispetopunkkia (*Neoseiulus cucumeris*), *Orius*-petoluteita, *Amblyseius swirskii*-petopunkkeja ja harsosääskipetopunkkeja (*Hypoaspis miles*). (Biotus, n.d.-a). Lisäksi viljelyssä kannattaa keskittyä lajikkeisiin, jotka kestävät ripsiaisiä paremmin. Kalifornianripsiaiset voidaan

hävittää kasvinhuoneesta myös pitämällä kasvihuonetta alle +5°C lämpötilassa vähintään kolme viikkoa. (Koskula, 2000, s. 38)

2.2.2 Villakilpikkä (*Phenacoccus citri*)

Villakilpikkä on villakilpikirvojen heimoon kuuluva, Etelä-Aasiasta kotoisin oleva hyönteislaji, joka on levinnyt viljelykasvien mukana lähes joka puolelle maailmaa. Suomessa villakilpikkä ei elä luonnonvaraisena, vaan sitä tavataan tuholaisena viherkasveilla. Aikuinen villakilpikkä naaras on ovaalin muotoinen, 2,5–5 mm pitkä ja 2–3 mm leveä. Naaraat ovat väriltään harmaanvalkoisia ja niillä on selässä pitkittäissuuntainen tumma raita (Kuva 3). Hyönteistä suojaa sen itsensä erittämä puuterimainen vahakerros ja ruumista reunustaa 18 paria vahapiikkejä, joista peräpään vahapiikit ovat hieman pidempiä. (Vänninen & Huusela-Weistola, 2015b) Koiraiden havainnointi on vaikeampaa niiden pienen koon takia. Koiras ei muistuta naaraspuolista villakilpikkää lainkaan, vaan enemmänkin pientä, 2–3 mm pituista, vaaleaa kärpystä. Koirailta on siivet, joilla ne pystyvät helposti liikkumaan paikasta toiseen. (Koskula, 2000, s. 30)

Kuva 3. Aikuisia villakilpiköitä leikkoruusun oksanhaarassa. Aikuiset villakilpikät ovat muodoltaan ovaalinmuotoisia ja väriltään vaaleanharmaita. Niillä on selässä pitkittäissuuntainen tumma raita. Kellertävät, untuvamaiset munasäkit näkyvät kuvassa aikuisten villakilpiköiden alla suojassa. (Kuva Ninni Tihinen)



Villakilpikät lisääntyvät suvullisesti ja korkeassa ilmastokosteudessa ja lämpötilassa naaras voi elämänsä aikana laskea useita satoja munia. Naaras laskee keltaiset munat villamaisen munasäkin suojaan, joka kehittyy naaraan takaruumiissa. Toukat kuoriutuvat noin viikon kuluttua muninnasta. Villakilpikän kehitys munasta aikuiseksi vie kasvihuoneolosuhteissa 1–2 kuukautta. Aikuisten naaraiden elinikä on 2–3 kuukautta, koiraiden vain muutaman päivän. (Koskula, 2000, s. 32)

Villakilpikät käyttävät ravinnokseen kasvinesteitä, joita ne imevät kasvin heikoista osista kuten nivelistä ja oksanhaaroista. Vain naaras ruokailevat, koiras eivät lyhyen elämänsä aikana ehdi vioittaa kasveja. Rungas villakilpiköiden esiintymä ja imentä heikentää kasvia ja voi aiheuttaa niiden kellastumista. Villakilpikät erittävät myös tahmeaa mesikastetta, joka tahraa kasveja ja toimii kasvualustana nokisienille, joka myös heikentää kasvin yhteyttämistä ja aiheuttaen kosmeettista haittaa. (Vänninen & Huusela-Veistola, 2015) Villakilpikät voivat myös erittää syljessään kasveille myrkyllisiä kemikaaleja, jotka aiheuttavat kasveihin epämuodostumia (Kuva 4) (Koskula, 2000, s. 32).

Kuva 4. Villakilpiköiden aiheuttamaa imentävioitusta leikkoruusun oksan taitekohdassa. Ruokaillessaan kasvinesteillä villakilpikkä erittää kasviin myrkkyä, joka voi aiheuttaa leikkoruusulla kuvassa näkyvän vaalean, pahkamaisen epämuodostuman. (Kuva Ninni Tihinen)



Villakilpiköiden torjunta on haasteellista niiden itsensä tuottaman suojaavan vahakerroksen takia. Kemiallisia torjunta-aineita on käytettävissä vain vähän (Kemidigi, n.d.). Biologiseen torjuntaan voidaan käyttää amerikanleppäpirkkoja (*Cryptolaemus montrouzieri*), *Anagyrus vladimiri* -loispistiäisiä ja *Anagyrus fusciventris* -hyppykiilupistiäisiä. (Biotus, n.d.-b).

2.2.3 Vihannespunkki (*Tetranychus urticae*)

Vihannespunkki kuuluu kehrääjäpunkkien heimoon. Nimitys tulee punkkien tuottamasta seitistä, mitä ne erittävät takapäässä olevien rauhasien kautta. Kooltaan vihannespunkki on 0,3–0,5 mm pitkä ja niillä on kahdeksan jalkaa. Väri voi vaihdella vuodenajan ja ravintokasvin mukaan vihreän, keltaisen, ruskean, punaisen ja vaalean eri sävyissä. Aikuisilla punkeilla on kuitenkin aina tummat täplät molemmissa kyljissä (Kuva 5). Talvehtimaan valmistautuvat punkit ovat punaisia. (Koskula, 2000, ss. 8–10)

Kuva 4. Aikuisia vihannespunkteja leikkoruusun lehdykän yläpinnalla. Aikuisten vihannespunkkien kyljissä erottuu selkeästi kaksi tummaa pistettä, muutoin nämä vihannespunkit ovat vaaleita ja läpikuultavia. (Kuva Ninni Tihinen)



Vihannespunkki naaras voi munia elämänsä aikana 100–130 munaa, jotka se asettaa lehtien alapinnalle kehräämänsä seitin suojaan. Vihannespunkki voi lisääntyä suvullisesti ja suvuttomasti, hedelmöittyneistä munista kuoriutuu sekä koiraita että naaraita, hedelmöittymättömistä kuoriutuu vain koiraita. Vihannespunkki elää noin 50 päivää, jolloin kehitys munasta aikuiseksi kestää 8–10 päivää jos lämpötila on +25°C. Toukalla on kolme kehitysvaihetta, joihin kuuluu aktiivisia syöntivaiheita sekä lyhyitä nahanluontivaiheita. Talven yli vihannespunkki säilyy lepotilassa. (Koskula, 2000, ss. 8–10)

Vihannespunkkien vioitus näkyy kasvien lehdillä pieninä keltaisina täplinä, joka aiheutuu, kun punkki rikkoo lehtien alapuolista pintasolukkoa ja imee kasvin nesteitä ravinnokseen (Kuva 6) (Ahvenniemi, 2012, ss. 242–244). Saastunnat ovat yleensä pesäkkeinä, jotka rajautuvat pienelle alueelle. Pahoissa saastunnoissa imentävioituksen aiheuttama kloroottisuus voi laajeta koko lehdelle, jonka seurauksena lehti muuttuu kuivaksi ja tippuu pois. Vihannespunkin kehräämä seitti vioittaa myös kasvia heikentämällä sen yhteyttämistä. Koristekasveilla seitti aiheuttaa kosmeettista haittaa, minkä takia kasvista tulee myyntikelvoton. (Koskula, 2000, ss. 8–10) Otollisissa oloissa vihannespunkkien määrä voi kaksinkertaistua parissa päivässä ja saastunta voi siten levitä hyvinkin nopeasti (Biotus, n.d.-c).

Kuva 5. Vihannespunkin aiheuttama imentävioitus näkyy leikkoruusun lehdykän yläpinnalla pieninä vaaleankeltaisina laikkuina. (Kuva Ninni Tihinen)



Ilman suhteellisella kosteudella on suuri merkitys vihannespunkin menestymiselle. Punkki viihtyy kuivissa oloissa, noin 30–40 % suhteellisessa ilmankosteudessa. Korkeassa ilmankosteudessa naaraspunkit munivat vähemmän ja nuorten vihannespunkkien kehitys hidastuu ja kuolleisuus nousee. (Biotus, n.d.-c) Vihannespunkkien kemialliseen torjuntaan on saatavilla muutamia aineita kuten Floramite (bifenatsaatti) ja CarbonKick Booster (rypsiöljy) (Kemidigi, n.d.). Lepotilassa olevat vihannespunkit ovat kuitenkin hyvin kestäviä torjunta-aineita vastaan (Koskula, 2000, s. 10). Biologiseen torjuntaan on saatavilla ansaripetopunkkeja (*Phytoseiulus persimilis*) ja kalifornianpetopunkkeja (*Amblyseius californicus*). (Biotus, n.d.-c).

2.2.4 Minor-patogeenit kasvien lehdillä

Tahvosen (henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2022) mukaan kasvien lehdillä on lähes aina paljaalle silmälle näkymättömiä homeita, jotka heikentävät kasvin kasvua ja yhteyttämistä. Näihin Minor-patogeeniksi kutsuttuihin homeisiin kuuluu *Alternaria* ja *Cladosporium* -sukujen homesieniä, jotka ovat yleisiä lähes kaikkialla ympäristössä. Molemmissa suvuissa on useita kymmeniä eri lajeja, jotka voivat olla endofyyttejä, patogeenia tai parasitteja eri isännille. Jotkut lajit voivat esimerkiksi aiheuttaa allergioita ihmisille.

Alternaria-suvun sieniin kuuluu mm. *Alternaria alternata*, joka aiheuttaa lehtipoltetta perunalla ja tomaatilla. *Alternaria alternata* aiheuttaa kasvin lehdille tummia, muutaman millimetrin kokoisia laikkuja, jotka heikentävät lehden nestekiertoa ja yhteyttämistä. Taudin levitessä tummat laikut laajenevat ja voivat aiheuttaa lehden kuivumisen. Yhteyttävän lehtimassan vähetessä myös sadontuotto heikkenee. (MTT, 2011) Viime vuosina lehtipolteen on todettu olevan merkittävä perunan satotappioiden aiheuttaja Suomessa (Hannukkala, n.d.). *Alternaria*-suvun sienistä myös esimerkiksi *Alternaria dauci* -lajin on todettu aiheuttavan taimipoltetta porkkanalla (Tahvonen, 1978, s. 97).

Cladosporium-suvun sienistä *Cladosporium cladosporioides* ja *Cladosporium tenuissimum* -lajien on todettu aiheuttavan mansikoilla kukkien homehtumista ja pilaantumista korealaisessa tutkimuksessa. Oireet alkavat harmaan sienikasvuston ilmestymisellä kukan luottiin. Sienikasvuston leviäminen aiheuttaa kukassa nekroottisuutta ja kukkien lopullisen

pilaantumisen. (Nam ym. 2018) *Cladosporium cladosporioides* on kuitenkin näyttäytynyt myös hyödyllisenä. Vuonna 2013 tehdyssä tutkimuksessa siitä on pystytty eristämään aineita, joita pystyttäisi käyttämään muiden homesienien aiheuttamien tautien torjuntaan (Wang ym., 2013).

3 Menetelmät

Otsoniveden tehoa kasvintuhoojia vastaan testattiin leikkoruusuilla keskisuomalaisessa puutarhayrityksessä. Kokeessa tarkasteltiin, torjuiko pitoisuudeltaan 200–400 ppb otsonivesi villakilpiköitä (*Phenacoccus citri*), kalifornianripsiaisiä (*Frankliniella occidentalis*) ja vihannespunkkeja (*Tetranychus urticae*). Kokeessa seurattiin myös vaikuttaako otsoniveden käyttö positiivisesti leikkoruusun sadontuottoon.

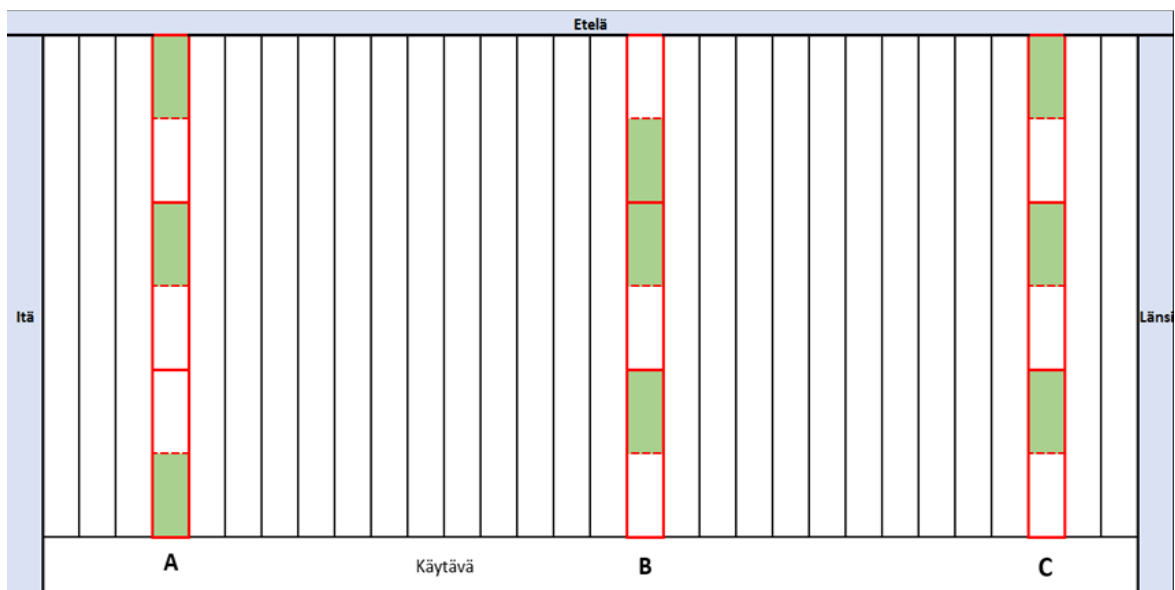
Koealueena toimi nykyaikainen, noin 800 m² blokkikasvihuone, jossa viljellään ympärivuotisesti leikkoruusuja. Huoneessa on 30 paririvillistä viljelykourua, jotka ovat pituudeltaan 1764 cm ja leveydeltään 20 cm/kouru. Jokaisessa paririvissä kasvaa yhtä ruusulajiketta (Kuva 7). Kasvihuoneen peruslämpö on päivällä +21°C ja yöllä +18°C, ilmankosteus on noin 75 %. Valotuksena toimii suurpainenatriumlamput, joiden valotusteho on 130 W/m² aikavälillä 3.00–21.00.

Kuva 6. Yleiskuva leikkoruusujen viljelyhuoneesta, jossa otsonivesikäsitteilykoe tehtiin. Kuva otettu käytävän länsipäädystä elokuussa 2022. (Kuva Ninni Tihinen)



Kokeeseen otettiin mukaan kolme paririviä huoneen eri osista. Koerivi A (lajike Janina) oli huoneen itäisessä päädyssä, koerivi B (lajike Louise) huoneen keskiosassa ja koerivi C (lajike Avalanche) oli läntisessä päädyssä. Jokainen koerivi jaettiin pituus suunnassa kolmeen yhtä suureen lohkoon, joista jokainen lohko jaettiin vielä kahteen yhtä suureen osaan. Tällöin koerivit oli jaettu pituussuuntaisesti kuuteen yhtä suureen osaan. Jokaisen lohkon toinen osa käsiteltiin otsonivedellä ja toinen jätettiin käsittelemättömäksi verrokiksi. Tällöin jokaisessa koerivissä oli kolme otsonivedellä käsiteltävää osaa ja kolme käsittelemättömäksi jäävää osaa. Ennen kokeen aloitusta arvottiin, kumpi lohkon puolikkaista käsitellään otsonivedellä ja kumpi jätettiin verrokiksi, jonka jälkeen lohkon puolikkaat käsiteltiin aina samalla tavalla. (Kuva 8). Kun koetta suunniteltiin tuholaistutkija Anne Nissisen ja kasvitautitutkija Petteri Kariston ohjeistivat (henkilökohtainen tiedonanto 14.4.2022) että hajauttamalla koealueet huoneen eri puolille, saadaan kokeesta poistettua huoneen eri osien valo- ja lämpöolojen aiheuttamat poikkeamat.

Kuva 7. Karttakuva otsonivesikokeeseen käytetyistä alueista leikkoruuksujen kasvatushuoneessa. Kokeeseen valittiin kolme koeriviä huoneen eri osista. Koerivit jaettiin kolmeen yhtä suureen osaan ja nämä osat jaettiin vielä kahteen yhtä suureen osaan. Ennen ensimmäistä ruiskusta arvottiin, kumpi näistä kahdesta osasta käsiteltiin otsonivedellä ja kumpi jätettiin käsittelemättömäksi verrokiksi. Kuvassa punaisella rajatut alueet olivat kokeessa olevat koerivit. Näistä vihreät alueet käsiteltiin otsonivedellä ja valkoiset alueet jätettiin käsittelemättömiksi verrokeiksi.



Arvotut koalueet merkittiin selkeästi, niin että jatkossa käsittelyt ja mittaukset osattiin tehdä oikeille alueille. Tässä tapauksessa alueet merkittiin bambukepeillä ja keppien väliin laitetaan naru. Vaaleanpunainen naru merkitsi niitä alueita, jotka käsiteltiin otsonivedellä. Valkoinen naru näytti alueet, jotka jäivät käsittelemättömiksi verrokeiksi (Kuva 9). Kokeen aikana huoneessa voitiin toimia normaalisti ja käyttää tarvittaessa tavallisesti käytettäviä kasvinsuojeluaineita ja biologista torjuntaa käsittelemättömillä verrokkilohkoilla. Näin pystyttiin vertaamaan otsoniveden tehoa normaalitilanteeseen. Kokeen aikana tehdyistä normaaleista kasvinsuojelutoimenpiteistä kirjattiin ylös tehty toimenpide ja päivämäärä.

Kuva 8. Valittujen koerivien arvotut, otsonivedellä ruiskutettavat ja verrokeiksi jätettävät koalueet merkittiin selkeästi bambukepeillä ja naruilla. Vaaleanpunainen naru merkitsi otsonivedellä käsiteltävää aluetta, valkoinen naru merkitsi käsittelemättömäksi verrokkiksi jätettävää aluetta. (Kuva Ninni Tihinen)



Ruiskusta tulevan otsoniveden vahvuus tuli olla 200–400 ppb. Kokeen aikana koerivit ruiskutettiin otsonivedellä reppuruiskun avulla arkipäivisin kaksi kertaa päivässä, aamupäivällä sekä iltapäivällä. Otsonivesi tehtiin otsonivesigeneraattorilla, josta se ohjattiin otsonivedelle varattuun reppuruiskuun. Ruiskutukset tehtiin niin, että kasvusto käsiteltiin otsonivedellä kauttaaltaan niin, että myös lehtien alapinta kastui. Tässä kokeessa ruiskutuksia ei tehty viikonloppuisin, sillä suunnitteluvaiheessa todettiin, ettei viikonloppuna töissä olevalla päivystäjällä ole välttämättä aikaa tehdä ruiskutuksia kunnolla. Koe

suoritettiin toukokuusta lokakuuhun 2022 niin, että kokeeseen saatiin jokaisesta koerivistä mukaan vähintään kolme erillistä satohuippua. Tällöin kokeeseen saatiin mukaan tarpeeksi laaja otanta satomääristä.

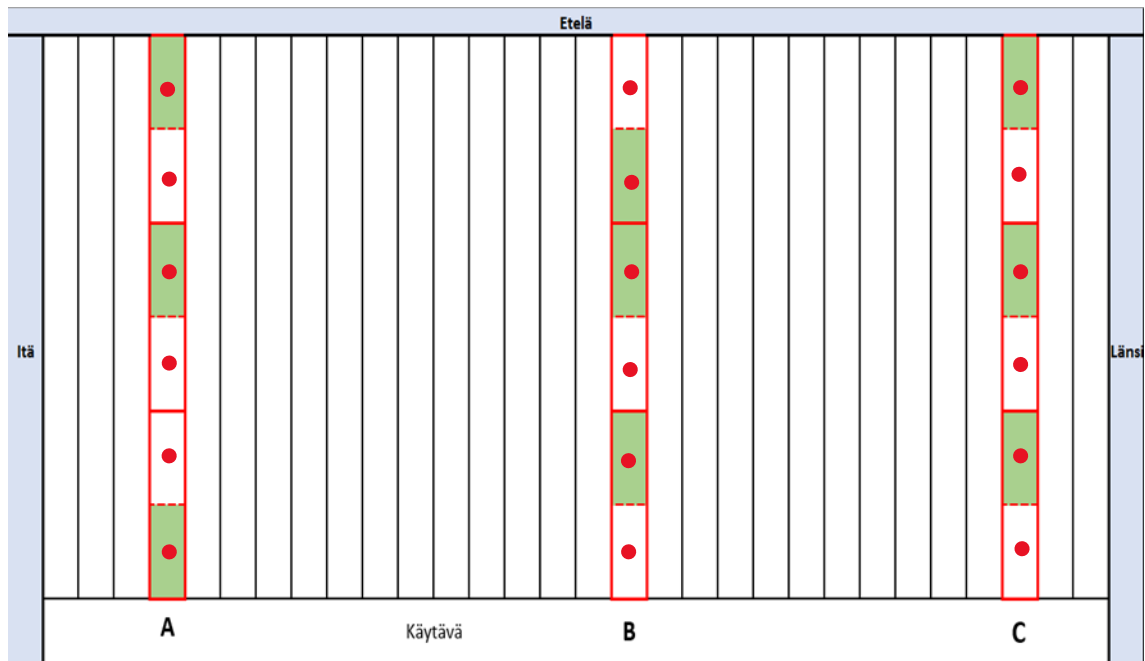
Kokeen aikana tarkkailtiin myös leikkoruusuviljelmään mahdollisesti ilmestyviä kirvoja. Jos viljelyhuoneen johonkin osaan ilmestyi kirvasaastunta, käsiteltiin saastunut alue otsonivedellä kaksi kertaa päivässä niin, että mahdollisimman paljon kirvoja altistui otsonivedelle. Otsonivesikäsitelyä jatkettiin niin kauan, kunnes kirvoja ei enää havaittu kasvustossa.

4 Mittaukset

Kokeen aikana laskettiin ruusun satomäärä kappaleina sekä tuorepaino 5 gramman tarkkuudella. Laskenta tehtiin joka arkipäivä sadonkorjuun yhteydessä. Viikonloppuisin, jolloin paikalla on vain päivystäjä, kokeeseen tarvittavia mittauksia ei tehty. Jokaisesta koerivistä (A, B ja C) laskettiin erikseen sekä otsonivesi käsitelyn saaneet ja verrokkilohkon ruusut ja tulokset merkittiin omiin sarakkeisiinsa. Lisäksi taulukkoon kirjattiin tarvittaessa käyttökelvottoman sadon kappalemäärät ja painot samalla tavalla koerivien ja käsittelyiden mukaan. (Liite 1)

Kerran viikossa, noin viikon välein laskettiin tuholaishavainnot. Kalifornianripsiaisten seuranta tehtiin kelta-ansojen avulla, vaikkakaan kelta-ansat eivät anna täysin tarkkaa kuvaa ripsiäisten todellisesta määrästä kasvustossa. Kelta-ansoja laitettiin kaksi kappaletta jokaiseen koelohkoon, yksi otsonivedellä käsiteltävään osaan ja toinen verrokkilohkoon. Tällöin yhteen koeriviin tuli yhteensä kuusi kelta-ansaa (Kuva 10). Kelta-ansat aseteltiin hieman kasvuston yläpuolelle ja niitä siirrettiin tarvittaessa pystysuuntaisesti kokeen aikana kasvuston kasvaessa korkeutta. Kelta-ansojen paikkaa ei muutoin siirretty kokeen aikana koalueen sisällä, vaan paikan tuli pysyä samana. Kelta-ansoista laskettiin ripsiäisten kappalemäärä ja merkittiin ne taulukkoon. Kelta-ansat tuli vaihtaa uusiin jokaisen laskennan jälkeen. (Liite 2)

Kuva 9. Kalifronianripsiäisen laskentaan käytettyjen kelta-ansojen sijoittelu koealueella näkyy kuvassa punaisina pisteinä.



Vihannespunkkien määrä laskettiin kerran viikossa keräämällä kelta-ansojen lähetyiltä kymmenen viiden lehdykän lehteä kasvuston eri osista. Lehdyköistä arvioitiin lehdykkäkohtaisesti vihannespunkkien määrä asteikolla 0-3, jossa 0 = ei lainkaan, 1 = 1 – 25 kpl, 2 = 26 – 100 kpl, 3 = 101 kpl tai enemmän. Lopuksi alakohtaisten lehdyköiden tulokset laskettiin yhteen, jolloin saadaan arvio sen alueen punkkien määrästä kokonaisuudessaan. Alakohtaiset tulokset kirjattiin omaan taulukkoon. (Liite 3)

Villakilpiköiden määrä arvioitiin kerran viikossa alakohtaisesti kelta-ansojen läheisyydestä asteikolla 0–3. Asteikossa 0 = ei lainkaan, 1 = 1–20 kpl, 2 = 21–50 kpl, 3 = 51 kpl tai enemmän. Arvio tehtiin alalta, joka oli leveydeltään parivin levyinen ja pituudeltaan noin 20 cm. Kelta-ansa jäi havainnointialueen keskelle. Alakohtaiset tulokset kirjattiin omaan taulukkoon. (Liite 4)

Lisäksi kokeen aikana tarkasteltiin silmämääräisesti leikkoruusujen laatua ja havainnoitiin myös muita tuholaisia ja hyötyeliöitä. Otsonivesikäsittelyiden vaikutusta kirvoihin havainnoitiin silmämääräisesti ja havainnoista tehtiin muistiinpanot omaan tiedostoon. Havaintoihin kirjattiin, kuinka monen ruiskutuksen jälkeen kirvat hävisivät kasvustosta tai

kuinka monen ruiskutuksen jälkeen niiden määrä alkoi vähetä. Kirvan lajimääritys oli tärkeää. Laadun tarkkailussa keskitytään erityisesti lehtien ja kukkien väriin, muotoon ja kestävyteen. Havainnot kirjattiin omaan Excel -taulukkoon päivämäärineen. Lisäksi taulukkoon liitettiin tarvittaessa kuvia havainnoista.

5 Tulokset ja tulosten tulkinta

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) esitellään kokeeseen suunnitellut tutkimuksen kohteet ja alustavat tulokset siitä, mitä kokeista on tähän saakka saatu selville. Lisäksi taulukkoon on laitettu mukaan ne huomiot ja ajatukset mitä alustavien kokeiden aikana on huomattu, havaittu ja mietitty.

Taulukko 1. Taulukossa on alustavia tuloksia otsonivesikokeista, jossa on eritelty tarkkailun kohde, tarkkailun tulos kyseiselle kohteelle ja mitä muita huomioita kokeen aikana on havaittu.

Tarkkailun kohde	Tarkkailun tulos	Muita huomiota
Otsoniveden ruiskutus reppuruiskulla	- Otsoniveden pitoisuus oli tavoitellut 300–400 ppb, kun käytetty vesi oli kylmää ja ruiskutus tehtiin noin 10 cm etäisyydeltä kasvista.	- Reppuruiskulla oli haastavaa saada koko kasvusto käsitellyksi, varsinkin jos kasvusto oli runsas. - Koettiin hitaaksi isoilla alueilla. - Koettiin kuitenkin myös mukavaksi, koska ei tarvittu suojarusteita.

<p>Vaikutus kasveihin</p>	<p>- Ei huomattu aiheuttavan vioitusta lehtiin, kukkiin tai silmuihin.</p> <p>- Ei huomattu vaikutusta maljakkokestävydessä.</p>	<p>- Kuivatti leikkuupintoja hieman nopeammin kuin normaalisti.</p>
<p>Vaikutus sadon määrään</p>	<p>Ei tulosta</p>	<p>- Ei silmämääräistä eroa sadon määrässä.</p>
<p>Vaikutus villakilpiköihin (<i>Phenacoccus citri</i>)</p>	<p>Ei tulosta</p>	<p>- Otsonivesi näytti poistavan tehokkaasti villakilpikän suojaavaa vahakerrosta jo yhdellä ruiskutuksella.</p>
<p>Vaikutus kalifornianripsäisiin (<i>Frankliniella occidentalis</i>)</p>	<p>Ei tulosta</p>	<p>- Voiko selkeää tulosta otsoniveden vaikutuksesta saada, koska suurin osa ripsiäisistä on suojassa terälehtien välissä ja runsaan kasvuston seassa?</p>
<p>Vaikutus vihannespunkkiin (<i>Tetranychus urticae</i>)</p>	<p>Ei tulosta</p>	<p>- Kokeen alkuvaiheessa vihannespunkkeja ei havaittu lainkaan millään koalueella.</p>

Vaikutus muihin hyönteisiin	- Poisti ansarikirvoja (<i>Macrosiphum euphorbiae</i>) neljän ruiskutuksen jälkeen.	- Kuinka vaikuttaa hyötyeliöihin, kuten petopunkkeihin?
-----------------------------	---	---

Esikokeen aikana huomattiin, että otsonivesi ei aiheuttanut silmin havaittavaa vointusta tai muutoksia leikkoruusun lehdillä, silmuilla tai kukilla millään koealueella/lajikkeella. Maljakkokestävytydessä ei havaittu selkeää muutosta huonompaan tai parempaan, vaikkakaan tätä ei mitattu tarkkaan kokeen aikana vaan havainnot tehtiin silmämääräisesti. Tämä oli odotettu tulos, sillä Tahvosen kokeiden perusteella tiedettiin, ettei pitoisuudeltaan 300–400 ppb otsonivesi aiheuta vointusta kasveilla.

Esikokeen aikana havaittiin, että tuoreet leikkoruusukasvuston leikkuupinnat kuivuivat kasvinesteestä hieman nopeammin ja enemmän alueilla, jossa tehtiin otsonivesikäsitteilyjä kuin käsittelemättömillä verrokkialueilla. Tämä ei kuitenkaan aiheuttanut silmin havaittavaa eroa esimerkiksi silmujen kehitymisessä tai kasvin terveydessä leikkauskohdissa. Leikkauspintojen nopea kuivuminen voisi olla eduksi tilanteissa, jossa kasvustossa on runsaasti tuholaisia, mitkä voisivat iskeytyä herkästi avoimiin leikkauspintoihin. Lisäksi otsoniveden desinfioiva vaikutus voisi ehkäistä tällaisissa tilanteissa kasvitautien ja sienien leviämisen, jos leikkuupinta käsitellään otsonivedellä heti leikkuujäljen ilmaannuttua. Esimerkiksi jos leikkoruusun sadonkorjuussa käytetään samoja keruusaksia koko sadonkorjuun ajan, riski tautien leviämiseen on suuri. Sekä keruusaksien ja leikkuupintojen desinfiointi otsonivedellä eri viljelyrivien välissä voisi ehkäistä kasvitautien leviämistä laajemmalle kasvustoon.

Esikokeen aikana havaittiin selkeästi otsoniveden vaikuttavan villakilpiköiden suojaavaan vahakerrokseen. Jo yhden hyvin villakilpikkään osuvan ruiskutuksen jälkeen villakilpiköiden suojaavan, valkoisen vahamaisen kerroksen huomattiin peseytyvän pois hyönteisen päältä. Ilman suojaavaa vahakerrosta villakilpikän voisi olettaa olevan alttiimpi kemiallisten torjunta-

aineiden vaikutukselle. Vahapeitteettömien villakilpiköiden kuitenkin huomattiin piiloutuvan herkemmin kasvin pieniin koloihin ja oksanhankoihin, jolloin niitä oli vaikeampi havainnoida. Havainnointiin vaikutti heikentävästi villakilpikän muuttunut väritys selkeän valkoisesta epäselvän harmaanruskeaan. Harmaanruskea villakilpikkä oli vaikeampi erottaa kasvuston seasta kuin valkoista.

Alustavien kokeiden aikana havaittiin myös, että otsoniveden avulla saatiin torjuttua kirvoja leikkoruusukasvustosta, jos ne olivat selkeästi havaittavissa kasvuston latvaosissa. Kirvoja käsiteltiin otsonivedellä kaksi kertaa päivässä ja kahden päivän jälkeen kirvojen määrä oli vähentynyt latvuksesta. Haasteeksi osoittautui otsoniveden saanti lehtien alapinnoille tiheässä kasvustossa, jossa osa kirvoista oli ja josta ne myöhemmin nousivat esille. Lajimäärityksessä havaittiin kirvojen olevan ansarikirvoja (*Macrosiphum euphorbiae*) niiden selässä olevan tumman juovan ansiosta. Kirvoihin tehdyt ruiskutukset tehtiin koealueen ulkopuolella, koealueilla kirvoja ei havaittu.

Esikokeessa haasteita asetti se, että vihannespunkkeja ei havaittu alkuvaiheessa tutkimusalueilla lainkaan. Sekä otsonivedellä käsiteltävät alueet, että käsittelemättömäksi jäävät verrokkialueet olivat puhtaita vihannespunkeista. Lisäksi huomattiin, että kalifornianripsisiä oli vaikea altistaa otsonivesikäsitteilylle, sillä suurin osa kyseisistä hyönteisistä piilotteli leikkoruusun terälehtien ja runsaan kasvuston seassa, lehtien alla suojassa. Tämä on yleinen ongelma kalifornianripsisten torjunnassa myös silloin kun torjuntaa tehdään perinteisillä kasvinsuojeluaineilla. Otsoniveden tehoa kalifornianripsisiin voisi olla varmempi tutkia laboratorio-olosuhteissa kuin viljelyolosuhteissa.

Kokeen suunnittelun aikana heräsi myös kysymys otsoniveden vaikutuksesta hyötyeliöihin, erityisesti *Phytoseiulus persimilis* ja *Neoseiulus cucumeris* -petopunkkeihin. Otsoniveden on todettu tehoavan vihannespunkkeihin (*Tetranychus urticae*) torjuvasti, joten voidaanko olettaa vaikutuksen olevan samanlainen myös petopunkkeihin? Otsonivesi vaikuttaa hapettavasti kaikkeen mihin se on kosketuksissa, joten se ei ole valikoiva torjunta-aine. Ennen otsoniveden laajempaa käyttöä integroidussa kasvinsuojelussa, sen vaikutuksia myös hyötyeliöihin tulisi selvittää.

Reppuruiskulla oli haastavaa saada kasvusto kauttaaltaan märäksi, niin että myös lehdistön alapuoli olisi kosketuksissa otsoniveden kanssa. Jos leikkoruusun kasvusto oli täydessä satovaiheessa, kasvustoa oli lähes mahdoton saada kastumaan kauttaaltaan reppuruiskun avulla. Tiheäviljely ja taittelutekniikka aiheuttivat sen, että lehtimassa oli niin suuri, ettei otsonivettä pystytty saamaan kasvuston keskelle tyydyttävästi. Tiheäviljelyn leikkoruusun taimiväli on noin 5 cm. Taittelutekniikassa leikkoruusun kukattomat versot taitellaan viljelykourun ulkopuolelle niin, että versojen yhteyttäminen jatkuu myös taittamisen jälkeen. Taittelutekniikan on todettu parantavan sadon tuottoa ja laatua (Nau ym., 2021, ss. 581–582). Jos taiteltuja versoja ja lehtimassaa vähennettäisi siitä syystä, että otsonivesi saataisi paremmin myös kasvuston sisäosiin, menetettäisi näiden tekniikoiden tuoma hyöty sadontuotossa.

Otsoniveden ruiskutus reppuruiskulla koettiin hitaaksi. Suuremmille alueille reppuruisku ei ole optimaalisin työhön käytetyn ajan ja työergonomian suhteen. Esikokeissa käytettyyn reppuruiskuun mahtui 18 L otsonivettä, jolloin myös reppu painoi huomattavasti. Esikokeen otsonivesialueiden tarkkaan ruiskuttamiseen meni aikaa noin 15–30 min laskettuna siitä, kun reppuruiskua alettiin täyttämään otsonivedellä siihen saakka, kun viimeinen koealueen käsiteltävä osa on ruiskutettu. Jotta otsoniveden käyttö olisi ajankäytöllisesti kannattavaa, tulisi laitteiston olla tehokkaampi, jos otsonivettä ruiskutetaan suuremmalle alueelle. Lisäksi kasvihuoneen lämpimät olot asettavat omat haasteensa otsoniveden ruiskutukselle. Lämpimissä olosuhteissa otsonivesi lämpenee nopeasti, milloin vedessä oleva otsoni hajoaa nopeammin hapeksi heikentäen näin ollen otsonipitoisuutta ja otsoniveden tehoa. Samalla kuitenkin huomattiin otsonivesi ruiskutusten olevan mukavia siitä syystä, ettei ruiskuttaessa tarvinnut käyttää hiostavia suojarusteita, jotka tekevät kasvinsuojeluruiskutuksista yleensä fyysisesti raskaita. Lisäksi ruiskuttajalla oli turvallinen olo oman terveytensä puolesta, sillä pelkoa siitä, että altistuisi terveydelle haitalliselle kasvinsuojeluaineelle ei ollut.

6 Pohdinta ja johtopäätökset

Otsoniveden käyttö kasvisuojelussa on vielä hyvin uusi ja tutkimaton asia ja olen huomannut opinnäytetyöni teon aikana monilla olevan jo jonkinlaisia ennakoajatuksia ja käsityksiä otsoniveden käytöstä. Aikaisemmin tehtyjen kokeiden tulosten perusteella voidaan todeta otsoniveden olevan tehokas tapa hävittää kasvi- ja sienitauteja ympäristöystävällisesti. Tehdyistä kokeista ja tuloksista olisi hyvä kuitenkin tuottaa enemmän puutarha-alan ammattilaisille julkaisuja, jotta otsoniveden ominaisuudet kasvisuojelussa saataisi paremmin esille. Tällä hetkellä julkaisuja tutkimuksista löytyy vähän, vaikka otsonivettä on tutkittu viime vuosina myös Suomessa. Otsoniveden nousevan suosion voi huomata myös siitä, että viime vuosina useat yritykset ovat alkaneet myymään laitteita, joilla saadaan tuotettua otsonivettä kasvisuojelukäyttöön. Laitteita tunnutaan myös kehittävän jatkuvasti parempaan suuntaan, jotta ne olisivat tehokkaampia, kannattavampia ja helppokäyttöisempiä. Jo tämän opinnäytetyöprosessin aikana markkinoille on tullut uusia nanotekniikkaan perustuvia otsonivesigeneraattoreita, joiden otsonipitoisuudet ovat korkeampia ja otsoni saadaan pysymään vedessä pidempään.

Otsoniveden potentiaalın hyödyntäminen ja sen tehokas käyttö kasvisuojelussa vaatii tarkkaa kasvintuhoojien biologian ja otsoniveden ominaisuuksien tuntemista. Tästä esimerkkinä härmän torjunta otsonivedellä. Jos torjuttavan kasvintuhoojan biologiaa ei tunneta tarpeeksi hyvin, voi otsoniveden käyttötapa näin ollen olla väärä ja tehoton. Tutkimusten avulla torjuntaa osataan keskittää oikea aikaiseksi ja oikeanlaiseksi juuri kyseiselle torjunnan kohteelle.

On kuitenkin myös otettava huomioon se mahdollisuus, ettei otsonivedestä välttämättä ole torjumaan esimerkiksi suurempia kasvintuhoojahyönteisiä, kuten esimerkiksi perhosia tai kuoriaisia, joilla on paksumpi iho tai kitiininen kuori. Opinnäytetyön aikana tehdyissä otsonivesiruiskutuksissa huomattiin, ettei 300–400 ppb pitoinen otsonivesi aiheuttanut esimerkiksi käsien ihossa minkäänlaisia oireita. Tästä voidaan päätellä, ettei tämän vahvuinen otsonivesi voi tehotta kovin hyvin kuoriaisiin tai paksumpi ihoisiin hyönteisiin. Olisi kuitenkin kiinnostavaa tietää, kuinka vahvempi >1500ppb otsonivesi vaikuttaa hyönteisiin ja onko sen käyttö mahdollista toteuttaa kasvisuojelussa ilman että kasvit vioittuvat.

Laitteistoa tulisi kuitenkin kehittää, jotta otsonivesi saadaan ruiskutettua kasvin pinnalle tämän vahvuisena.

Mielenkiintoista on myös se, kuinka otsonivesi pystyy kilpailemaan tulevaisuudessa perinteisten kasvinsuojeluaineiden kanssa ja kuinka sen käyttö tulee yleistymään. Perinteiset kasvinsuojeluaineet mielletään yleensä nopeiksi ja tehokkaiksi ratkaisuisiksi, joilla saadaan poistettua kasvinsuojelun ongelmat taloudellisesti jo muutamalla käyttökerralla. Toisaalta kasvinsuojeluaineiden käyttö rasittaa ympäristöä ja voi luontoon joutuessaan aiheuttaa suuria ongelmia ekosysteemissä, kuten hyönteiskatoa. Otsoniveden käyttö taas vaatii tutkimista, aikaa ja osaamista, mutta käyttö on ympäristöystävällistä. Nykyaikana, kun puhutaan yhä enemmän kestävästä kehityksestä, ekologisuudesta sekä ihmisten, eläinten ja ympäristön hyvinvoinnista, alan yrityksiä ohjataan yhä enemmän vähemmän haitallisten torjunta-aineiden ja biologisen torjunnan pariin. Tulevaisuudessa näistä keinoista yksi voisi olla otsonivesi, mutta lisää tutkimuksia tarvitaan.

Lähteet

Ahvenniemi, P. (2012) *Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita*. Kasvinsuojeluseura ry. Kariston kirjapaino Oy.

Biotus (n.d.-a) *Ripsiäiset*. Haettu 6.9.2022 osoitteesta

<https://biotus.fi/biologinentorjunta/kasvihuone/ripsiaiset/>

Biotus (n.d.-b) *Villakilpikirvat*. Haettu 6.9.2022 osoitteesta

<https://biotus.fi/biologinentorjunta/kasvihuone/villakilpikirvat/>

Biotus (n.d.-c) *Vihannespunkki*. Haettu 7.9.2022 osoitteesta

<https://biotus.fi/biologinentorjunta/kasvihuone/vihannespunkki/>

Breidablik, H., Lysebo, D., Johannessen L., Skare, Å., Andersen, J., Kleiven, O. (2019) *Ozonized water as an alternative to alcohol-based hand disinfection*. Journal of Hospital Infection.

https://www.researchgate.net/publication/330876998_Ozonized_water_as_an_alternative_to_alcohol-based_hand_disinfection

Hannukkala, A. (n.d.) *Lehtipolte -Alternaria alternata*. Laji.fi.

<https://laji.fi/taxon/MX.52910/identification>

Helecleaner (2021) *Mitä on otsonivesi ja miten se liittyy siivoukseen?*

<https://helecleaner.com/mita-on-otsonivesi/>

Hydzone (n.d.) *Kokemuksia otsoniveden käytöstä*. <https://hydzone.com/kokemuksia/>

Ilmatieteen laitos (n.d.) *Otsonikato*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/otsoni>

Juponaho, M. (2018) *Otsonoidun veden käyttö kovien pintojen desinfioidussa ja puhdistuksessa*. [kandidaatintyö, Tampereen teknillinen korkeakoulu]

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26038/Juponaho.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Kemidigi (n.d.) *Kasvinsuojeluainerekisteri*.

<https://www.kemidigi.fi/kasvinsuojeluainerekisteri/haku>

Koskula, H. (2000) *Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja niiden biologinen torjunta*.

Kasvinsuojeluseura ry.

Lenntech (n.d.) *History of ozone*. Lenntech B.V.

<https://www.lenntech.com/library/ozone/history/ozone-history.htm>

Martins, R., Castro, I. A., Pontelli, M., Souza, J. P., Lima, T. M., Melo, S., Siqueira, J. P. Z.,

Caetano, M., Arruda, E., & Gottardo de Almeida, M. (2020) *SARS-CoV-2 Inactivation by*

Ozonated Water: A Preliminary Alternative for Environmental Disinfection. The Journal of the International Ozone Association.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01919512.2020.1842998>

MTT (2011) *Lehtipolte*. Luonnonvarakeskus

https://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/tuh_mtt.tuh_mtt_perus_pack.tul_tuhoojatiedot_kasper?p_tuhooja_seqno=65

Nam, M. H., Park, M. S., Kim, H. S., Kim, T. I. & Kim, H. G. (2018) *Cladosporium*

cladosporioides and C. tenuissimum Cause Blossom Blight in Strawberry in Korea.

Mycobiology. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5941/MYCO.2015.43.3.354>

Nau, J., Calkins, B. & Westbrook, A. (2021) *19th Edition Ball RedBook volume 2. Crop culture and production*. Ball Publishing.

Sarron, E., Gadonna-Widehem, P., Aussenac, T., (2021) *Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality: A Critical Review*.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8000956/>

Solutionozone (2018) *History of ozone*. Haettu 4.9.2022 osoitteesta

<https://www.solutionozone.com/ozone/history/>

Tahvonen, R. (1978) *Persiljan ja porkkanan siemenlevintäiset sienet Suomessa*. Helsingin

yliopiston kasvipatologian laitos. <https://journal.fi/afs/article/view/71963>

Wang, X., Radwan, M. M., Taráwneh, A. H., Gao, J., Wedge, D. E., Rosa, L. H., Cutler, H. G., &

Cutler, S. J. (2013) *Antifungal Activity Against Plant Pathogens of Metabolites from the*

Endophytic Fungus Cladosporium cladosporioides. Journal of Agricultural and Food Chemistry. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3663488/>

Vänninen, I. & Huusela-Veistola, E. (2015-a) *Kalifornianripsäinen Frankliniella occidentalis*. Vieraslajit.fi <https://vieraslajit.fi/lajit/MX.53049>

Vänninen, I. & Huusela-Veistola, E. (2015-b) *Villakilpikkä Phenacoccus citri*. Vieraslajit.fi <https://vieraslajit.fi/lajit/MX.52978>

