

---

# **KUPARIALTISTUKSEN VAIKUTUS SALAATIN KASVUUN JA LAATUUN**



Hämeen ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, 12.5.2010

Stiina Kotiranta

A solid grey vertical rectangular bar is positioned at the bottom center of the page.

Puutarhatalous  
Lepaa

Työn nimi                      Kuparialtistuksen vaikutus salaatin kasvuun ja laatuun

Tekijä                          Stiina Kotiranta

Ohjaava opettaja            Mona-Anitta Riihimäki

Hyväksytty                  12.5.2010

Hyväksyjä                    Mona-Anitta Riihimäki

LEPAA  
Puutarhatalous

---

<b>Tekijä</b>	Stiina Kotiranta	<b>Vuosi</b> 2010
<b>Työn nimi</b>	Kuparialtistuksen vaikutus salaatin kasvuun ja laatuun	

---

## TIIVISTELMÄ

Suomen kasvihuoneissa tuotetaan ruukkusalaattia vuosittain 53 866 000 kappaletta. Tuotannon tehostamiseksi on etsitty keinoja, joilla päästäisiin eroon ravinneliuosviljelmillä esiintyvistä patogeeneistä. Tämä työ on osa Lepaalla tehtyä kolmen kokeen sarjaa, joissa testattiin Aqua-Hort -laitteen vapauttamien kupari-ionien vaikutusta sieni-itiöiden esiintymiseen kiertävässä ravinneliuoksessa sekä salaatin kasvuun ja laatuun.

Kokeessa oli mukana kolme lajiketta, Heimdal, Aficion ja Ritsa. Ravinneliuosviljelynä toteutetussa kokeessa oli yhteensä 24 kasvatuskourua. Puolet kouruista sai kuparikäsittelyn Aqua-Hort- laitteen kautta, toinen puoli toimi kokeen verranteena. Koko huone saastutettiin *Pythium*- sienellä.

Salaattien saavuttaessa kauppavaatimusten mukaisen koon, niistä mitattiin korkeus, lehtien tuore- ja kuivapaino sekä juurten kuivapaino. Silmämääräisesti arvioitiin salaattien tiiviyttä sekä juurten kuntoa. Aficion -lajikkeelle järjestettiin viljelyn päätyttyä kymmenen päivän mittainen varastointikestävyyskoe. Varastointikestävyyttä havainnoitiin kahdessa eri lämpötilassa (+3,5 °C ja +20 °C). Havainnointipäivinä arvioitiin silmämääräisesti salaattien lehtien väriä, juurten kuntoa ja lehtien rakennetta.

Tulosten mukaan kupariannostelu ei vaikuta positiivisesti salaatin kasvuun ja laatuun. Kontrollipuolelta kerätyillä salaateilla juuriston ja lehtien kuivapainot olivat suuremmat, kupariannostelun saaneet salaattit olivat korkeampia. Varastointikestävyyskokeessa kupariannostelun saaneet salaattit näyttivät kestävänsä parempina pidempään. Kokeesta saadut tulokset johtuvat pitkälle *Pythium* -saastutuksen epäonnistumisesta kokeen alkuvaiheessa. Kuparin vaikutuksia tulisi selvittää jatkossa viljelmällä, jossa kunnollinen sienitautisaastutus on saatu aikaan.

**Avainsanat** Salaatti, ravinneliuosviljely, kupari, sienitauti, *Pythium*

**Sivut** 46 s, + liitteet 1 s.

LEPAA  
Degree Programme in Horticulture

---

<b>Author</b>	Stiina Kotiranta	<b>Year</b> 2010
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	The effect of copper treatment on lettuce growth and quality	

---

ABSTRACT

Every year 53 866 thousand potted lettuces are produced in the greenhouses of Finland. To make the production more effective there are ways to control the greenhouse pathogens in the hydroponic systems. This thesis is a part of a research series made in Lepaa where the Aqua-Hort device was studied. The Aqua-Hort device releases copper ions to the nutrient solution and affects on fungal spores in the solution.


Three varieties were studied, 'Heimdal', 'Aficion' and 'Ritsa'. The hydroponic system consisted of 24 drains. Half of the drains were treated with copper ions the other half did not have any treatment (control). The whole room was infected with *Pythium Ultimeum* pathogen.

When the lettuce reached the standard size they were measured by their height, leaf fresh and dry weight and root dry weight. The compactness of lettuce and roots were visually estimated. 'Aficion' was also tested for its shelf life duration. The shelf life experiment was carried out in two temperatures (+3,5 °C and +20 °C) and lasted for ten days. On the observation days the lettuces were visually estimated by their color, root condition and the leaf structure.

The results of this thesis showed that copper ions do not have positive effect on the growth and quality of lettuce. The control lettuces had bigger leaf and root dry masses than the copper treated lettuces. The copper treated lettuces were higher than the control lettuces. In the shelf life experiment it seemed that the copper treated lettuces lasted longer in better shape than the control lettuces. The results of this thesis do not give answers to the question whether copper ions are effective on fungal pathogens in the hydroponic systems. The *Pythium* infection was not successful in this experiment.

**Keywords** Lettuce, hydroponic, copper, fungal pathogen, *Pythium*

**Pages** 46 p + appendices 1 p.



# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	RAVINNELIUOSVILJELY KASVIHUONEESSA .....	2
2.1	Vihannesten ravinneliuosviljely.....	2
2.2	Sienitautien ja bakteerien torjunta vesiviljelmällä .....	3
2.3	Ruukkusalaatin varastointi .....	6
2.4	Laatuvaatimukset .....	7
3	KUPARI .....	8
3.1	Kuparin vaikutukset kasvissa .....	8
3.2	Kuparin käyttö torjunta-aineissa .....	9
3.3	Aqua-Hort -laite .....	10
4	SIENITAUDIT RAVINNELIUOSVILJELYSSÄ .....	12
4.1	Sienitautien leviämistavat ja parveilutiöiden merkitys torjunnassa.....	12
4.2	<i>Pythium</i> .....	13
4.3	<i>Fusarium</i> .....	14
4.4	<i>Trichoderma</i> .....	15
5	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	17
5.1	Koejärjestelyt .....	17
5.2	Lajikkeet ja kasvualusta .....	18
5.3	Taimikasvatus ja ravinneliuosviljely.....	18
5.4	Kasvuolosuhteet kasvihuoneessa .....	19
5.4.1	Valo, lämpötila ja hiilidioksidi .....	19
5.4.2	Kastelu, lannoitus ja kupariannostelu .....	20
5.5	Mittaukset kokeen aikana ja kokeen lopussa.....	21
5.5.1	Salaattien silmämääräinen arviointi sekä koko .....	21
5.5.2	Varastointikestävyys .....	22
6	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....	23
6.1	Salaattien koko.....	23
6.1.1	Lehtien tuore- ja kuivapaino sekä korkeus.....	24
6.1.2	Juuret.....	28
6.2	Tiiviys.....	31
6.3	Aficion -lajikkeen varastointikestävyys .....	34
6.4	Kuparin vaikutus mikrosienten ja levien esiintymiseen.....	37
6.5	Kuparin kertyminen salaattiin.....	39
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	40
	LÄHTEET .....	42

---

Liite 1      SILMÄMÄÄRÄISTEN ARVIOIDEN ARVIOINTIPERUSTEET VA-  
RASTOINTIKESTÄVYYSKOKEESSA

## 1 JOHDANTO

Kasvihuonevihanneksien kulutus on suurinta alle 35-vuotiailla, suurituloisilla ihmisillä ja lapsiperheillä. Kasvihuonevihanneksista suosituimpia ovat kurkku, tomaatti ja salaatti. (Kasvistase 2006.) Ruukkuvihanneksien viljelijöitä oli vuonna 2008 73 kappaletta ja ruukkuvihanneksia tuotettiin yhteensä 75,3 miljoonaa kappaletta, niistä 79 % koostui ruukkusalaateista. Ruukkusalaattien tuotantomäärät kasvavat joka vuosi. Vuonna 1988 salaatteja tuotettiin vain noin seitsemän miljoonaa kappaletta, kymmenen vuotta myöhemmin vastaava luku oli jo noin 34 miljoonaa. Vuonna 2008 ruukkusalaatteja tuotettiin Suomessa lähes 60 miljoonaa kappaletta. (Puutarhayritysrekisteri 2008.) Ruukkusalaattia on Suomessa viljelty 1980-luvulta lähtien kasvihuoneessa. Ruukkusalaattina viljellystä lehtisalaatista käytetään ruusukkeena kasvavat lehdet, lehtisalaatti ei muodosta kerää. (Voipio 2001, 173–174.)

Ruukkusalaattia viljellään kasvihuoneissa kouruissa, joissa kiertää ravinneliuos. Ravinneliuosviljelyksi kutsutussa systeemissä ongelmia aiheuttavat veden mukana kulkeutuvat taudinaiheuttajat. Taudinaiheuttajat eli patogeenit, leviävät vesiviljelmillä nopeasti koko kasvustoon ja voivat näin aiheuttaa mittavia rahallisia tappioita viljelijöille. Patogeenien torjuntaan on olemassa useita eri menetelmiä. Biologiset torjuntaeliöt ovat suosiossa ja kemikaalien käyttöä pyritään vähentämään. Yksinkertaiset suodattimet ovat edelleen hyvin käytettyjä ja toimivia torjuntamenetelmiä. (Van Os, Alsanus, Wohanka, Brand & Jung 2004, 605–607.) Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kuparin ominaisuuksia ja vaikutusta salaattiviljelmällä esiintyviin patogeeneihin. Työssä tutkittiin myös kuparin mahdollisia vaikutuksia salaatin kasvuun, laatuun sekä varastointikestävyyteen.

Kupari on tunnettu sen kyvystä ehkäistä sieni-infektioita puutarhatuotannossa (Chase 2000). Kuparia käytetään niin avomaalla kuin kasvihuoneesakin. Ensimmäiset kupariyhdisteet tulivat käyttöön Ranskassa, Bordeauxin viinialueella. Viininviljelyssä käytetään edelleen runsaasti kuparia sienitautien torjuntaan. (Agrios 1997, 208.) Ruukkusalaatin tuotannossa kuparin on oltava kasteluvedessä ionimuodossa, jotta se sitoutuisi mahdollisimman hyvin vedessä oleviin organismeihin. Ionimuotoisena kupari kulkeutuu kasvilla paremmin ja näin tappaa jo kasviin päässeet patogeenit. (Vissers 2005, 1–6.) Kuparin on todettu tappavan esimerkiksi *Pythium*-sienen soluja (Peciulyte 2001, 32). *Pythium* on yksi yleisimmistä sienitaudeista, joita tavataan vesiviljelmillä (Kucharek & Mitchell 2000).

## 2 RAVINNELIUOSVILJELY KASVIHUONEESSA

Perinteinen tapa kasvattaa vihanneksia kasvihuoneessa on maa-alustalla, esimerkiksi turpeessa. Jotta viljely onnistuu, on viljelijällä oltava hyvät perustiedot kasvin viljelystä, maaperästä, kasvitaudeista, kasvifysiologiasta ja kasvihuonetekniikasta. Jos jokin perustiedoista ei ole hallussa, on sadon epäonnistumisen riski suurempi. Suurimmat ongelmat maa-alustalla viljeltäessä tulevat maalevintäisten kasvitautien mukana. Maalevintäisten tautien torjuntaan on olemassa kemikaaleja ja mekaanisia toimintoja, joilla kasvualustoja voidaan puhdistaa. Kasvualustojen puhdistukseen käytettävät aineet ja menetelmät ovat hyvin kalliita ja tämä on ajanut viljelijöitä kehittämään ravinneliuosviljelymenetelmiä. (Jensen 1999, 719–729.)

### 2.1 Vihannesten ravinneliuosviljely

Ravinneliuosviljelymenetelmistä on olemassa useita eri versioita. Sopivan menetelmän valinta riippuu kasvihuoneen sijainnista ja käyttötarkoituksesta. Ravinneliuosviljelyssä voidaan käyttää juurten tukena eri kasvualustavaihtoehtoja tai viljellä ilman kasvualustaa pelkässä ravinneliuoksessa. (Jensen 1999, 719–729.) Tomaatin ja kurkun viljelyssä käytetyt kasvualustat ovat useimmiten epäorgaanista ainetta, kuten perliittiä tai kivivillaa. Ruukkusalaatti sen sijaan kasvatetaan orgaanisessa aineessa, kuten turpeessa. Ravinneliuosviljelymenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, avoimiin ja suljettuihin systeemeihin. Avoimessa systeemissä kertaalleen kierrätettyä vettä ei uusiokäytetä, vaan se ohjataan systeemistä pois. Suljetussa ravinneliuosviljelymenetelmässä ravinneliuos kierrätetään ja ravinteita täydennetään automatiikkaa apuna käyttäen. (Jensen 1999, 719–729.) Suljettu systeemi on ekologisempi, sillä siinä ravinteita ei päästetä ympäristöön. Toisaalta suljettu systeemi mahdollistaa tautien nopean leviämisen. (Van Os ym. 2004, 605–607.)

Haittapuolena ravinneliuosviljelyssä ovat sen aloittamiskustannukset. Laitteistojen ja tilojen rakentaminen on kallista verrattuna vihannesviljelyn aloittamiseen avomaalla tai kasvihuoneessa maa-alustalla. Kasvihuoneen lämmitykseen ja viilentämiseen kuluu paljon energiaa. Viime vuosina kohonneiden energiakustannusten vuoksi viljelylajin valintaan kannattaa kiinnittää huomiota. Viljelyajankohdan voi ajoittaa vuodenajan mukaan siten, että esimerkiksi lämmityskustannukset voidaan laskea minimiin. (Jensen 1999, 719–729.) Salaatille on annettava lisävaloa pimeinä kuukausina (lokakuu–maaliskuu) noin 80–100 W/m<sup>2</sup> (Bjelland 1988, 109–122; Salonen 2000, 6; Soini 2002, 4).

Salaatti on yksi parhaiten ravinneliuosviljelyyn soveltuvista vihanneksista kurkun ja tomaatin ohella. Salaatin ravinneliuosviljelyssä käytetään samankaltaista ravinneliuosta kuin tomaatilla ja kurkulla. Salaattiruukut ase-



tetaan viljelykouruihin, joissa ravinneliuos kiertää. Kourut ovat useimmiten siirreltäviä, jolloin kasvustoa voidaan harventaa viljelyn edetessä. (Bjelland 1988, 109–122.) Kourut ovat joko kokonaan päältä avonaisia tai sitten niissä on salaattiruukun mentävät aukot. Aukolliset kourut ovat parempia, koska kouruihin ja ravinneliuokseen ei pääse valoa. Talvikuukausina lehtisalaatin kasvuaika on noin puolitoista kuukautta ja kesäkuukausina noin kuukauden (Voipio 2001; Soini 2002, 4). Ravinneliuosviljelyn ansiosta sato saadaan nopeammin valmiiksi kuin muilla menetelmillä (Bjelland 1988, 109–122). Jatkuvan sadon saamiseksi on tehtävä jatkuvia kylvöjä. Keskimääräisen vuoden aikana on mahdollista viljellä 15 salaattikiertoa. (Salonen 2000, 7.)

Ravinneliuossystemistä on yritettävä tehdä mahdollisimman epäsuotuisa elinympäristö patogeeneille, eli taudinaiheuttajille. Esimerkiksi kasteluveden lämpötilan nostaminen lisää tautien leviämiskä, vastaavasti lämpötilaa laskemalla saadaan monien patogeeneiden, kuten *Pythium aphanidermatum*-sienen, leviäminen hidastumaan. (Klärning, Grosch, Schwartz & Nederhoff 2001, 235–241; Soini 2002, 4; Sutton, Sopher, Owen-Going, Liu, Grodzinski, Hall & Benichmol 2006, 10.) Salaatin viljelyn aikana kasvihuoneen lämpötila on noin 15–18 °C, hiilidioksidipitoisuus huoneessa noin 700–900 ppm ja valotusaika noin 21 tuntia (Soini 2002, 4; Salonen 2000, 6). Ilmankosteuden on oltava riittävä, jotta lehdet eivät nuudu. Ilmankosteuden on oltava aina sitä korkeampi, mitä lämpimämpi on, sillä lämpimässä kasvit haihduttavat enemmän. Liian kostea ilma taas johtaa haihdunnan vähenemiseen, jolloin salaatti ei saa tarpeeksi ravinteita. Esimerkkinä kalsiumin puutos, joka johtaa salaatin reunapoltteen muodostumiseen. (Jaakkonen & Vuollet 2001, 53–55.)

## 2.2 Sienitautien ja bakteerien torjunta vesiviljelmällä

Tärkeä osa kasvinsuojelua on veden mikrobiologian tarkkailu. Sieni-, bakteeri-, tai virustautien aiheuttajat kulkeutuvat kasvustoon useimmiten kasteluveden mukana. Kasteluveden mahdolliset haitalliset mikrobit olisi hyvä kartoittaa jo ennen viljelmän täydellistä saastumista. Erityisesti käytettäessä kasteluun pintavettä, on *Pythiumin*, *Fusariumin* ja *Phytophthoran* kulkeutuminen viljelmälle todennäköistä. (Lahdenperä 2009, 16; Salonen 2001, 7.)

Ravinneliuosviljelyn yhtenä suurena haittapuolena pidetään patogeeneiden nopeaa leviämistä. Sieni- ja bakteeritautien päästyä viljelmälle, voi tauti edetä nopeasti koko huoneeseen. Viljelijä voi torjua vaarallisia patogeeneja ravinneliuoksesta fysikaalisin, kemiallisin tai biologisin menetelmin. (Van Os ym. 2004, 605–607.) Myös lajikevalinnoilla voidaan vaikuttaa taudinkestävyyteen, jos taudinkestäviä lajikkeita on saatavilla (Stanghellini & Miller 1997, 4–12). On vaikea sanoa, mikä torjuntamenetelmistä on paras. Viljelijän on usein valittava torjuntakeino taloudellisin perustein ja viljelmän koon mukaan. Tehokkaimmat torjuntamenetelmät ovat usein

kalliita, halvimmat keinot taas voivat johtaa myrkytysoireisiin kasveissa ja sisältävät taudin leviämiskasvun. (Van Os ym. 2004, 605–607.) Suomessa käytetyimpiä menetelmiä ovat hiekka- ja kivivillasuodattaminen, UV-C-säteilyn käyttö ja erilaiset torjunta-aineet.

Yksinkertaisin tapa torjua patogeeneja on suodattaa ravinneliuos, jolloin mahdollisimman paljon haitallisia organismeja saadaan poistettua kasteluvedestä. Suodattaminen ei kuitenkaan poista kaikkia vedessä olevia organismeja. (Van Os ym. 2004, 605–607.) Hiekkasuodattaminen on halpaa eikä siinä käytetä kemikaaleja. Hiekkasuodattimen tehokkuus vaihtelee käytetyn hiekkakoon mukaan. Jotkin patogeenit saadaan pois kasteluvedestä karkeammalla hiekalla, kun taas toisiin vaaditaan hienompaa hiekkaa. Suodatusmenetelmän tehokkuuteen vaikuttaa myös kasteluvedestä poistettavien organismien määrä. (Van Os, Amsing, Kuik & Willers 1999, 519–526.) Suomessa kasvihuonetuotannossa käytetyt hidassuodattimet ovat yleensä joko hiekka- tai kivivillasuodattimia. Hiekkasuodattimessa on usein monta kerrosta eri karheusasteista hiekkaa. Hyvin puhtailla viljelmillä saattaa riittää pelkkä verkkosuodatin, tällöin kourujen ja kasvihuoneen hygieniasta huolehtiminen on ensiarvoisen tärkeää. (Salonen 2000, 7.) Kivivillasuodatin perustuu Grodanin kivivillarouheeseen, jonka läpi paluuvesi virtaa (Soini 2002, 4).

Ultraviolettisäteily, pastörinti ja kemialliset torjuntakeinot tappavat niin hyödylliset kuin haitallisetkin mikro-organismit ravinneliuoksesta. UV-säteily torjuntakeinona on tehokas, mutta melko kallis menetelmä. (Van Os ym. 2004, 605–607.) Kalliiksi sen tekee muun muassa se, että lamput vanhenevat nopeasti ja niitä on uusittava usein. Ultraviolettisäteily ei auta sienitautien kestoasteisiin. (Salonen 2001, 9.) Ultraviolettivalo on elektromagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on välillä 200 ja 700 nanometriä. UV-valon voi jakaa kolmeen ryhmään riippuen aallonpituudesta, UV-A, UV-B ja UV-C. Ultravioletti-A on aallonpituuksilla 315–400 nanometriä, UV-B 290–315 nanometriä ja UV-C 220–290 nanometriä. UV-A on haitallinen muovi- ja maalipinnoille sekä tekstiileille, UV-B on ihmiselle ja eläimille haitallista säteilyä. Kasvihuonepatogeenien torjunnassa käytetään aallonpituudeltaan 254 nanometristä ultravioletti-C -valoa. Veden mikro-organismit absorboivat säteilyenergiaa itseensä, mikä muuttaa muun muassa niiden DNA:n ja RNA:n rakennetta. Nämä muutokset johtavat mikro-organismien tuhoutumiseen. (Newman 2004, 2–3.) Sutton ym. (2006, 315–316) tutkivat UV-C -valon vaikutusta *Pythium* -juuristotautien esiintymiseen kiertävässä ravinneliuosviljelyjärjestelmässä. Tutkimusten mukaan UV-C -valon käyttö ei ollut tehokas menetelmä, ja sen avulla ei saatu juuristotautien määrää vähenemään merkitsevästi. Syyksi he mainitsivat sen, että sienen itiöt jäivät kasvien juuriin, eivätkä kulje ravinneliuoksen mukana UV-C valolaitteen läpi.

Kemiallisessa torjunnassa ravinneliuokseen lisätään otsonia, klooria, vetyperoksidia, metalleja (kupari, sinkki) tai torjunta-aineita tuhoamaan patogeenit (Van Os ym. 2004, 605–607). Kemiallisessa torjunnassa käytetyt

otsoni, kloori ja vetyperoksidi ovat voimakkaasti hapettavia kemikaaleja. Hapettavia kemikaaleja on lisättävä kasteluveteen tarpeeksi paljon ja usein, sillä niiden hapetusteho vähenee hapetusprosessin edetessä. (Newman 2004, 4–9.) Kemiallisia torjuntamenetelmiä pidetään tehokkaimpina ja suhteellisen halpoina (Stanghellini & Miller 1997, 4–12).

Kloorin (Cl) käyttö on hyvin yleistä desinfioinnissa ja mikrobien hallinnassa. Klooria on saatavilla kolmessa eri muodossa, kloorikaasuna, hypokloriittina ja klooridioksidina. Kloori on myrkyllinen aine, jota käsiteltäessä tulisi aina olla asianmukaiset suojavarusteet. Kloorikaasu on halpaa, tehokkaimpana muotona pidetään klooridioksidia. Eräs keino torjua patogeeneja on lisätä otsonia (O<sub>3</sub>) kasteluveteen. Otsoni on yksi hapen muodoista, jota syntyy kun ilman happimolekyyliä hajoaa. Happimolekyylin hajotessa syntyy O<sup>-</sup> -ioneja, jotka reagoivat vapaiden happimolekyylien (O<sub>2</sub>) kanssa muodostaen otsonia. Otsoni tuhoaa mikro-organismit hapettamalla niiden soluseinät. Vetyperoksidi (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) toimii otsonin tavoin hapettaen vedessä olevien mikro-organismien soleuseinää. Vetyperoksidia voidaan käyttää tuhoamaan kasvihuoneesta sieni-itiöitä, bakteereita tai leviä. Vetyperoksidi on tehokas torjunta-aine ja sen avulla voidaan puhdistaa kouruja, ravinneliuos, ruukkuja tai astioita. (Newman 2004, 4–9.)

Pastörointi ja kuumennus tarkoittavat ravinneliuoksen lämmittämistä noin +97 °C:een, jolloin kaikki vedessä olevat organismit kuolevat (Van Os ym. 2004, 605–607). Kuumennusmenetelmä on tehokkain, kun lämpötila ylittää +95 °C ja kuumennus kestää noin 30 sekuntia. Kuumentamislämpötila ja -aika tulisi aina säätää torjuttavan patogeenin mukaan. Jotkin patogeenit tuhoutuvat alhaisemmissa lämpötiloissa, tällöin kuumentamisaika on yleensä pidempi. (Runia & Amsing 2001, 215–222.) Esimerkiksi *Pythium*-sienen torjuntaan suositellaan lämpötilaksi noin +50 °C ja kuumennusajaksi 30 minuuttia. Kuumennus voidaan tehdä joko höyryn avulla tai ilman, höyryn sanotaan olevan tehokkaampi. (Kucharek & Mitchell 2000.)

Biologiset torjuntamenetelmät toimivat monella tapaa. Biologisessa torjunnassa ravinneliuokseen lisätään hyödyllisiä organismeja kuten joidenkin sienisukujen tai -lajien itiöitä. Torjunnassa käytetyt organismit toimivat patogeenejä vastaan loisimalla, kilpailemalla tilasta ja ravinteista tai muodostamalla patogeenien kasville haitallisia yhdisteitä. Biologiseen torjuntaan käytetty organismi tulisi ohjata juurten lähelle, missä se tehokkaimmin torjuu patogeenejä. (Van Os ym. 2004, 605–607.) Mitä aikaisemmassa kasvuvaiheessa biologinen torjunta aloitetaan, sitä parempia ovat tulokset olleet. Biologiset torjuntaeliöt tulisi asettaa viljelmälle jo kasvien ollessa taimivaiheessa. (Van Os ym. 2004, 605–607; Sutton ym. 2006, 316.) Biologiseen torjuntaan käytetään muun muassa *Fusarium*-, *Trichoderma*- ja *Pseudomonas*-sukujen lajeja (Larkin & Fravel 1988, 1023). Torjuntaeliöt tulee levittää ennalta kasvualustaan, sillä *Pythiumin* kaltaiset juuristotaudit leviävät nopeasti kasvustoon. Sairastunutta kasvia ei voida biologisilla torjuntaeliöillä enää pelastaa, ennakointi sen sijaan saattaa pelastaa koko kasvuston. (Salonen 2001, 9.) Suomalainen Mycos-

top® -kasvinsuojeluaine on luonnonmukaiseen viljelyyn soveltuva aine, jota voidaan käyttää niin vihanneksille kuin koristekasveillekin. Mycostop® sisältää suomalaisesta rahkaturpeesta eristettyä *Streptomyces*-sädebakteeria, joka toimii biologisena torjujaeliönä mm. *Fusarium*- ja *Alternaria*-sienten aiheuttamia taimipoltetta ja juuristotauteja vastaan. (Biologinen kasvinsuojeluaine Mycostop®. n.d.) Prestop Mix® on myös Suomessa yleisesti käytössä oleva biologinen torjunta-aine, joka soveltuu integroituun ja luonnonmukaiseen viljelyyn. Tuote sisältää *Gliocladium catenulatum* J1446 -sienen rihmastoa ja itiöitä. Prestop Mix® tehoaa *Pythium*- ja *Rhizoctonia* -sienten aiheuttamaa taimipoltetta ja juuristotauteja vastaan. Prestop Mix® -valmistetta käytetään Mycostop® -valmisteen tavoin vihanneksien ja koristekasvien taimille. Prestop Mix® voidaan sekoittaa suoraan kasvualustaan tai antaa kylvön tai istutuksen yhteydessä kasteluveden mukana. (Biologinen kasvinsuojeluaine Prestop Mix®. n.d.)

### 2.3 Ruukkusalaatin varastointi

Salaatti on lehtivihannes, joten sillä on suuri haihdutuspinta-ala. Salaatin lehtien vesipitoisuus tuoreena on noin 95 %. Lehtivihanneksien sadonkorjuu kannattaa tehdä muiden vihannesten tapaan silloin, kun nestejännitys on korkeimmillaan, eli yleensä aamuisin. Haihduntaa voidaan vähentää pakkaamalla tuote muoviin tai laatikoihin. (Wills, McGlasson, Graham & Joyce 2007, 58, 201.) Pakkaaminen myös estää vieraiden hajujen tai makujen pääsemisen tuotteeseen. Tuotteet tulee pakata järkevästi siten, etteivät ne ole liian tiiviisti tai väljästi, tässä kohtaa on hyvä huomioida myös oikea pakkauskoko. Pakkaamiseen käytetyt materiaalit tulee olla puhtaita, eivätkä saa aiheuttaa salaateille ulkoisia tai sisäisiä laadunalenemisiä. Pakkauksissa ei sallita vieraita aineita, jos painovärejä tai tarroja on käytetty, tulee niiden olla myrkyttömiä. (Euroopan unionin virallinen lehti 2009.) Ruukkusalaatit pakataan avonaisiin muovipusseihin, jotka tukevat lehtiä, rajoittavat haihduntaa ja suojaavat salaatteja vioittumiselta (Voipio 2001, 174).

Heti sadonkorjuun ja pakkaamisen jälkeen salaatit on siirrettävä kylmävarastoon, jotta ne säilyisivät mahdollisimman hyväkuntoisina kuluttajalle. Kylmävarastoinnin aikana on tarkkailtava, etteivät tuotteet palellu, kuivu tai altistu liialle hiilidioksidille. Mitä nopeammin salaatit saadaan siirrettyä viljelmältä varastoon, sitä parempi on niiden säilyvyys. Ruukkusalaattien kylmävarastointimenetelmänä käytetään useimmiten yksinkertaista kylmähuonetta, joka toimii samalla varastointi- ja viilennystilana. Kun salaatit varastoidaan ja viilennetään samassa tilassa, säästyy työaikaa ja käsitteilykertoja. (Wills ym. 2007, 58, 61–66.)

Ruukkusalaatin varastointilämpötilaksi suositellaan 0–5 °C (Lyijynen & Morkkila 2004, 9). Alle +4 °C lämpötilassa salaatin voidaan olettaa säilyvän yhdestä kolmeen viikkoa (Wills ym. 2007, 20). Varaston suhteellinen ilmankosteus tulisi olla 90–95 %. Salaatin vesipitoisuus on korkea, joten

se haihduttaa nopeasti ilman ollessa kuiva. Kun ilmankosteus nousee lähemmäs 100 prosenttia, nousee tautisaastuntariski. (Jaakkonen, Koivunen & Vuollet 2001, 203–204.) Varastointiaika vaikuttaa lehtisalaatin ulkonäköön ja vitamiinipitoisuuksiin. Varastointiajan pidetessä C-vitamiinipitoisuus lehdissä laskee. (Nam & Kwon 1997, 173–184).

Salaattien ulkonäkö kärsii, kun kylmäketju katkeaa. Ulkonäön huononeminen vaikuttaa erityisesti kuluttajan ostopäätökseen ja tyytyväisyyteen. (Nam & Kwon 1997, 173–184.) Ilman kylmäjähdytystä salaatti kestää elinvoimaisen näköisenä noin neljä päivää, jähdytyksen ansiosta säilyvyys saadaan pidettyä hyvänä noin kymmenen päivää. Jos salaatti on nuutuneen näköinen ja lehdet kellertävät, ei tuotetta suositella ostettavan. Varastointiajan lisäksi varastointikestävyyteen vaikuttaa lämpötila. Lämpimässä varastossa salaatin lehdistä katoaa lehtivihreä ja lehtien keltaisuutta ilmaantuu nopeammin kuin kylmässä lämpötilassa. Liian lämmin varastointilämpötila aiheuttaa myös lehtien sokeripitoisuuden alenemiseen. (Nam & Kwon 1997, 173–184.)

### 2.4 Laatuvaatimukset

Vähimmäisvaatimuksien mukaan salaattien tulee olla terveitä ja tuoreita, eli ne eivät saa olla pilaantuneita tai nuutuneita. Salaattien tulisi olla puhaita ja vailla tuholaisvioletuksia. Salaateissa ei saisi olla likaisia, homeisia, kellastuneita tai ruhjoutuneita lehtiä tai lehdenreunapoltetta. Vieraita hajuja tai makuja ei sallita, eikä myöskään lannoite-, torjunta-aine- tai kemikaalijäämiä. Näkyvää kukkavarren muodostumista ei saa olla havaittavissa. Salaattien tulisi olla sellaisessa kehitysvaiheessa, että ne kestävät kuljetuksen ja saapuvat määränpäähän tyydyttävässä kunnossa. (Euroopan unionin virallinen lehti 2009.)

I-luokan salaateiksi luokitellaan hyvin kehittyneet, lajikkeelle tyypillisen muotoiset ja väriset yksilöt. Lehtisalaattien koko määräytyy lehtimassan mukaan, ruukkusalaatit punnitaan ilman juuripottia. I-luokan lehtisalaatin lehtimassan minimipaino on 115 g, laatupoikkeamia sallitaan erässä 10 %, kokopoikkeamia korkeintaan 20 %. Koko- ja laatupoikkeamia sallitaan yhteensä 20 % erästä. (Euroopan unionin virallinen lehti 2009.)

### 3 KUPARI

Kupari on maaperässä esiintyvä alkuaine. Kuparimyrkytykset ovat luonnossa harvinaisia, sillä maaperän kuparipitoisuudet ovat normaalisti alhaisia. Kuparilisäystä annetaan joko maanparannuksen yhteydessä tai osana kasvinsuojelua. (Lucas ym. 1994, 13–14.) Torjunta-aineet, jotka sisältävät kuparia, ehkäisevät bakteerien, sienien ja levien kasvua (Chase 2000). Torjunta-aineissa kuparia on käytetty tehoaineena jo kymmeniä vuosia (Agrios 1997, 208). Kuparia voidaan myös käyttää apuna juurten kemiallisessa leikkaamisessa (Aldrich & Norcini 1994, 215–217).

#### 3.1 Kuparin vaikutukset kasvilla

Kasveille kuparin saanti on elintärkeää proteiinisynteesin, kasvun ja monien entsyymien toiminnan kannalta. Ilman kuparia kasvit eivät pysty tuottamaan satoa. Kuparin puutosoireet näkyvät nestejännityksen huononemisenä, mikä johtaa kasvin nuutumiseen. Lehtien kärjet muuttuvat sinertäviksi ennen kuin lehtivihreä katoaa ja lehti kuolee. Eri kasveilla oireet näkyvät eri tavoin. (Lucas, Vitosh & Warncke 1994, 13–14.)

Kuparimyrkytys aiheutuu useimmiten maaperään lisätyn kuparin ansiosta. Myrkytysoireet ilmenevät kitukasvuisuutena, lehtien sinertävyytenä, lehtien käpristymisenä ja lopulta kasvin kuolemisena. Yleisenä rajana kuparimyrkytyksen altistumiseen pidetään täysikasvuisen lehden kuparipitoisuuden ylittäessä 150 ppm. Avomaaolosuhteissa kuparimyrkytys on vaarallimpi tilanne, sillä kupari huuhtoutuu huonosti pois maaperästä. Jos kuparia on annettu liikaa ja kasvit saavat myrkytysoireita, on kuparin poistaminen maaperästä vaikeaa. (Lucas ym. 1994, 13–14.) Kuparialtistuneet solut vaikuttavat kasvin perusfysiologisiin tapahtumiin mikä usein johtaa heikentyneeseen kasvuun. Useimmiten liiallinen kuparin määrä heikentää ensimmäisenä juurten kasvua ennen versojen kasvun häiriintymistä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että juuret olisivat herkempiä kuparialtistukselle, vaan että ne ovat normaalisti ensimmäisenä kosketuksissa kuparilähteen kanssa. (Sonmez, Kaplan, Sonmez, Kaya & Uz 2006, 216–218.)

Kuparin on todettu aiheuttavan juurten haaroittumisen lisääntymistä. Tietoa käytetään hyväksi astiataimituotannossa. Juuristo haarautuu juuren kärjen ja kuparipinnoitetun astian reunan yhtymäkohdassa. Haaroittumisella pyritään estämään juurten kiertyminen astiassa. Menetelmän toimiesä juuristosta tulee tasainen, voimakkaasti haaroittunut ja kasvi saa helpommin veden ja ravinteet käyttöönsä maaperästä. Juurten massa kuitenkin usein pienenee kun astian sisäpinta on käsitelty kuparia sisältävillä yhdisteillä. Kuparipinnoitteen käyttö taimikasvatusastioissa saattaa aiheuttaa värivirheitä niin juurissa kuin lehdistäkin. Kuparin vaikutusta ihmeköyn-

nöksen (*Bougainvillea*) juurten kehittymiseen tutkittiin Floridassa. Tutkimuksessa todettiin, että kuparikäsittelyn saaneissa taimissa oli enemmän pääjuuria kuin kontrollitaimissa. Kontrollitaimien juuret olivat kiertyneitä, kuparikäsittelyn saaneilla taimilla juuret olivat haaroittuneet voimakkaasti ja kiertymistä ei havaittu. Tutkimuksessa havaittiin juurten kärkien rusketuneen kuparihydroksidipinnoitteen ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) myötä. Myös lehtisuonten raportoidaan muuttuneen punertaviksi. (Aldrich & Norcini 1994, 215–217.)

### 3.2 Kuparin käyttö torjunta-aineissa

Jo vuosien ajan on koristekasviviljelyssä käytetty kuparia lähinnä bakteeritauteja vastaan, mutta torjunnan on todettu myös tehoavan sienitauteja vastaan. Kupari estää sieni-itiöiden itämistä. (Chase 2000.) Mikro-organismit, kuten patogeenit, ovat herkkiä raskasmetalleille. Metallionit voivat vaikuttaa patogeenien kasvurytmiin sekä itiö- että entsyymituotannon häiriintymiseen. Tutkimusten mukaan metalli-ioneilla on erilaisia vaikutuksia riippuen altistuneesta mikro-organismista, altistuksen ajankohdasta ja voimakkuudesta. Joidenkin mikro-organismien kasvu häiriintyy kuparialtistuksessa, kun taas joidenkin kasvuun se näyttäisi vaikuttavan positiivisesti. (Peciulyte 2001, 31–35.)

Ensimmäiset kuparia sisältäneet torjunta-aineet keksittiin vuonna 1885 (Stanghellini & Miller 1997, 4–12). Bordeauxin alueella Ranskassa on kupariyhdisteitä ensimmäisen kerran käytetty lehtihomeen torjumiseen viinitarhoilla. Ensimmäisiä yhdisteitä kutsutaankin nimellä ”Bordeauxin sekoitus” (englanniksi *Bordeaux mix*). Sekoitus sisältää kuparisulfaattia ja kalsiumhydroksidia (sammutettu kalkki). Bordeauxin sekoitus oli ensimmäinen sienitorjunta-aine, ja on yhä paljon käytetty ympäri maailmaa. Aine tehoaa moniin sienten ja bakteerien aiheuttamiin vaurioituksiin. Yhdisteessä kupari on patogeenien torjuja, kalsiumhydroksidia lisätään lähinnä vain, jotta välttyttäisiin liian korkeilta kuparipitoisuuksilta. Liiallinen kuparianostus aiheuttaa varsinkin viileällä ja kostealla säällä lehtien palamista. (Agrios 1997, 208.) Bordeauxin sekoitus on melko hankala valmistaa itse, mutta nykyään monia kuparia sisältäviä kasvinsuojeluaineita saa kauppa-valmisteena. Kupari on valmissekoituksissa joko kuparihydroksidina, kuparikloridioksidina tai erilaisina kuparisulfaatteina. Kauppavalmisteet tehoavat kutakuinkin samoihin sienitauteihin ja bakteereihin kuin Bordeauxin sekoitus. (Dreistadt & Clark 2004, 219.)

Ravinneliuosviljelyssä kuparin on oltava ionimuodossa ( $\text{Cu}^{2+}$ ), jolloin se kulkeutuu paremmin kasvissa. Ionimuotoisena kupari sitoutuu nopeasti vapaisiin organismeihin. Tämä hankaloittaa ravinneliuoksen kuparipitoisuuden pitämistä tasaisena. Jos kupari sekoitetaan emoliuostankkiin tavalliseen tapaan, osa kupari-ioneista sitoutuu vapaisiin organismeihin jo ennen kastelukouruun pääsyä. Tällöin on vaikea tietää, kuinka monta vapaata kupari-onia todellisuudessa kulkeutuu kasville saakka. Aqua-Hort-

laitteella kupariannostelu on kontrolloitu, sillä vesi kulkee suoraan laitteesta kastelukouruihin ja kupari-ionit alkavat sitoutua vasta kun ne ovat kasvien välittömässä läheisyydessä. (Vissers 2005, 1.)

Kuparin käyttö sienitautien torjunnassa ei aiheuta resistenttien, eli vastustuskykyisten, sienitautikantojen muodostumista. Riski on lähinnä bakteerikantojen muuntautuminen vastustuskykyisemmäksi fungisidejä, eli sienitorjunta-aineita vastaan. Jos bakteeritautien torjuntaan käytetään toistuvasti kuparipohjaisia torjunta-aineita, on mahdollista, että torjuttava bakteerikanta tulee kuparille resistentiksi, mikä heikentää torjunnan tehoa. Kuparin käytön rinnalle suositellaan käytettävän välillä joitain muita markkinoilla olevia torjunta-aineita, jotta resistenttejä bakteerikantoja ei pääsisi syntymään. (Chase 2000.)

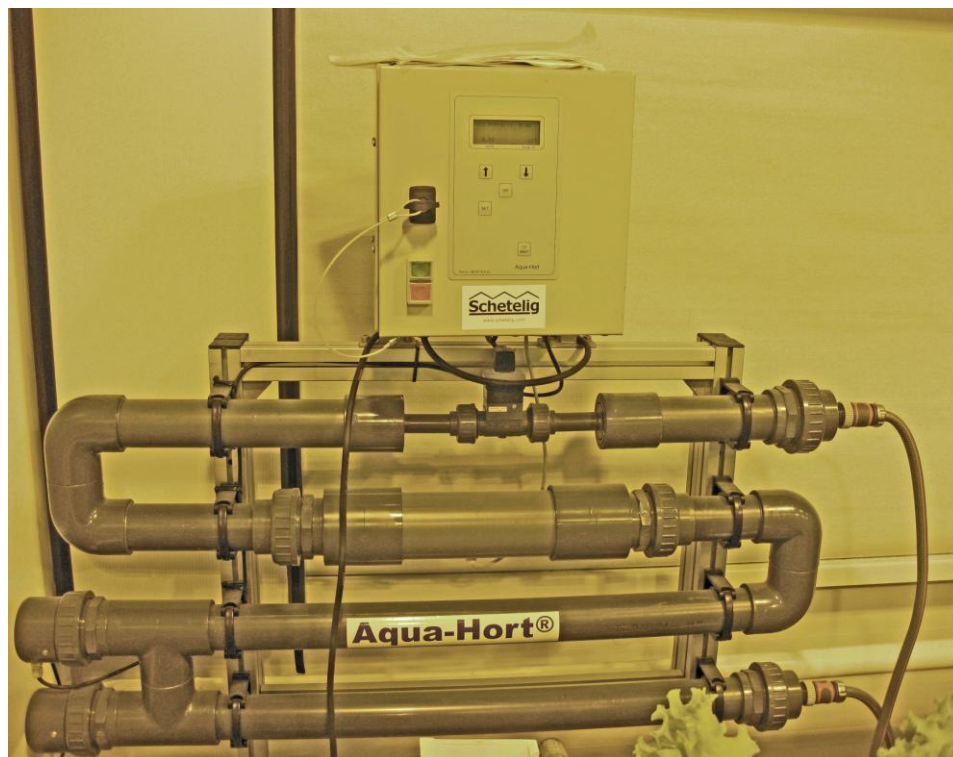
### 3.3 Aqua-Hort -laite

Aqua-Hort on tanskalainen kasvihuoneviljelyyn kehitetty laite, joka annostelee positiivisesti varautuneita kupari-ioneja kasteluveteen. Laitteesta on markkinoilla yhdeksää tyyppiä ja kokoa, jotka soveltuvat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Laitteen koko valitaan kasvihuoneen koon ja kiertävän veden määrän mukaan. Pienin saatavilla oleva koko kierrättää viisi ja suurin yli 200 kuutiota vettä tunnissa. Kupariannostelun väkevyyttä voidaan säätää viljelyn aikana ja vapaiden kupari-ionien määrää voidaan tarkkailla erillisen testaussarjan avulla. (Lasson, A. 2009.) Aqua-Hort -laitetta käytetään kasvihuoneviljelyssä niin koristekasveille kuin vihanneksillekin. Aqua-Hortin vapauttamat kupari-ionit ovat vahvasti positiivisesti varautuneita, jolloin ne reagoivat helposti negatiivisesti varautuneiden hiukkasten kanssa. Kasteluvedessä negatiivisesti varautuneita hiukkasia ovat esimerkiksi sienitautien itiöt ja muut orgaaniset aineet. (Welcome to Aqua-Hort n.d.)

Laitevalmistajan mukaan Aqua-Hort-laitteen hyödyiksi luetaan kasveille tasainen kuparin saanti ja laitteen ehkäisemisteho bakteeri- ja sienitauteja vastaan. Laitteen uskotaan myös parantavan juuriston kuntoa ja edistävän juuriston valkoisuutta sekä parantavan koko tuotteen laatua. Kasveista tulee laitevalmistajan mukaan vahvempia, eivätkä ne rikkoudu niin helposti. (Aqua-Hort for nursery production. n.d.)

Laite asennetaan lähelle lannoitesekoittajaa. Sekoittajasta tuleva lannoitettu kasteluvesi johdetaan Aqua-Hort laitteen alaosaan sisään. Laitteen muovisissa putkistoissa on elektrodisauvoja, joiden ohi vesi virtaa. (Lasson 2009.) Laite lisää kuparin määrää vedessä, menetelmä perustuu elektrolyyysiin (Aqua-Hort for nursery production n.d.). Kun vesi on kiertänyt laitteen ja siihen on lisätty positiivisesti varautuneet kupari-ionit, johdetaan se laitteen yläosan kautta kasvatuskouruihin. Elektrodisauvat on vaihdettava, kun niiden luovuttamat kupari-ionit loppuvat. (Lasson 2009.) Kuvassa 1 on Lepaalla käytössä ollut Aqua-Hort -laite.





Kuva 1 Aqua-Hort – laite Lepaan kasvihuoneessa syksyllä 2009.

Laitevalmistajan tekemien tutkimusten mukaan Aqua-Hort laite ei paranna kasvua tai sadon laatua, jos kasvit eivät ole altistuneet kasvitaudeille. Laitevalmistajat testasivat kupariannostelun vaikutusta viirivehkan (*Spathiphyllum*) kasvuun. Tutkimuksen mukaan kontrollikasvit olivat korkeampia, myös niiden lehdet ja juuret olivat painavampia. Tulokset johtuivat siitä, että viljelmältä ei löydetty taudinaiheuttajia. (Vissers 2005, 5.)

## 4 SIENITAUDIT RAVINNELIUOSVILJELYSSÄ

Kasvitaudit aiheuttavat viljelijöille taloudellisia vahinkoja. Rahallinen menetys voi johtua kalliimman, mutta huonosatoisemman, taudeille vastustuskykyisen lajikkeen valitsemisesta. Myös torjunta-aineet, -välineet ja torjuntaan käytetty työaika maksavat. Suurin rahallinen tappio syntyy kuitenkin sairastuneen sadon myyntikelvottomuudesta. Vuonna 1993 tehdyn tutkimuksen mukaan maailman vihannessadosta hävikin osuus oli noin 28 %. Hävikin suurin syy oli kasvitaudit, joiden osuus oli 10,1 %. (Agrios 1997, 25–37.) Torjunta on hyvin hankalaa heti kun sieni on päässyt kasvustoon saakka. Joskus viljelijän on jopa hävitettävä sato taudin torjumiseksi. (Utkhede, Levesque & Dinh 2000, 138.)

### 4.1 Sienitautien leviämistavat ja parveilutiöiden merkitys torjunnassa

Patogeeni pääsee kasvihuoneeseen ja ravinneliuosviljelysysteemiin useita eri reittejä (Sutton ym. 2006, 309). Kasvihuoneessa esiintyvät sienitaudit voidaan karkeasti jakaa neljään ryhmään leviämistavan mukaan. Kasvihuoneilla yleisiä maalevintäisten tautien sukuja ovat esimerkiksi *Pythium* ja *Fusarium*. Maalevintäiset taudit voidaan edelleen jakaa parveilutiöiden (englanniksi *zoospore*) avulla leviäviin ja kestoitiöiden avulla leviäviin sieniin. Kaukolevintäisiin tauteihin kuuluvat kaksi pääryhmää, härmäsienet ja lehtihomeet, jotka leviävät viljelmille ilman mukana. Roiske-, kosketus- ja kasvinjätelevintäiset laikkutaudit, kuten *Diymella bryoniae* ja *Didymella lycopersici*, aiheuttavat kurkunmustapistemätää ja tomaattisöpää. *Botrytis cinerea*, eli harmaahome, iskee kuihtuvien kasvinosien kautta. Jokaista ryhmää torjutaan omin keinoin. (Salonen 2001, 7–9.)

Kasveille patogeenisiä parveilutiöitä tuottavia lajeja on olemassa arviolta 143 kappaletta. Parveilutiöt syntyvät vesirakkuloista tai itiöpesäkkeistä, joista ne vapautuvat veden mukana. Veteen päästyään ne uivat muutamasta minuutista tuntiin, riippuen lajista. Vedessä ne hakeutuvat sopivan isäntäkasvin läheisyyteen ja koteloituvat. (Stanghellini & Miller 1997, 4–12.) Parveilutiöitä pidetään maalevintäisten patogeenien leviämisen ja infektioiden pääsyynä (Stanghellini & Miller 1997, 4–12; Sutton ym. 2006, 310). Patogeenien torjunnan kannalta parveilutiöt ovat tärkeitä, sillä niiden koteloitumisvaiheessa solukalvo on ohut, eikä paksua soluseinää ole, kuten muissa patogeenien kasvuvaiheissa (Stanghellini & Miller 1997, 4–12; Salonen 2001, 7). Itiöiden ohuen solukalvon vuoksi markkinoilla olevat torjunta-aineet tehoavat paremmin niihin kuin patogeenien kestoasteisiin. Tunnetuimpia parveilutiöitä tuottavia patogeenisukuja ovat *Pythium*, *Phytophthora* ja *Plasmopara*. (Stanghellini & Miller 1997, 4–12.) Torjuttavia lajeja tulee jatkuvasti lisää, sillä patogeenit muuntautuvat torjunta-aineiden

käytön myötä resistenteiksi, mikä hankaloittaa torjuntaa edelleen (Stanghellini & Miller 1997, 4–12; Freeman, Zveibil, Vintal & Maymon 2002, 164; Kucharek & Mitchell 2000). Biologisien torjuntaeliöiden käytön yhteydessä ei ole havaittu patogeenien muuntautuneen torjuntaeliöille resistenteiksi (Freeman ym. 2002, 164).

#### 4.2 *Pythium*

*Pythium*-suvun sienitaudit ovat yleisiä vihannes- ja maatalousviljelmillä. Sukuun kuuluu lukuisa määrä erilaisia ja eri oloihin sopeutuneita lajeja, joista yleisnimityksenä käytetään vain nimeä *Pythium*. Vesiviljelmillä *Pythium* on usein tavattu patogeeni. Sen seuraukset ja vaikutukset vaihtelevat paljon *Pythium* -lajista ja viljeltävästä kasvista riippuen. Sieni leviää vedessä uivien parveilutiöidensä avulla. (Kucharek & Mitchell 2000.) Viljelytaukojen aikana tehty desinfiointi ja kourujen kuivattaminen on tärkeää, sillä parveilutiöt kuolevat kuivuessaan (Kucharek & Mitchell 2000; Salonen 2001, 7). Jotta tuhot saataisiin minimoitua, on oireiden huomaaminen aikaisessa vaiheessa tärkeää (Herrero, Hermansen & Elen 2002, 36–4). *Pythium* -sienen aiheuttamat kasvitaudit ovat hyvin yleisiä vesiviljelmillä, sillä ympäristö antaa mahdollisuuden juuristopatogeenien lisääntymiselle ja leviämiselle. Yleisimmät salaattiviljelmillä tavatut *Pythium*-suvun lajit ovat *Pythium ultimum* ja *Pythium aphanidermatum*. (Utkhede ym. 2000, 138; Kucharek & Mitchell 2000.) *P. aphanidermatumia* tavataan lämpimässä ympäristössä, kun taas *P. ultimum* on yleisempi viileämissä kasvualustoissa (Kucharek & Mitchell 2000).

*Pythium*-lajit ovat koostuneet mikroskooppisen pienistä osista, rihmoista. Rihmojen liittyessä toisiinsa syntyy valkoinen rihmasto, joka laajana esiintymänä saattaa näkyä infektoituneen kudoksen päällä. Rihmasto voi kasvaa jopa muutaman senttimetrin päivässä, mikäli olosuhteet ovat sille suotuisat. (Kucharek & Mitchell 2000.) Istutustiheyden ollessa suuri, kasvaa tartunnan vaara. Tiheään istutetussa kasvustossa *Pythium* voi levitä nopeasti ja tappaa kokonaisia kasveja tai jopa kasvustoja. Esimerkiksi salaattiviljelmillä ongelma on mahdollinen, sillä kouruissa olevat ruukkusalaatit ovat hyvin lähellä toisiaan. Jos ilma on kostea ja lämmin pitkään, saattaa *Pythium* päästä leviämään muodostaen suuria rihmastoalueita. Tällaisessa tapauksessa rihmastot ovat jo silminnäkettäviä valkoisia laikkuja ja kasvit näyttävät huonovointisilta. Rihmasto kasvaa suuriksi valkoisiksi massoiksi, mikä lopulta pilaa sadon. Ilmiölle on olemassa englanninkielinen nimi, *Cottony leak*, joka tulee rihmaston ukonäöstä ja sen aiheuttamasta vetistyneestä kudoksesta. (Kucharek & Mitchell 2000.) Tauti tarttuu kasvista toiseen veden mukana leviävien itiöiden, sekä juurikosketuksen avulla (Tu, Papadopoulos, Hao & Zheng 1999, 577–583).

Usemmat *Pythium*-infektiot tapahtuvat juurten kärkien kautta, hiusjuuristo on erittäin altis infektoitumiselle (Kucharek & Mitchell 2000; Salonen 2001, 7; Sutton ym. 2006, 310). Juuriston infektoituminen näkyy juurten

värivirheinä, väri muuttuu rusehtavaksi tai kellertäväksi, riippuen kasvista (Sutton ym. 2006, 310). Infektio aiheuttaa eri kasveissa erilaisia oireita. Yleisimmät oireet ovat lehtien kellastuminen, lehden reunan ruskettuminen ja kasvin nuutuminen. Oireet vaihtelevat myös kasvin infektoituneesta osasta riippuen. Juuriston infektoituminen ei heijastu lehtiin kovinkaan nopeasti, joten tartunta voi olla vaikea huomata riittävän ajoissa. (Kucharek & Mitchell 2000; Utkhede ym. 2000, 138.) *Pythium* voi aiheuttaa itämisvaiheessa taimipoltetta, myöhemmissä kasvuvaiheissa saastunta ilmenee juuristotauteina ja lehtien vioituksina (Alsanius, Hultberg & Khalil 2001, 207–214). Tartunta on vaarallisempi nuorille taimille kuin täysikasvuisille yksilöille. Nuoren taimen *Pythium* -tartunta voi tappaa. (Salonen 2001, 7.)

Aivan kuten mitä tahansa muutakin tautia torjuttaessa, paras tapa on toimia systemaattisesti ja tehdä torjuntasuunnitelma. *Pythium* -sientä kestäviä lajeja tai lajikkeita ei ole olemassa, joten se hankaloittaa torjuntasuunnitelman laadintaa. Tiheään istuttamista tulisi välttää, vaikka se on joidenkin viljelykasvien kohdalla tarkoittaakin sadon määrän alenemista. Tiheään istuttaminen kuitenkin luo sienien leviämislle paremmat mahdollisuudet, sillä ilma ei kierrä kasvien välissä ja kasvustossa pysyy kostea ja lämmin ilma. (Kucharek & Mitchell 2000.) Puhdistamalla ja desinfioimalla kasvatuskourut, kastelujärjestelmän putkistot ja vesisäiliöt aina viljelyn päätyttyä voidaan *Pythium* yrittää pitää loitolla. (Parikka 2006, 22; Salonen 2001, 7.) Suihkemaiset torjunta-aineet eivät tehoa yhtä hyvin *Pythium*-sienen kuin suoraan kasvualustaan laitettut. Suihkutettavilla torjunta-aineilla voidaan torjua silloin, kun saastunta on jo todella paha, ja rihmasotot ovat silminnäkävät. (Kucharek & Mitchell 2000.)

Torjuntaan on markkinoilla muun muassa biologiseen torjuntaan tarkoitettuja bakteereita ja sieniä. Tulokset eivät ole olleet mainittavia, mutta suljetussa ympäristössä, kuten esimerkiksi ravinneliuosviljelyssä, biologinen torjunta on mahdollista. Myös typen lisäyksellä voidaan elvyttää sairastunutta kasvustoa. (Kucharek & Mitchell 2000.) Lisälannoitus ei poista patogeeniä, mutta se edesauttaa kasvia kasvamaan voimakkaammin, mikä saattaa joskus riittää sadon saamiseksi valmiiksi (Kucharek & Mitchell 2000; Salonen 2001, 9).

#### 4.3 *Fusarium*

*Fusarium* kuuluu maalevintäisiin sienitauteihin, jotka leviävät kestoitiöiden avulla. Kestoitiöt saattavat hapettomissa oloissa, esimerkiksi kasvihuoneen maa-alustan alemmissa kerroksissa, säilyä jopa viidestä kuuteen vuotta. (Salonen 2001, 7.) Sinnikästä sienitautia voidaan hävittää ravinneliuksesta esimerkiksi UV-käsittelyllä (Lahdenperä 2009, 16).

*Fusarium* -sukuun kuuluu useita lajeja, joista osa on haitallisia päästessään viljelmille (Lahdenperä 2009, 16). *Fusarium*-suvussa on sekä patogeeni-

siä, että ei-patogeenisiä lajeja ja kantoja. Ei-patogeenisillä kannoilla tiedetään olevan muita sienitauteja ehkäiseviä ominaisuuksia, jolloin niiden käyttö biologisessa torjunnassa on mahdollista. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että ei-patogeenisillä *Fusarium* -kannoilla olisi vaikutusta muihin *Fusarium* -suvun patogeenisiin kantoihin ja muun muassa *Pythium ultimum* -sienen esiintymiseen. (Harman, Howell, Viterbo, Chet & Lorito 2004, 44; Freeman ym. 2002, 164; Larkin, Hopkins & Martin 1996, 812–819.) *Fusarium* -sienen käyttö muiden sienitautien biologisessa torjunnassa perustuu sienten väliseen kilpailuun tilasta ja ravinteista sekä *Fusarium* -sienen aikaansaamasta resistenssireaktiosta kasvilla. (Freeman ym. 2002, 164.)

Salaatin altistuminen *Fusarium* -sienelle on kohtalaisen tuore uutinen. Euroopassa ensimmäiset tapaukset tulivat ilmi vasta vuonna 2002 Italiassa. Yhdysvalloissa salaattiviljelmillä tavattiin ensimmäisen kerran *Fusarium* -sientä 90 -luvulla ja Aasiassa 60 -luvulla. *Fusarium* aiheuttaa salaatin taimien kuihtumista ja mahdollisen kuoleman. Sairastuneessa taimessa johtojänteet ja juurten solukot ovat ruskeita tai punertavia. Vanhemmissa yksilöissä tartunta ilmenee lehtien kellastumisena, kuihtumisena ja kuolioina. Vanhempien yksilöiden johtojänteet muuttuvat infektoiduessaan punertavan ruskeasta tumman ruskeaan. Paalujuuresta saattaa tulla ontto ja kerä-salaattien sadonmuodostus häiriintyä. Salaattiviljelmillä tavattu kuihtumista aiheuttava laji on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. Patogeeni säilyy maaperässä pitkiä aikoja kätköitiöidensä avulla. (Koike, Gladders & Paulus 2007, 306.)

#### 4.4 *Trichoderma*

*Trichoderma* -lajit ovat vapaasti liikkuvia homesieniä, jotka ovat yleisiä maaperässä ja juuristojen läheisyydessä. Monien vuosien ajan on ollut tiedossa *Trichoderma* -sienen tuottavan antibioottisia yhdisteitä sekä olevan muiden sienten loinen. Monissa tutkimuksissa on käynyt ilmi *Trichoderma* -sienen mahdollisuudet biologisessa kasvinsuojelussa. Sieni on kasveille myrkytön ja vaaraton symbiontti, joka samalla toimii loisena muille sienille. Se kilpailee maaperässä olevien mikro-organismien kanssa ravinteista ja tilasta. *Trichoderma* tuottaa yhdisteitä, jotka aiheuttavat kasvilla paikallisia tai laajamittaisempia vastareaktioita sienitauteja vastaan. Reaktiot tapahtuvat kasvin juuristossa, jonka lähellä *Trichoderma* lisääntyy. *Trichoderma* hajottaa pektinaasi- ja muita entsyymejä, joita esimerkiksi harmaahome (*Botrytis cinerea*) tarvitsee läpäistäkseen lehden pintasolukon. Vaikka *Trichoderma* -sienen käynnistämä vastareaktio kasvilla muita sienitauteja vastaan alkaa juuristosta, voi se vaikuttaa koko kasvin puolustusmekanismiin. Tällöin koko kasvi on resistentimpi sienitauteja vastaan. *Trichoderma* -sienen käynnistämä puolustusmekanismi kasvilla saattaa kestää useita kuukausia ja toimia tällöin pitkälläkin aikavälillä suojana patogeenien vastaan. Ei tiedetä, kuinka kauan puolustusmekanismi kasvilla toimii, mutta jos *Trichoderma* -sieni on jatkuvassa yhteydessä kasvin

kanssa, on kasvi todennäköisesti resistentti patogeeneille koko yhteyden ajan. (Harman ym. 2004, 43–44, 50, 52, 54.)

Sienen ja juuriston välillä tapahtuva vuorovaikutus aiheuttaa huomattavia muutoksia kasvin aineenvaihduntaan. *Trichoderma* -sienen asetuttua juuriston läheisyyteen, edesauttaa se juuriston pituuskasvua ja kehitystä, lisää sadon määrää ja kasvin stressinsietokyky paranee. Kasvun edistämisen vuoksi *Trichoderma* -sientä suositellaan käytettäväksi biologisessa torjunnassa. Lisäksi se on pitkävaikutteisempi ja halvempi kuin synteettiset torjunta-aineet. *Trichoderma* -lajeista *T. harzianum* on erityisen tehokas muita sienitauteja vastaan, se on myös eniten käytetty *Trichoderma* -laji biologisessa torjunnassa. *Trichoderma* -lajit ovat hyvin vastustuskykyisiä muiden mikro-organismien tai kasvien tuottamia antibioottisia aineita ja kemikaalisia sienitorjunta-aineita vastaan. Vastustuskykyisyytensä vuoksi *Trichoderma* -sienen torjuminen ravinneliuosviljelyssä onnistuu parhaiten suodattimien avulla. (Harman ym. 2004, 54.) Homesieni on hyvin runsaskasvuinen, ja saattaa aiheuttaa tukkeumia tippukastelulaitteiston sisällä, jolloin suodattimien käyttö sienien torjumiseksi on kannattavaa (Lahdenperä 2009, 16).

Elad, Chet ja Katan (1980, 119–121) tutkivat *Trichoderma harzanium* -lajin vaikutusta kahden patogeenin, *Sclerotium rolfsii* ja *Rhizoctonia solani*, esiintymiseen kasvihuoneessa ja avomaalla. Kokeissa selvisi, että *T. harzanium* vähensi patogeenien määrää kasvualustassa niin kasvihuoneessa kuin avomaallakin. Kasvihuoneessa koekasvina oli papu (*Phaseolus vulgaris*), jonka tartuntavioitukset laskivat 97 % (*Sclerotium rolfsii*) ja 57 % (*Rhizoctonia solani*) *T. harzanium* -lisäyksen myötä. Avomaalla koekasvina oli useampia lajeja, yksi lajeista oli tomaatti (*Solanum lycopersicum*). Avomaalla tomaatin satotasot nousivat merkittävästi *T. harzanium* -lisäyksen myötä ja sienien käyttö edisti kasvien kasvua. Tutkijat pitivät *T. harzaniumin* lisäystä parempana torjuntakeinona kuin perinteisiä kasvin-suojeluaineita. Perinteiset kasvin-suojeluaineet saattavat olla myrkyllisiä myös viljelyskasville, *T. harzaniumin* käyttö torjunnassa torjui patogeenit ja edisti lisäksi kasvien kasvua ja lisäsi sadon määrää.

## 5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämä koe oli toinen Lepaalla tehty salaattikoe, jonka tarkoituksena oli selvittää Aqua-Hort -laitteen mahdolliset hyödyt sienitauteja vastaan. Koejärjestelyt mukailivat ensimmäisen Lepaalla tehdyn kokeen menetelmiä. Erona edelliseen kokeeseen oli uusien lajikkeiden mukaan tuonti sekä kasvatusolosuhteiden muutokset ravinneliuosviljelyn aloittamisen jälkeen. Ensimmäisessä kokeessa kasvit ja niiden juuret arvioitiin silmämääräisesti sadonkorjuun yhteydessä. Lisäksi niistä mitattiin tuorepaino ja pituus. Toiseen kokeeseen otettiin mukaan kuivapainomittaukset, jotka tehtiin lehdistä ja juurille. Lisäksi tehtiin pienimuotoinen varastointikestävyyskoe yhdelle lajikkeelle.

### 5.1 Koejärjestelyt

Koejärjestelyt olivat hyvin samankaltaiset kuin ensimmäisessä Lepaalla tehdyssä salaattikokeessa. Ensimmäisessä kokeessa kouruja oli 22 kappaletta, joista puolet sai kuparikäsittelyn Aqua-Hort -laitteen kautta. Lajikkeita oli vain yksi, Aficion. Ensimmäinen koe aloitettiin 17.9.2009 ja koe päättyi 23.10.2009.

Toinen koe perustettiin Lepaan kasvihuoneen koehuoneeseen 13. marraskuuta 2009. Kokeen testattavina muuttujina olivat lajike ja kupariannostelu. Kerranteita oli kokeessa kolme kupariannostelupuolella ja kolme kontrollipuolella. Kerranteiden paikat arvottiin. Kokeessa oli yhteensä 24 kourua, joista kuusi kourua oli suojariveinä. Kaksitoista kourua sai kuparikäsittelyn Aqua-Hort -laitteen kautta, toiset kaksitoista kourua toimi kokeen verranteena (kontrollina). (Kuva 2)

Pythium + kupari											Pythium, ei kuparia												
Suojarivi	Suojarivi	B	C	A	C	A	B	A	C	B	Suojarivi	Suojarivi	B	C	A	A	B	C	B	A	C	Suojarivi	Suojarivi

Kuva 2 Koejärjestely Aqua-Hort -laitteen kupariannostelun vaikutuksesta salaatin kasvuun ja laatuun ravinneliuosviljelyssä. Kaksi kourua molemmilla reunoilla sekä keskimäiset kourut toimivat suojariveinä. Myös kourujen päähän jätettiin kokeen purkuvaiheessa viiden salaatin suojavyöhyke. Kirjaimet kuvaavat kokeessa käytettyjä lajikkeita: A= Ritsa, B= Heimdal, C= Aficion.

## 5.2 Lajikkeet ja kasvualusta

Kokeessa oli mukana kolme eri lajiketta, Aficion, Heimdal ja Ritsa. Kaikki kolme lajiketta ovat vihreälehtisiä lehtisalaatteja, jotka soveltuvat kasvihuone- ja ruukkusalaattituotantoon. Siemenet tilattiin Schetelig Oy:stä. Taimiruukkuihin kylvettiin käsin kolme pilleröityä siementä. Siemenet kylvettiin VEFI:n salaattiruukkuihin (taimipotteihin PR 306), jotka oli laitettu pottialustoille (VEFI SB 606-R). Kasvualustana oli Kekkilän kalkittu ja lannoitettu B2S vaalea kasvuturve, jossa N-P-K suhde on 14–4–20. Kylvön yhteydessä kasvualusta kasteltiin 2 % Gliomix®-liuoksella ohjeen mukaisesti. Liuos valmistettiin sekoittamalla 200g jauhetta 10 litraan vettä. Gliomix® on hyötymikrobivalmiste taimikasvatukseen. Kylvön yhteydessä tehty kastelu parantaa itämistä ja edistää juurten kasvua. Gliomix® parantaa myös kasvien stressinsietokykyä ja suojaa kasvitaudeilta. Valmiste sisältää *Gliocladium* -sienen itiöitä ja rihmastoja. (Hyötymikrobivalmiste Gliomix®. n.d.)

## 5.3 Taimikasvatus ja ravinneliuosviljely

Siemenet kylvettiin 29. lokakuuta. Siemenet idätettiin koehuoneessa puolentoista vuorokauden ajan mustavalkoisen muovin alla. Puolentoista vuorokauden jälkeen sirkkajuuri oli tullut näkyviin ja muovi poistettiin. Ensimmäisen vuorokauden ajan taimia sumutettiin 15 minuutin välein kolmen sekunnin ajan. Kaksi seuraavaa vuorokautta taimia sumutettiin 30 minuutin välein, kolmen sekunnin ajan. Viisi päivää kylvön jälkeen sirk-



kataimet olivat hiukan kasvaneet, ja niitä alettiin kastella tarpeen mukaan viiden minuutin ajan.

Kun noin kolme kasvulehteä oli tullut näkyviin, ruukut siirrettiin kouruihin. Kouruihin laitettiin vain ruukkuja, joissa kaikki kolme siementä olivat itäneet ja taimet näyttivät hyväkuntoisilta. Suojariveissä käytettiin Ritsa-lajiketta. Kouruihin siirto tapahtui 13.11.2009. Kourut harvennettiin kaksi kertaa viljelyn aikana. Ensimmäinen harvennus tehtiin 20.11. siten, että kourujen väliin jäi noin kahdeksan senttimetriä eli yhden kourun leveys. Toinen harvennus tehtiin noin puolentoista viikon päästä ensimmäisestä harvennuksesta. Tällöin kourujen väliin jätettiin tilaa noin 15 senttimetriä.

### 5.4 Kasvuolosuhteet kasvihuoneessa

Kasvuolosuhteet eivät vastaa optimioloja tavallisessa ruukkusalaattituotannossa, sillä kokeessa pyrittiin luomaan hyvä kasvu- ja lisääntymisympäristö *Pythium* -sienelle. Ensimmäiseen kokeeseen verrattuna valojaksoa lyhennettiin ja tuuletuslämpötilaa sekä kiertävän ravinneliuoksen lämpötilaa nostettiin.

#### 5.4.1 Valo, lämpötila ja hiilidioksidi

Ensimmäisen kokeen aikana valotus oli säädetty taimikasvatuksen ajaksi 20 tuntiin. Viikko ravinneliuosviljelyyn siirtymisen jälkeen valotusaikaa laskettiin 15 tuntiin. Toiseen kokeeseen haluttiin luoda edellistä koetta paremmat olosuhteet *Pythium* -sienen kasvuun, joten ravinneliuosviljelyn aikaista valotusaikaa laskettiin 12 tuntiin. Taimikasvatusajan valojakson pituutena pidettiin 20 tuntia. Valot sammuiivat, kun ulkona mitattu säteilyn määrä ylitti rajan  $200 \text{ W/m}^2$ .

Taimikasvatuksen aikana päivälämpötilaksi oli asetettu  $+17^\circ\text{C}$  ja yölämpötilaksi  $+15^\circ\text{C}$ . Taimikasvatuksen lämpötila-asetuksia ei muutettu edellisestä kokeesta tähän kokeeseen. Tuuletuslämpötila oli ensimmäisessä kokeessa aluksi  $+19^\circ\text{C}$ , joka myöhemmin muutettiin  $+20^\circ\text{C}$ :een. Tässä kokeessa tuuletuslämpötilaa nostettiin edelleen, sillä haluttiin varmistaa *Pythium*-saastutuksen onnistuminen. Valoisajan tuuletuslämpötilaksi asetettiin  $+21^\circ\text{C}$ .

Hiilidioksidin lisäys (600 ppm) aloitettiin 13.11., eli samana päivänä, kun taimet siirrettiin kouruihin. Kokeen aikana luukkuja ei kasvihuoneessa avattu, joten hiilidioksidilannoitus pysyi samana koko kokeen ajan.

## 5.4.2 Kastelu, lannoitus ja kupariannostelu

Kouruihin siirron jälkeen kastelu toteutettiin jatkuvana kasteluna käyttäen Kekkilän kuukausittaisia lannoitus suosituksia (Kekkilä 2009). Kastelut tapahtuivat Vihannes-suprex (NPK 9–5–31) ja kalkkisalpietari-magnesiumnitraatti -liuoksella. Ravinneliuosviljelyn aikana kiertävän ravinneliuoksen johtokyky oli 1,8–2,0 mS/cm.

Ensimmäisessä kokeessa Aqua-Hort -laite käynnistettiin kolme päivää ravinneliuosviljelyn jälkeen. Annostelija pyrittiin säätämään siten, että vedestä mitatun kuparin määrä olisi pysynyt 1–2 ppm:ssä koko viljelyn ajan. Kupari-ioneja annosteltiin kasteluveteen joka toinen tunti. Ensimmäisen kokeen asetusarvot ja vedestä mitatut pitoisuudet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Ensimmäisen kokeen kasteluvedestä mitatut kuparipitoisuudet kourun alku- ja loppupäästä sekä Aqua-Hort- laitteen asetukset.

Viikko	Pitoisuus kouruissa mg/l			Kupariannostelu (ppm)
	Pvm	Alku	Loppu	
41	5.10.	0	0	0,5
	6.10.	0,3	0	1,0
	7.10.	1,0	0,6	1,0
	8.10.	0,6	0,6	1,0
	9.10.	2,0	2,0	0,5
	11.10.	0,6	0,6	0,5
42	13.10.	1,5	1,5	1,0
	14.10.	1,5	-	1,0
	15.10.	1,5	1,5	1,0
	16.10.	1,5	1,0	1,0
43	19.10.	7,0	5,0	1,0
	20.20.	7,0	5,0	0,1
	21.10.	0,6	0,6	0,1

Toisessa kokeessa Aqua-Hort -laite laitettiin käyntiin neljä päivää ravinneliuosviljelyn aloittamisesta eli 17.11., jolloin pitoisuudeksi asetettiin 0,5 ppm. Kupari-ioneja annosteltiin veteen joka toinen tunti. Ensimmäisen viikon aikana vedestä mitatut kuparipitoisuudet olivat hyvin lähellä nollaa, joten asetuksia muutettiin. Koska koeala oli suhteellisen pieni, muutokset näkyivät nopeasti ja melko suurinakin nousuina veden kuparipitoisuudessa. Kupariannostelua vaihdettiin yhteensä kolme kertaa kokeen aikana. (Taulukko 2)

Taulukko 2 Kasteluvedestä mitatut kuparipitoisuudet viidennen kourun toisen potin kohdalta kourun alusta ja kourun lopusta sekä Aqua-Hort -laitteen annosteluasetukset kokeen aikana.

Viikko	Pitoisuus kourussa mg/l			Kupariannostelu (ppm)
	Pvm	Alku	Loppu	
47	17.11.	0	0	0,5
	18.11.	0	0	0,5
	19.11.	0	0	0,5
	20.11.	0	0	0,5
	23.11.	0	0	0,5
	24.11.	0,3	0,3	1
	26.11.	0,6	0,6	1
48	27.11.	1	1	1
	28.11.	1	1	1
	30.11.	3	1	1
	1.12.	0,6	0,6	0,5
49	2.12.	0,3	0,3	0,5
	3.12.	0,3	0,3	0,75
	4.12.	0,3	0,3	0,75
	5.12.	0,3	0,3	0,75
	7.12.	0,3	0,3	0,75
	8.12.	0,3	0,3	0,75
	9.12.	0,3	0,3	0,75
50				

## 5.5 Mittaukset kokeen aikana ja kokeen lopussa

Kokeen aikana kasteluveden kuparipitoisuutta mitattiin lähes päivittäin. Pitoisuudet mitattiin viidennen kourun toisen potin kohdalta kourun alusta ja lopusta. Vedestä otettiin kahdesti vesinäytteet sienitautianalyysijä varten. Vesianalyysinäytteet otettiin ensimmäisen kerran neljä päivää ravinneliuosviljelyn aloituksesta, 17.11. ja toisen kerran 2.12. (19 päivää ravinneliuosviljelyn aloituksesta). Vesinäytteet analysoitiin Hortilab Oy:ssä, joka on erikoistunut kasvihuonetuotannosta tulevien vesinäytteiden analysointiin. Salaateista kerättiin myös lehtimassaa ravinnekertymäanalyysijä varten kaksi kertaa kokeen aikana. Ensimmäinen kasvianalyysi teetettiin 30.11.2009 ja toinen kokeen päättymispäivänä 9.12.2009.

### 5.5.1 Salaattien silmämääräinen arviointi sekä koko

Lopullisiin mittauksiin otettiin jokaisesta kourusta viisi salaattia, eli kummaltakin puolelta koetta kerättiin 45 salaattia (yhteensä 90 kappaletta koko kokeesta). Näin kutakin lajiketta edusti mittauksissa 15 salaattia molemmilta puolilta. Arviointeihin kerätyt salaattit valittiin satunnaisesti arpomalla etukäteen. Kourujen alku- ja loppupäässä oli viiden salaatin suoja-

vyöhyke, joka huomioitiin arvonnassa. Valituista salaateista arvioitiin juuriston kuntoa ja salaattien tiiviyyttä silmämääräisesti asteikolla 1–3 (1= heikentynyt, 2= keskiverto, 3= hyvä). Tulokset kirjattiin taulukkoon.

Silmämääräisen arvioinnin jälkeen salaattien korkeus mitattiin pöytään kiinnitetyn viivoittimen avulla. Tämän jälkeen salaateista leikattiin lehdet tyvestä poikki ja lehdet punnittiin. Lehdet ja ruukku pussitettiin mittauksen jälkeen omiin paperipusseihinsa. Pusseihin merkattiin lajike, kerranne ja kummalta käsittelypuolelta salaatti oli kerätty (kupari / kontrolli) kuivapainomittauksia varten.

Lehdet ja juuret kuivatettiin kuivatusuunissa. Lämpötilana pyrittiin pitämään noin +70 °C. Salaattien ja juurten kuivatus kesti useamman päivän, sillä kuivatusuunia ei pidetty öisin päällä. Ensin kuivattiin lehdet, tämän jälkeen pestyt juuret. Pussien painoa tarkkailtiin muutama päivä ja kun paino ei enää muuttunut, todettiin lehtien / juurten olleen kuivia. Tulokset kirjattiin taulukkoon.

### 5.5.2 Varastointikestävyys

Varastointikestävyyskoe aloitettiin samana päivänä kun koe purettiin, eli 9.12. Ensimmäisen kerran salaattit arvioitiin seuraavana päivänä, eli noin vuorokausi varastoinnin alkamisesta, 10.12.2009. Varastointikestävyyskokeeseen arvottiin yhteensä 40 kappaletta salaatteja, joista 20 kappaletta oli kuparikäsiteltyjä ja 20 kappaletta verrannesalaatteja. Kokeessa oli mukana vain Aficion -lajike. 'Aficion' valittiin varastointikestävyyskokeeseen sillä se on Suomessa yleisesti viljelty, varma ja hyväsatoinen lajike. Salaattit pakattiin avonaisiin, ruukkusalaatille tarkoitettuihin muovipusseihin ja pussit numeroitiin. Pussit pakattiin neljään pahvilaatikkoon, siten että jokaiseen laatikkoon laitettiin kymmenen kappaletta salaatteja. Kaksi laatikkoa asetettiin kylmävarastoon ja toiset kaksi huoneenlämpöön. Kummassakin lämpötilassa oli kymmenen kappaletta verrannesalaatteja ja kymmenen kappaletta kuparikäsiteltyjä salaatteja. Jokaisen laatikon päälle laitettiin varastointikestävyyskokeen ajaksi valolta ja haihdunnalta suojaava pahvilevy. Kylmävaraston lämpötilaksi asetettiin +3,5 °C, lämpimässä olevilla salaateilla lämpötila oli noin +20 °C.

Varastointikestävyyskokeen salaatteja arvioitiin lähes päivittäin. Aistinvaraisesti arvioitiin salaattien alimpien lehtien väriä, koko salaatin yleisväriä, juurten kuntoa ja lehtien rakennetta. Lehtien väriä ja juurten kuntoa arvioitiin silmämääräisesti, rakennetta arvioitiin tunnustelemalla salaatin lehtiä. Jokaisella arvioitavalla tekijällä oli arvosteluasteikko yhdestä kolmeen (1–3), jossa 1 oli huonoin ja 3 paras. Arviointiperusteet on selitetty liitteessä 1. Tulokset kirjattiin vihkoon. Varastointikestävyyttä havainnoitiin kahdeksana päivänä, koe kesti kymmenen päivää.

## 6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Salaatit saavuttivat kauppavaatimusten mukaisen koon 42 päivää kylvöstä. Koe purettiin 9.12.2009. Tuloksia saatiin salaateista tuoreina, kuivattuna ja varastoituna. Tuloksia tarkasteltaessa kiinnitettiin huomiota eri lajikkeiden välisiin eroihin sekä käsittelyn vaikutusta mitattaviin tai arvioitaviin tekijöihin. Tulokset käsiteltiin SPSS tilasto-ohjelman varianssianalyysin avulla, josta saatiin selville tulosten tilastolliset merkitsevyydet.

### 6.1 Salaattien koko

Salaattien kokoa mitattiin niiden korkeuden, lehtien tuore- ja kuivapainon sekä juurten kuivapainon avulla. Jokaisen tekijän kohdalla tarkkailtiin oliko lajikkeella tai käsittelyllä vaikutusta saatuihin tuloksiin. Taulukossa 3 on esitelty kaikkien lajikkeiden keskiarvot lehtien painon, salaattien korkeuden, kuivattujen lehtien ja kuivattujen juurten osalta sekä kuparikäsittelyssä, että kontrollissa. Varianssianalyysin tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 3 Salaattilajikkeen ja kuparikäsittelyn vaikutus salaatin lehtien tuore- ja kuivapainoon, salaatin korkeuteen sekä juurten kuivapainoon. Arvot ovat kolmen kerranteen keskiarvoja.

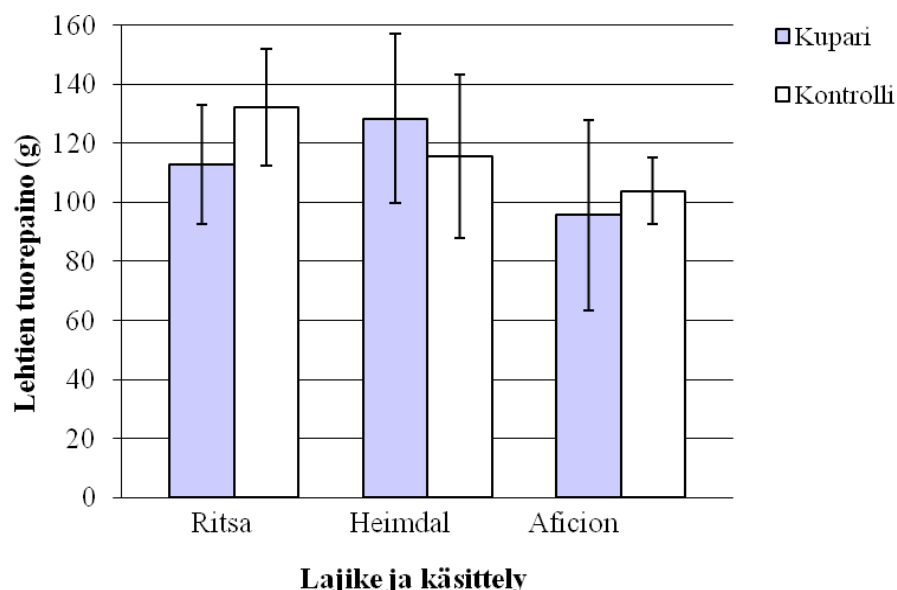
Lajike	Käsittely	Lehtien tuorepaino (g)	Salaatin korkeus (cm)	Lehtien kuivapaino (g)	Juurten kuivapaino (g)
'Ritsa'	Kupari	112,8	31,3	8,6	0,18
	Kontrolli	132,2	29,8	9,2	0,25
'Heimdal'	Kupari	128,4	28	8,7	0,15
	Kontrolli	115,5	26,9	8,6	0,18
'Aficion'	Kupari	95,6	26,5	7,7	0,15
	Kontrolli	103,9	26,1	8,3	0,22

Taulukko 4 Varianssianalyysin tulokset. Taulukkoon on merkitty salaattien lehtien tuore- ja kuivapainon, juurten kuivapainon sekä salaattien korkeuden vapaus-asteet (df), F-arvo sekä p-arvo. Tilastollinen merkitsevyys: ei tilastollisesti merkitseviä eroja ( $P>0,05$ ), merkitsevät erot ( $P=0,05-0,01$ ), hyvin merkitsevät erot ( $P=0,01-0,001$ ), erittäin merkitsevät erot ( $P<0,001$ ).

		Käsittely	Lajike	Yhteisvaikutus
	Vapaus-asteet (df)	1	2	2
Lehtien tuorepaino	F-arvo	1,127	8,964	3,149
	p-arvo	0,292	0,000	0,048
	Vapaus-asteet (df)	1	2	2
Lehtien kuivapaino	F-arvo	4,770	9,680	1,849
	p-arvo	0,032	0,000	0,164
	Vapaus-asteet (df)	1	2	2
Juurten kuivapaino	F-arvo	16,323	3,817	0,569
	p-arvo	0,000	0,026	0,568
	Vapaus-asteet (df)	1	2	2
Salaattien korkeus	F-arvo	8,024	54,363	0,772
	p-arvo	0,006	0,000	0,465

#### 6.1.1 Lehtien tuore- ja kuivapaino sekä korkeus

Lehdet punnittiin tuoreina kokeen päättyessä. Painavimmat lehdet kontrollissa olivat 'Ritsalla', jonka lehtien tuorepainon keskiarvo oli 132,5 grammaa. Kevyimmän lehtimassan oli kasvattanut molemmissa käsittelyissä 'Aficion'. Lajikkeista vain Heimdalilla oli lehtimassa suurempi kuparikäsittellyllä puolella kuin kontrollipuolella. (Kuva 3) Käsittelyiden välillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä, lajikkeiden välillä taas oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja. (Taulukko 4)



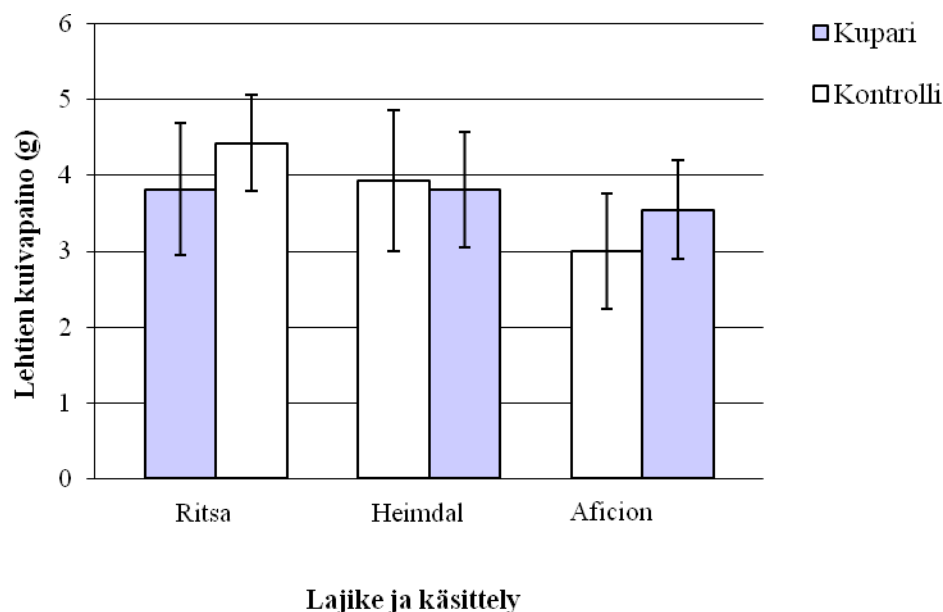
Kuva 3 Salaatilajikkeen ja kuparikäsittelyn vaikutus salaatin lehtien tuorepainoon. Kuvassa on esitetty lajikkeen ja käsittelyn vaikutus salaatilajikkeiden tuorepainoon, kuvassa on myös esitettyä keskihajonta.

Tulosten mukaan 'Ritsa' ja 'Heimdal' olivat saavuttaneet kauppavaatimusten täyttävän koon (lehtien paino 115 grammaa) nopeammin kuin Aficion -lajike. 'Ritsan' ja 'Heimdalin' lehtiruusukkeet olivat sekä kuparikäsittely-, että kontrollipuolella keskimäärin yli 115 grammaa. 'Aficionin' lehtiruusuke ei kokeen loppuessa ollut vielä kauppavaatimusten koon mukainen kummassakaan käsittelyssä, vaan jäi jopa alle sadan gramman kuparikäsittelyn saaneella puolella.

Tulos on samansuuntainen kuin aikaisemmissa tehdyissä kokeissa. Ensimmäisessä Lepaalla tehdyssä kokeessa kontrollisalaattien tuorepaino oli korkeampi kuin kuparikäsittelyjen. Ensimmäisessä kokeessa lajikkeena oli 'Aficion'. Kokeessa 'Aficion' kasvatti nopeammin ja suuremman lehtiruusukkeen kuin tässä tutkimuksessa olleet saman lajikkeen edustajat. Ensimmäisen kokeen tulosten mukaan 'Aficionin' lehtiruusuke painoi kuparikäsittelypuolella lähes 140 grammaa ja kontrollipuolella hieman yli 120 grammaa. Tässä kokeessa 'Aficionin' lehtimassan keskipainoksi jäi kuparikäsittelypuolella alle 100 gramman ja kontrollipuolella vastaava luku oli hieman yli 100 grammaa. Ero toisen kokeen tuloksiin on melko suuri. Eroon on luultavasti vaikuttanut kasvatusolosuhteiden muutos kasvihuoneessa. Toisessa kokeessa kasvihuoneolosuhteita muutettiin salaatile epäedullisempaan suuntaan verrattuna ensimmäiseen kokeeseen. Beeson ja Newton (1992, 214–217) tutkivat kuparin vaikutusta puuvartisten taimien kasvuun. Myös heidän tutkimuksessaan kävi ilmi, että kuparikäsittelyjen

taimien versojen tuorepaino oli pienempi kuin kontrolliyksilöiden, joille ei ollut annettu kuparia.

Lehtien kuivapainomittauksissa kävi ilmi, että 'Aficionin' lehdet olivat kaikista kevyimmät, 'Ritsan' taas painavimmat. (Kuva 4) Lehtien kuivapainot ovat samansuuntaiset tuorepainomittauksien kanssa. Käsittelyiden välillä oli tilastollista merkitsevyyttä, lajikkeiden välillä tilastollinen merkitsevyys oli erittäin merkitsevä. (Taulukko 4) Käsittelyn vaikutus näkyi eniten 'Ritsalla' ja 'Aficionilla', joilla kuparikäsittelyn saaneet salaattit olivat huomattavasti pienempiä kuin kontrollisalaattit. Heimdal oli ainoa lajike, jolla kuparikäsittelyt salaattit olivat painavampia kuin kontrollisalaattit.

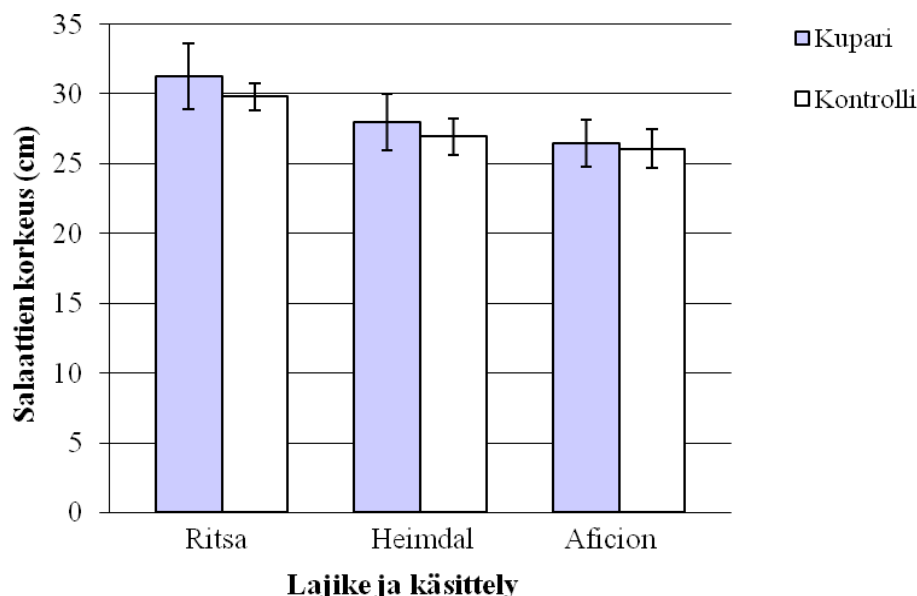


Kuva 4 Salaattilajikkeen ja kuparikäsittelyn vaikutus lehtien kuivapainoon. Kuvassa on esitetty pylväinä lajikkeiden kuivatun lehtimassan keskiarvopaino sekä keskihajonta.

Lehtien kuivapainomittauksista saatu tulos on yhdenmukainen Beesonin ja Newtonin (1992, 214–217) tekemän tutkimuksen kanssa. Kuparin vaikutusta versojen kuivapainoon tutkineet Beeson ja Newton saivat selville, että kuparikäsittely laski versojen kuivapainoa, aivan kuten tässäkin kokeessa.

Lajikkeiden ja käsittelyjen väliset erot salaatin korkeudessa on esitetty kuvassa 5. Korkeimmat salaattit ovat kaikilla lajikkeilla tulleet kuparikäsittelypuolelta. Lajikkeista korkeimmat salaattit mitattiin Ritsalla kummassakin käsittelyssä. 'Aficion' kasvatti matalimmat salaattiruusukkeet sekä kuparikäsittelyssä, että kontrollipuolella. Käsittelyiden välillä erot olivat hyvin merkitseviä tarkasteltaessa salaattien korkeutta. Lajikkeiden välillä erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. (Taulukko 4)





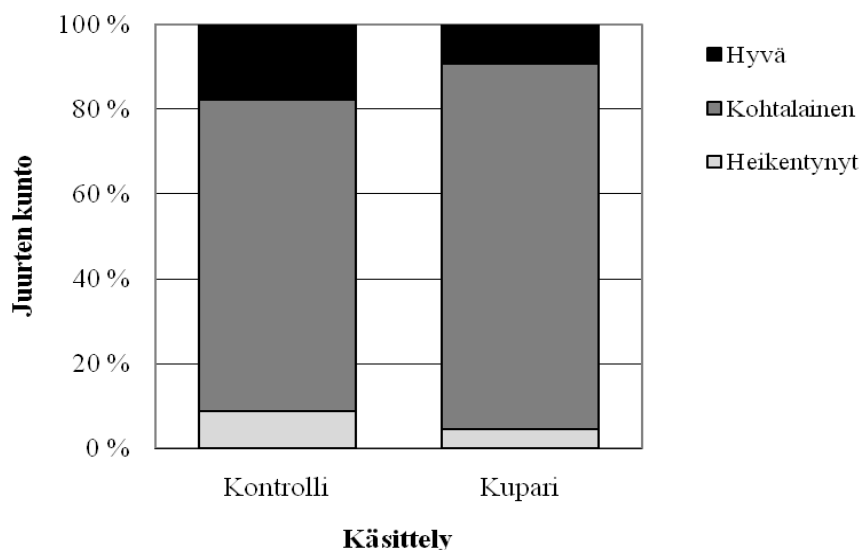
Kuva 5 Salaattilajikkeen ja kuparikäsittelyn vaikutus salaatin korkeuteen. Kuviossa on esitetty kolmen kerranteen keskiarvot kaikilla lajikkeilla molemmissa käsittelyissä. Kuviossa on keskiarvojen lisäksi esitetty keskihajonta.

Lepaalla tehdyssä ensimmäisessä kokeessa salaattien korkeudessa ei ollut käsittelyiden välillä niin suuria eroja kuin tässä kokeessa. Ensimmäisen kokeen salaatit olivat myös huomattavasti paljon matalampia, kuparikäsittelyt ja kontrollisalaatit olivat keskimäärin 21 senttimetriä korkeita. Eroon saattaa olla syynä esimerkiksi toisen kokeen kahdeksan päivää pidempi viljelyaika. Lisäksi huonontuneet viljelyolosuhteet vaikuttivat negatiivisesti tämän kokeen salaattien kasvuun. Huonoissa kasvuolosuhteissa salaatit usein venyvät.

Kuparin vaikutusta puuvartisten taimien kasvuun tutkineet Beeson ja Newton (1992, 214–217) saivat samankaltaisia tuloksia kuin tässä tutkimuksessa. Tutkimuksessaan he olivat mitanneet taimien kasvunopeutta päivittäin, mistä kävi ilmi, että kuparikäsiteltyjen taimien pituuskasvu oli nopeampaa kuin kontrolliyksilöillä. Kokeen lopussa tehtyjen mittausten mukaan kuparikäsitellyt taimet olivat korkeampia kuin kontrollitaimet, aivan kuten Lepaallakin tehdyissä kokeissa. Sonmez ym. (2006, 216–218) tutkivat kuparilisäyksen vaikutusta tomaatin kasvuun ja sadon määrään. Tutkimuksessa kasvit altistettiin runsaalle kuparimäärälle, mikä vastaa tämän päivän tilannetta välimeren alueella, jossa kuparipitoisia lannoitteita, tuholaisten- ja sienitorjunta-aineita lisätään suuria määriä maaperään. Tutkimuksessa kävi ilmi, että kupariannoksen kasvaessa tomaatin pituuskasvu hidastui sekä hedelmien määrä per kasvi laski. Parhaiten tutkimuksessa kasvoivat kontrolliyksilöt, joille ei annettu lainkaan kuparia.

### 6.1.2 Juuret

Juuria arvioitaessa huomattiin, että kuparikäsittelyt salaattit olivat muodostaneet voimakkaasti haarautuneen, tiiviin juuriston. Haaroittumisen vuoksi suurin osa kuparikäsittelyjen salaattien juuristoista arvioitiin kohtalainen -kuntoluokkaan. Myös suurin osa kontrolli puolella olevien salaattien juuristot arvioitiin kohtalainen -kuntoluokkaan. Kuparikäsittelyn saaneista salaateista arvioitiin vähemmän salaatteja hyvä- kuntoluokkaan kuin kontrollisalaateista. Toisaalta kuparikäsittelyjä salaatteja arvioitiin vähemmän heikentynyt- kuntoluokkaan kuin kontrollisalaatteja. (Kuva 6)



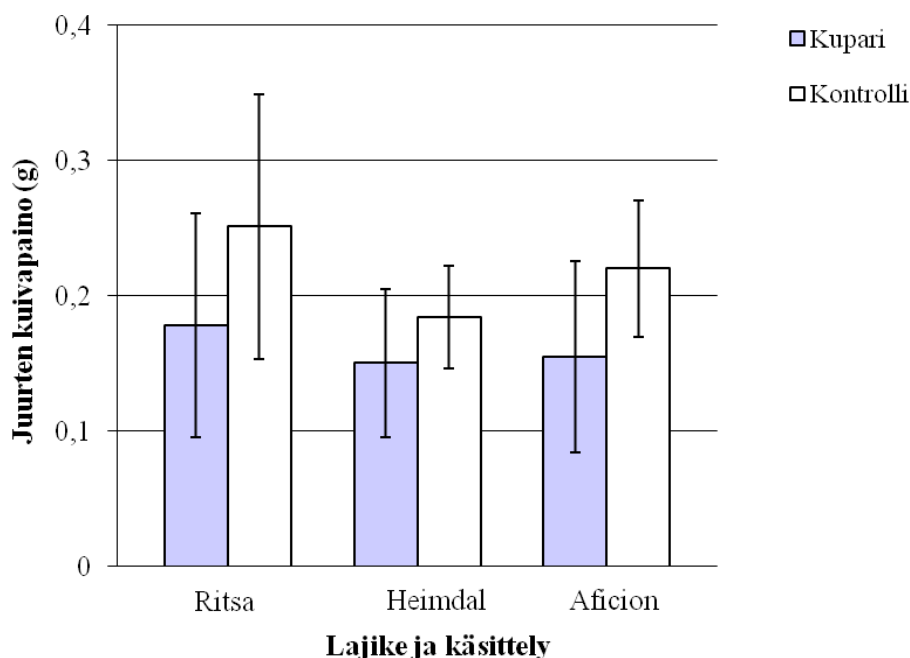
Kuva 6 Kuparilisäyksen vaikutus salaatin juuriston kuntoon kokeen päättyessä.

Juurten kunto näytti olevan toisessa kokeessa hieman heikompi kuin ensimmäisessä Lepaalla tehdyssä kokeessa. Ensimmäisessä kokeessa yli 90 % kontrollisalaateista oli arvioitu juuriston kunnan kannalta hyvä- kuntoluokkaan, yhtään salaattia ei oltu arvioitu heikentynyt- kuntoluokkaan. Kuparikäsittelyistä salaateista hieman yli 60 % oli arvioitu hyvä- kuntoluokkaan, ainuttakaan juuristoa ei luokiteltu heikentynyt- kuntoluokkaan.

Ensimmäisessä kokeessa ei juuriston kuivapainomittauksia tehty. Juuret arvioitiin silmämääräisesti kokeen lopetuspäivänä. Kuntoarviointia tehtäessä huomattiin ensimmäisen kokeen salaattien juurten olleen voimakkaasti haaroittuneita kuparikäsittelyn saaneilla salaateilla. Sama havainto tehtiin tässäkin kokeessa.

Kaikilla kolmella lajikkeella kontrollipuolen salaattien juurten kuivapaino oli suurempi kuin kuparikäsittelyn saaneilla salaateilla. Suurin juurimassa oli Ritsa- lajikkeella kontrollipuolella, pienin taas kerättiin 'Heimdalilta' kuparikäsittelyn saaneilta yksilöiltä. Kuvassa 7 on esitetty juurten kuivapainojen keskiarvot salaattilajikkeiden ja käsittelyiden välillä. Käsittelyi-

den välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja, lajikkeidenkin välillä oli tilastollista merkitsevyyttä. (Taulukko 4)



Kuva 7 Salaattilajikkeen ja kuparikäsittelyn vaikutus juurten kuivapainoon. Kuvassa on esitetty kunkin lajikkeen juurten keskiarvopaino molemmissa käsittelyissä sekä keskihajonta.

Juurten kuivapainoon vaikutti selkeästi se, että kuparikäsittelyn saaneilla salaateilla juuristo oli voimakkaasti haaroittunut. Juuristot olivat hyvin tiiviitä. Haaroittuneet juuristot oli hankalampi pestä puhtaaksi mullasta ja pesussa huuhtoutui pienimmät juuren pätkät. Kontrollisalaateilla oli selkeä pääjuuri ja sivujuuret olivat vahvempia, eivätkä menneet katki yhtä helposti. Kuparikäsiteltyjen salaattien juuret olivat haarautuneet ruukun sisällä, eivätkä kasvaneet pitkinä ravinneliuoksessa kuten kontrollisalaateilla. (Kuva 8)

Syynä kuparisalaattien kevyempään juurimassaan saattaa olla liiallinen kupariannostelun määrä. Liiallinen kupariannostelu kasvihuonetomaatille alensi juurten kuivapainoa Sonmez ym. (2006, 216–218) tekemissä tutkimuksissa. Kupariannostelun lisääminen aiheutti myös oreganon juurimassan vähenemiseen Bosabalidis, Karataglis & Panou-Filothou (2001, 207–214) tekemissä kokeissa.

Kuparia on käytetty 60-luvulta lähtien juurten kemialliseen leikkaamiseen. Raskasmetalleilla on todettu olevan positiivista vaikutusta juurten kierty-

misen ehkäisemiseen ruukussa. (Beeson & Newton 1992, 214–217.) Beeson ja Newton (1992, 214–217) tutkivat puuvartisten taimien juuriston kehittymistä kuparipitoisissa taimikasvatusastioissa. Tuloksena oli juuriston kiertymisen väheneminen kaikilla tutkituilla lajeilla. Tutkimuksessa kävi myös ilmi, että juurten kuivapaino oli suurempi kontrolliyksilöillä kuin kuparikäsitellyillä yksilöillä. Floridassa tutkittiin kuparin vaikutusta ihmeköynnöksen (*Bougainvillea*) juuriston kasvuun. Tutkimuksessa käytettiin kuparihydroksidikäsiteltyjä astioita ihmeköynnöksen pistokkaille. Ihmeköynnöksen juuristo oli kompaktimpi ja haaroittuneempi kuparikäsittelyn saaneilla taimilla. Tutkittujen kuparikäsiteltyjen taimien juurten massa oli pienempi kuin kontrolliyksilöiden. (Aldrich & Norcini 1994, 215–217.)

A)



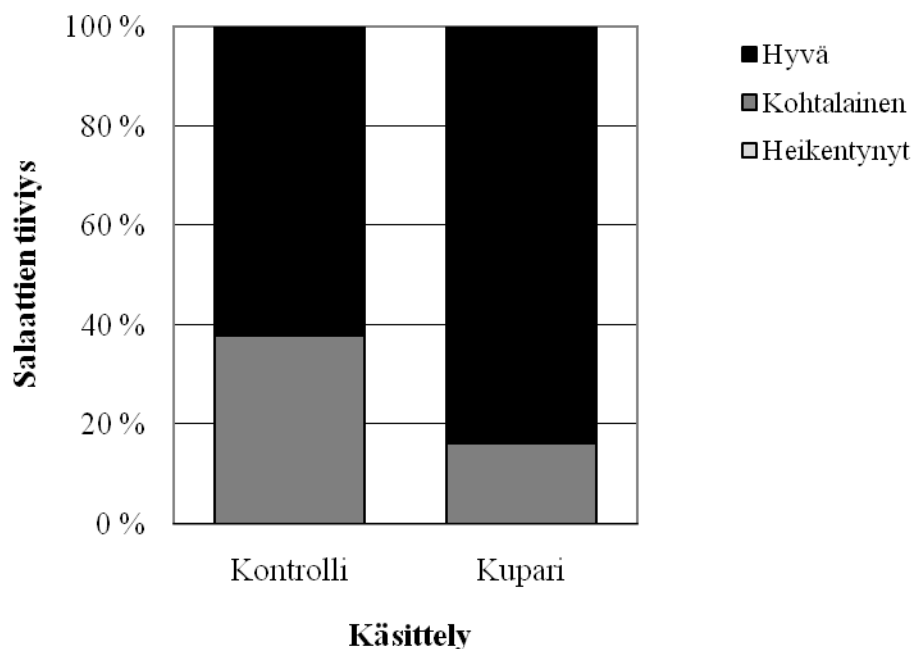
B)



Kuva 8 Kupariannostelun vaikutus 'Heimdaln' juuriston kasvuun. A) Kuparikäsittely B) Kontrolli

### 6.2 Tiiviys

Sekä käsittelypuolelta että kontrollipuolelta kerätyt salaatit olivat kasvutavaltaan löysiä, hieman venyneitä ja lehdet rikkoutuivat helposti. Syynä tähän on luultavasti epäotolliset kasvuolosuhteet, jotka luotiin *Pythium*-saastutuksen onnistumiseksi. Kuparikäsittelyistä salaateista luokiteltiin yli 80 % hyvä – kuntoluokkaan, kun taas kontrollisalaateista samaan luokkaan luokiteltiin vain hieman yli 60 %. (Kuva 9) Käsittelyiden välillä oli merkitseviä eroja, mutta lajikkeiden välillä ei. (Taulukko 4)



Kuva 9 Kuparikäsittelyn vaikutus salaattien tiiviyteen.

Vaikka salaatit arvioitiin tässä kokeessa hyvä- ja keskiverto- kuntoluokkiin, eivät ne todellisuudessa vastanneet kauppakelpoisuuden mukaisia tavoitteita. Jos salaatit olisi pakattu kauppaa varten, olisi suurimmasta osasta luultavasti katkeillut lehtiä, sillä kasvutapa oli hyvin löyhä ja lehdet olivat hauraita ja venyneitä suurella osalla satoa. Tällaiset salaatit eivät olisi kestäneet kuljetusta. Salaattien tiiviyttä arvioitaessa verrattiin salaatteja kuitenkin vain toisiinsa, ei kauppakelpoiseen satoon. Kuvassa 10 näkyy Aficion -lajikkeen löysä kasvutapa. Kuva on otettu kokeen purkupäivänä.



Kuva 10 'Aficion' kokeen purkupäivänä. Salaattien kasvutapa oli löyhä ja lehtiruodit menivät käsiteltäessä helposti rikki. Kuvassa vasemman puoleinen salaatti on kerätty kupariannostelun saaneelta puolelta, oikean puoleinen salaatti on kontrollipuolelta.

Lepaalla tehdyssä ensimmäisessä kokeessa ei käsittelyjen välillä havaittu tiiviydessä eroja. Tutkimuksessa todettiin, että molemmilta puolilta kerätyt salaattit olivat kasvutavaltaan hyvin löysiä. Syynä pidettiin huonoja kasvatolosuhteita kasvihuoneessa.

## 6.3 Aficion -lajikkeen varastointikestävyys

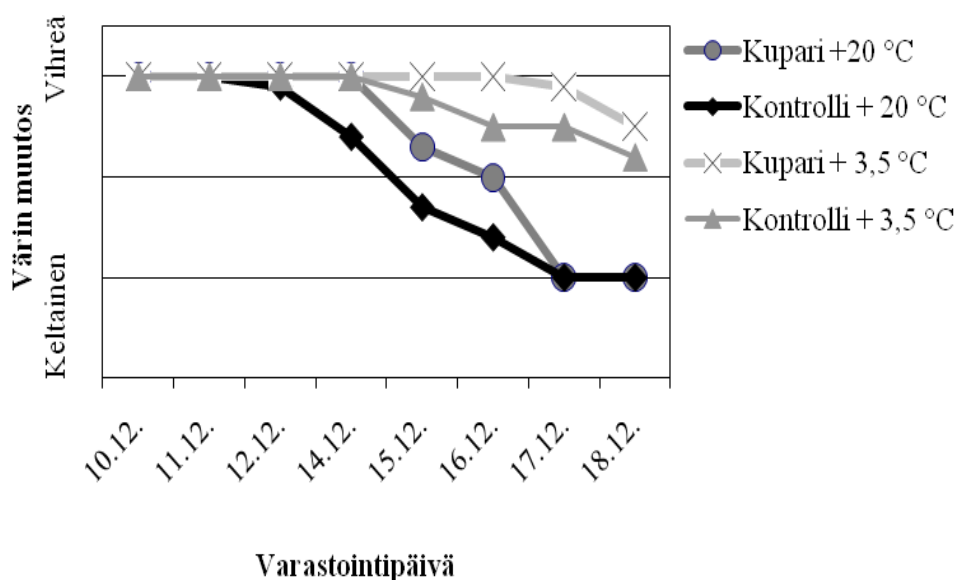
Kylmässä varastoidut salaatit säilyivät parempikuntoisina verrattuna huoneenlämmössä olleisiin kaikilla osa-alueilla. Lämpimässä varastoiduissa salaateissa muutokset näkyivät nopeammin, mikä teki arvioimisesta helppompaa. (Taulukko 5)

Taulukko 5 Varastointikestävyyden arviointi salaattien lehtien värin, alalehtien värin, juurten kunnon ja lehtien rakenteen perusteella kahdeksana arviointipäivänä. Mukana kuparikäsitellyt salaatit ja kontrollisalaatit kahdessa eri lämpötilassa; +3,5 °C ja +20 °C. Arvot ovat kymmenen salaatin tulosten keskiarvoja, jossa 1 huonoin ja 3 paras.

Koejäsen	Muuttuja	Varastointipäivä							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari +20 °C	Väri	3	3	3	3	2,3	2	1	1
	Alalehdet	3	3	2,9	2	1,3	1,2	1	1
	Juuret	3	3	3	2,9	2,9	2,1	1,1	1
	Rakenne	3	3	3	2,2	2	1,7	1	1
Kontrolli +20 °C	Väri	3	3	2,9	2,4	1,7	1,4	1	1
	Alalehdet	2,8	2,7	2,5	1,7	1,3	1	1	1
	Juuret	3	3	3	3	2,5	1,5	1	1
	Rakenne	3	3	2,8	2,2	1,7	1,5	1	1
Kupari +3,5 °C	Väri	3	3	3	3	3	3	2,9	2,5
	Alalehdet	3	3	3	2,5	2,5	2,1	2,1	2,1
	Juuret	3	3	3	3	3	2,5	2,3	2,1
	Rakenne	3	3	3	2,6	2,5	2,5	2,4	2,1
Kontrolli +3,5 °C	Väri	3	3	3	3	2,8	2,5	2,5	2,2
	Alalehdet	3	3	3	2	1,9	1,9	1,9	1,9
	Juuret	3	3	3	3	3	2,6	2,4	2,4
	Rakenne	3	3	3	2,9	2,3	2,2	2,2	2,1

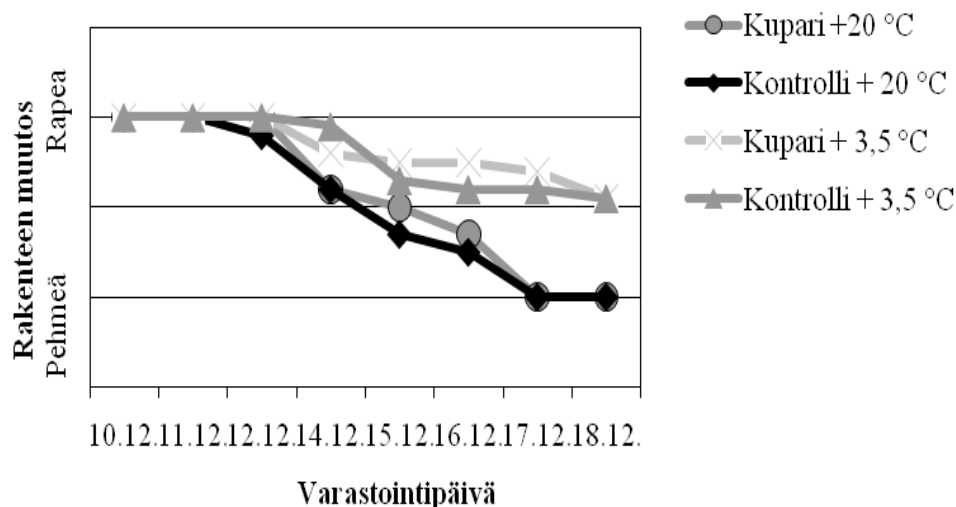
Kylmävarastossa olleet kuparikäsitellyt salaatit näyttivät säilyttäneen vihreän värin pisimpään. Ensimmäisenä alkoivat kellastua lämpimässä säilytetyt kontrollisalaatit. Varastointikokeen päättyessä 18.12., oli kylmävarastossa olleilla salaateilla huomattavasti parempi väritys kuin lämpimässä olleilla. (Kuva 11) Värin ja rakenteen muutokset olivat helpoiten havaittavissa varastoinnin aikana. Väri muuttui vihreästä keltaiseen nopeimmin lämpimässä olleilla kontrollisalaateilla. Rakenteen muutos on esitetty kuvassa 12. Juurten kuntoa arvioitaessa kiinnitettiin huomiota juurten värjäytymiseen, kuivumiseen ja mädäntymiseen. Parhaiten juuret säilyivät viileässä olleilla kontrollisalaateilla, huonoiten taas lämpimässä olleilla kontrollisalaateilla.





Kuva 11 Värin muutos vihreästä keltaiseen kuparikäsitellyillä ja kontrollisalaateilla varastoinnin aikana eri lämpötiloissa.

Rakenne heikkeni nopeiten lämpimässä olleilla kontrollisalaateilla, parhaiten rakenteen säilyttivät viileässä olleet salaattit. Viileässä säilytetyillä salaateilla kontrolliyksilöiden rakenne alkoi heikentyä aikaisemmin kuin kuparisalaattien, mutta kokeen loppuessa rakenteiden on arvioitu olleen keskimäärin yhtä heikentyneet. Myös lämpimässä varastoiduilla salaateilla rakenne heikkeni ensimmäisenä kontrollipuolelta kerätyiltä yksilöiltä. (Kuva 12)

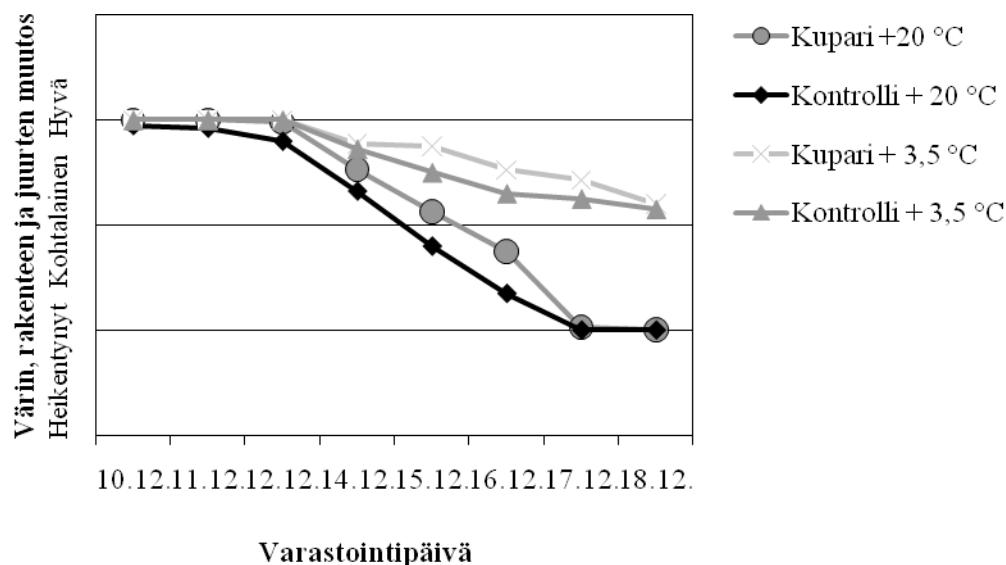


Kuva 12 Salaattien lehtien rakenteen muutos rapeasta pehmeään kuparikäsitellyillä ja kontrollisalaateilla varastoinnin aikana eri lämpötiloissa.

Kontrollisalaatit näyttivät olevan huonommassa nestejännityksessä nopeammin kuin kuparikäsitellyt salaatit. Nestejännityksen heikkeneminen näkyi lehtien veltostumisena ja käsin tunnusteltaessa lehdet eivät olleet napakoita. Lämpimässä säilytetyistä salaateista niin kontrolli- kuin kupari-ryhmänkin salaatit arvioitiin kaikki (100 %) 1- kuntoluokkaan kaksi päivää ennen varastointikokeen päättymistä. Siihen asti kontrollisalaatit olivat menettäneet nestejännityksen aiheuttamaa napakkuutta aikaisemmin ja nopeammin kuin kuparikäsitellyt salaatit. Viileässä olleet kontrollisalaatit kokivat nopean nestejännityksen alenemisen neljäntenä havainnointipäivänä (14.4.), jonka jälkeen rakenne heikkeni tasaiseen tahtiin kokeen loppua kohden. Viileässä olleiden kuparikäsitellyjen salaattien lehdet sen sijaan nahistuivat tasaisesti loppua kohden koko kokeen ajan. Kuparikäsittelyn saaneista salaateista 100 % arvioitiin heikentynyt- kuntoluokkaan samana päivänä kuin kontrollisalaatitkin, eli varastointikokeen päättymispäivänä 18.2. (Kuva 12)

Kontrollisalaateista ei arvioinneissa saanut mikään osa-alue saanut parempaa arviota kuin 2 (kohtalainen) viidennen arviointipäivän jälkeen. Kuparikäsitellyillä salaateilla hyvä- kuntoluokkaan arvioitiin joitakin ominaisuuksia vielä kuudentenakin arviointipäivänä. (Kuva 13)

Kuvassa 13 on esitetty kuparikäsitellyjen ja kontrollisalaattien yhteenlasketut arvosanat kaikista arviointiperusteista (värin muutos, alalehtien värin muutos, juuriston kunto, lehtien rakenne). Molempia koejäseniä oli kokeessa 20 kappaletta ja arvioitavia tekijöitä yhteensä neljä. Yhteenlasketut arvosanat ovat keskiarvoja koko ryhmän arvosanoista.



Kuva 13 Kuparikäsitellyjen ja kontrollisalaattien varastointikestävyys lämpötiloissa + 20 °C ja + 3,5 °C. Kuvassa on esitetty kaikkien arvioitavien tekijöiden muuttuminen koko varastointikestävyuden ajalta.

Kontrollisalaatit näyttivät heikentyneen nopeammin kuin salaatteja säilytettiin lämpimässä. Kontrollisalaateista yli puolet arvioitiin heikentynyt-kuntoluokkaan 16.12, eli yhdeksän päivän kuluttua varastoinnin aloittamisesta. Kuparikäsitellyistä salaateista samana päivänä vain hieman yli 20 % arvioitiin heikentynyt-kuntoluokkaan. Kontrollisalaateista kaikki (100 %) salaatit arvioitiin heikentynyt-kuntoluokkaan 17.12, eli kymmenen päivän kuluttua kokeen aloittamisesta. Kuparikäsitellyistä salaateista 100 % arvioitiin heikentynyt-kuntoluokkaan päivää myöhemmin, eli 18.12. Kontrollisalaateista myös osa oli alusta asti arvioitu kohtalainen-kuntoluokkaan, kun kuparikäsitellyistä salaateista kaikki olivat hyvä-kuntoluokkaa.

#### 6.4 Kuparin vaikutus mikrosienten ja levien esiintymiseen

Vesinäytteitä kerättiin yhteensä kuusi pulloa; kolme kontrollipuolelta ja kolme kupariannostelun saaneesta kasteluvedestä. Vesinäytteet lähetettiin analysoitavaksi kokeen purkupäivänä, 9.12.2009.

Molemmissa vesinäytteissä oli hyvin runsaasti *Trichoderma* -sienen itiöitä, mikä teki etenkin *Pythiumin* havaitsemisesta vaikeaa. Vaikutti kuitenkin siltä, että *Pythium* -sientä ei muutenkaan ollut juuri lainkaan edes kontrollivedessä. *Pythium*-saastutus oli siis ainakin osaksi epäonnistunut.

Aqua-Hort -laitteella käsitellyssä vedessä oli *Trichoderma* -sientä selvästi vähemmän kuin kontrollissa. *Pythium* -sientä, jota istutettiin kokeen alussa ravinneliuokseen, oli yllätyksellisesti hyvin vähän testatussa vedessä. Molemmilta puolilta tehdyistä testauksissa havaittiin vain yhdessä testipisarassa *Pythium* -sientä. (Taulukko 6)

Taulukko 6 *Pythiumin*, *Fusariumin*, *Trichoderman* esiintyminen ravinneliuoksessa kummassakin käsittelyssä. Luvut ilmaisevat kuinka monesta testipisarasta mikrobi on havaittu. Kaikkiaan testattiin 105 pisaraa / käsitelly.

Käsittely	<i>Pythium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Trichoderma</i>
Kupariannostelu	1	5	47
Kontrolli	1	0	69

Ensimmäisessä Lepaalla tehdyssä kokeessa vesianalyysin tulokset olivat samankaltaiset kuin toisen kokeen tulokset. Ensimmäisessä kokeessa vesianalyysi teetettiin jo seuraavana päivänä sienisaastutuksesta, mikä saattoi osaltaan vaikuttaa vesinäytteestä saatuihin tuloksiin. Ensimmäisessä kokeessa *Pythium* -sientä oli jonkin verran sekä kontrolli-, että kuparipuolella. *Pythium*-, *Fusarium*- ja *Trichoderma* -sieniä oli ensimmäisessä kokeessa enemmän kontrolli- kuin kuparipuolella. *Fusariumia* oli vain kontrolli-

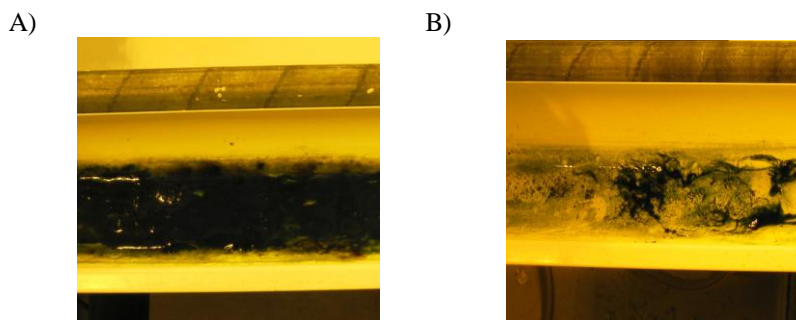
puolella, toisin kuin tässä kokeessa, jossa sitä oli vain kupariannostelun saaneella puolella. (Taulukko 6 ja 7)

Taulukko 7 Ensimmäisen kokeen mikrosienten esiintyminen ravinneliuoksessa. Luvut ilmaisevat, kuinka monessa testipisarassa mikrobi on havaittu. Kaikkiaan testattiin 96 pisaraa / käsittely.

Käsittely	<i>Pythium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Trichoderma</i>
Kupariannostelu	6	19	87
Kontrolli	3	0	61

*Trichoderma* esiintymisen määrä kokeessa on mielenkiintoinen, sillä kupariannostelu näytti vähentävän *Trichoderma* -sienen määrää ravinneliuoksessa. Ensimmäisessä Lepaalla tehdyssä kokeessa tulos on päinvastainen – kupariannostelupuolella *Trichoderma* määrä oli suurempi. Peciulyte (2001, 32) tutki eri sienisukujen esiintymistä kuparipitoisessa maaperässä. Hän myös tutki sienten populaation kasvun kehitystä kuparialtistuksen kestäessä useita kuukausia. *Trichoderma* -sienen määrä on Peciulyten (2001, 32) tekemissä tutkimuksissa noussut kuparipitoisissa kasvualustoissa verrattuna kontrolliin. *Trichoderma* määrä myös nousi mitä kauemmin kuparialtistus kesti. Patogeenien, kuten *Pythium* -sienen, määrä oli kuitenkin vastaavasti laskenut heti kuparialtistuksen aloituksen jälkeen. Patogeenien populaatiot pienenevät koko kokeen ajan.

Levien esiintymistä havainnoitiin silmämääräisesti kasvatuskouruien päädissä olevista keruukouruista. Koko kasvatuksen ajan olivat kuparikäsiteltyjen salaattien kourut puhtaammat levistä kuin kontrollipuolen kourut. Kontrollipuolella levät olivat peittäneet päätykourun paksulla, tummanvihreällä levämatolla, kun taas Aqua-Hort -puolella levää oli kertynyt todella vähän. (Kuva 14)



Kuva 14 Viljelykourujen veden keruukourut kokeen puolivälissä. Vasemman puoleinen (a) on kontrollipuolen päätykourusta, oikean puoleinen kuparipuolen (b) päätykourusta.

## 6.5 Kuparin kertyminen salaattiin

Salaateista teetettiin kasvianalyysit kahdesti kokeen aikana. Ensimmäiseen analyysiin kerättiin analysoitava lehtimassa 30.11., seuraavan kerran analyysi teetettiin kokeen päättyessä 9.12. Kuparipitoisuudet selkeästi nousivat kuparinannostelun saaneissa kasveissa kokeen edetessä. Kokeen päättyessä kuparia oli kertyneenä Aqua-Hort -käsiteltyihin kasveihin 42 mg/kg, kun kontrollisalaateissa pitoisuus oli vain 15 mg/kg. Määrä ei kuitenkaan ollut salaateille vahingollinen, eikä aiheuttanut näkyviä vioituksia. (Taulukko 8)

Päivittäinen suositeltu kupariannos suomalaisille on 0,9 mg/vrk (Suomalaiset ravitsemussuositukset 2005). Kuparinsaanti suomalaisella on sukupuolesta riippuen 1,3–1,7 mg/vrk (Ovaskainen, Paturi, Reinivuo, Tapanainen & Valsta. 2008).

Taulukko 8 Kasviin kertyneiden ravinteiden ja kuiva-aineen määrä kontrollissa ja kupariannostelun saaneissa salaateissa näytteenottopäivinä 30.11. ja 9.12.2009.

	30.11.2009		9.12.2009	
	Kontrolli	Kupari	Kontrolli	Kupari
Typpi (N) g/kg	53,7	47,8	49,4	49,2
Fosfori (P) g/kg	14,9	12,4	14,1	13,6
Kalium (K) g/kg	101	97,8	105	102
Kalsium (Ca) g/kg	16,5	15,2	17,9	19,5
Magnesium (Mg) g/kg	3,39	3,62	3,28	4,4
Rikki (S) g/kg	3,58	3,42	3,18	3,83
Rauta (Fe) mg/kg	73	58	70	80
Boori (B) mg/kg	<10	10	18	27
<b>Kupari (Cu) mg/kg</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>42</b>
Mangaani (Mn) mg/kg	300	400	250	460
Sinkki (Zn) mg/kg	75	61	75	57
Kuiva-aine %	4,1	3,6	3,4	3,6

Kuparia kertyi ensimmäisessä kokeessa lehtiin paljon enemmän kuin toisessa kokeessa. Ensimmäisessä kokeessa kuparin kertymiseen vaikutti luultavasti ravinneliuoksen kuparipitoisuuksien äkilliset ja korkeat nousut kokeen aikana. Tässä kokeessa kuparipitoisuus ravinneliuoksessa ei nousut yhtä korkeaksi kuin ensimmäisessä kokeessa, jolloin salaattien kuparipitoisuudetkin jäivät alhaisemmiksi. Ensimmäisessä kokeessa salaattien lehdistä mitattu kuparipitoisuus oli 96 mg/kg.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yksi selitys *Pythiumin* puuttumiselle oli vedestä löydetyn *Trichoderman* määrä. Useiden tutkimusten mukaan *Trichoderman* on todistetusti olevan patogeenien, kuten *Pythium*- ja *Fusarium*-sienten, loinen. Se tappaa kasteluvedestä kasveille haitallisia sieni-itiöitä. *Trichoderma*-sieni myös vaikuttaa positiivisesti salaatin ja juuriston kokoon. Tämän kokeen tulokset ovat yhdenmukaisia muiden tutkimustulosten kanssa, joissa *Trichoderma*-sieni on lisännyt lehti- ja juurimassaa. *Trichoderma*-sienen suuri määrä saattoi myös hankaloittaa muiden sienten määrittystä vedestä. *Fusarium*-sientä ei esimerkiksi näkynyt lainkaan kontrollivedestä ja kuparikäsittelyn saaneesta vedestäkin hyvin vähän. Voi olla, että *Fusariumia* oli molemmissa käsittelyissä, mutta *Trichoderman* suuri esiintymä peitti *Fusarium*-itiöt ja ne eivät siksi näkyneet tuloksissa.

Varastointikestävyyskokeen tulokset puhuvat Aqua-Hort-laitteen puolesta. Missään lähteissä ei kuitenkaan ole tullut ilmi kuparin positiivisesta vaikutuksesta salaatin tai muiden vihannesten varastointikestävyyteen. Tulokset johtuvat siis mitä ilmeisimmin kasvien fysiologisista ominaisuuksista. Kontrollisalaattien lehtimassa oli suurempi kuin kuparikäsittelyn saaneiden salaattien. Suuri lehtimassa johtaa nopeaan haihduntaan, joten salaattien rakenne ja väri heikentyy nopeammin. Nopeamman haihdunnan vuoksi kontrollisalaatit näyttivät siis menevän nopeammin huonoiksi kuin kuparikäsittelyt salaatit.

Juurten kuivapainomittausten mukaan kupari vähensi juurimassaa. Kupari vaikuttaa juuristoon siten, että se aiheuttaa juurten haarautumista ja ehkäisee pituuskasvua. Kuparikäsittelyjen salaattien juuristot olivat voimakkaasti haarautuneet ja tiiviit. Juurten haarat olivat heikkoja ja katkeilivat helposti pesun aikana. Katkenneet juuren palaset huuhtoutuivat pois, mikä saattaa myös osaltaan vaikuttaa tuloksiin.

Liiallisen kuparin on todettu aiheuttavan kasveissa myrkytysoireita. Yhtenä selityksenä kokeesta saaduille tuloksille voidaan pitää lievää kuparimyrkytystä. Tässä kokeessa arvot eivät olleet niin korkeat, että salaatteihin olisi tullut näkyviä oireita, kuten kuihtumista tai kuolemisia. Lehdet eivät myöskään värjäytyneet punertaviksi, eivätkä juurten kärjet ruskeiksi. Kuitenkin kuparimyrkytyksen yksi ensioireista on kasvun hidastuminen, mikä tuloksissa näkyy pienempänä lehtimassana. Kuparipitoisuuden pitäminen tasaisena ja halutuissa vahvuuksissa oli hankalaa, sillä koeala oli suhteellisen pieni. Kun laitteen asetusarvoja muutettiin, se vaikutti nopeasti kuparipitoisuuden määrään vedessä. Suuremmilla viljelmillä laitteella voitaisiin saada ravinneliuoksen tasaisempi kuparipitoisuus läpi viljelykierron. Voi myös olla, että salaatteihin olisi voinut tulla näkyviä kuparimyrkytysoireita, jos koetta olisi jatkettu pidempään. Ruukkusalaatin viljelyaika on hyvin

lyhyt ja kasvu nopeaa, joten näkyviä myrkytysoireita ei ehkä vielä kerinnyt muodostua.

Suurimpaan osaan tutkituista muuttujista, erityisesti salaatin kokoon, kupariannostelu vaikutti negatiivisesti. Osasyyn tähän on se, että *Pythium* -sientä ei vedessä ollut haluttua määrää. Saastutus oli epäonnistunut tai patogeenit olivat kuolleet kokeen aikana. Kun *Pythium* puuttui vedestä, ei kontrollisalaatteja saatu voimaan huonosti. Tulokset ovat kuitenkin samansuuntaiset kuin monet muut kuparialtistuskokeet, joten saadut tulokset eivät sinällään ole yllättäviä.

Kokeen alussa kastelu Gliomix® -liuoksella ei välttämättä ollut järkevää. Gliomix® on ruukkuvihannestuotannossa yleisesti käytössä oleva, sienitauteja ehkäisevä valmiste, jota käytetään kasvihuonevihannesten idätysvaiheen ja taimikasvatusvaiheen varmentamiseksi. Jos *Pythium* -sienen olisi tarkoitus levitä kunnolla kasvihuoneeseen, kannattaisi välttää fungisidien käyttöä kasvualustoissa. Gliomix® -valmistetta käytettiin kokeessa sen vuoksi, että se on ruukkuvihannestuotannossa hyvin yleisesti käytössä oleva valmiste.

Tässä tutkimuksessa olleista salaattilajikkeista parhaiten kuparialtistuksen kesti 'Heimdal'. Heimdal -lajikkeella oli kuparialtistuspuolelta kerätyistä salaateista suurin lehtien tuore- ja kuivapaino. Toisaalta juuriston kannalta 'Heimdal' oli melko heikkokasvuinen, sen juuriston kuivapaino oli lajikkeiden välisessä vertailussa kaikkein pienin. Korkeuden suhteen 'Heimdal' oli keskitasoa. 'Ritsa' näytti venyneen eniten kuparialtistuksen myötä, 'Aficion' oli korkeudeltaan matalin ja tulokset lähes samaa luokkaa molemmissa käsittelyissä.

Jatkotutkimuksia kannattaa aiheesta tehdä, sillä tämä tutkimus antaa vastauksia lähinnä vain kuparialtistuksen vaikutuksesta ruukkusalaatin kasvuun ja laatuun. Kuitenkaan emme saaneet vastausta siihen, onko kuparikäsittelyllä merkittävää vaikutusta sienitautien torjunnassa suljetussa ravinneliuosviljelyssä, mikä oli kokeen alkuperäinen tarkoitus. Jotta kuparin vaikutuksia *Pythium*- ja muiden mikrosienten esiintymiseen sekä salaatin kasvuun ja laatuun olisi saatu kunnolla testattua, olisi *Pythium*-saastutuksen oltava onnistunut. Mahdollinen uusi koe tulisi aloittaa niin, että *Pythium* olisi huoneessa jo ennen salaatteja. Tämä toteutettaisiin esimerkiksi tuomalla kouruihin saastuneita salaatteja, jotka toimisivat *Pythium*-sienen lisääntymispaikkana. Ravinneliuosvedestä tulisi myös teettää vesianalyysit jo ennen salaattien istutusta kouruihin, jolloin saastunnan onnistumisesta voitaisiin olla varmoja. Tässä työssä salaattit laitettiin kouruihin niiden ollessa vielä hyvin pieniä. Salaattien juuristo ei ollut vielä kasvanut voimakkaasti ruukusta ulos. Kun *Pythium*-sieni istutettiin kouruihin, ei sieni-itiöillä välttämättä ollut ravinneliuoksessa olevia salaattien juuria joihin kiinnittyä. Näin ollen *Pythium* virtasi kourusta läpi ja jäi suodattimeen. Laitevalmistajan tekemien tutkimusten mukaan kuparialtistuksesta ei ollut kasveille hyötyä, jos kasvit eivät olleet saastuneet.

## LÄHTEET

- Agrios, G. 1997. Plant Pathology. Department of Plant Pathology, University of Florida. San Diego, Yhdysvallat: Academic Press.
- Aldrich, J. H. & Norcini, J. G. 1994. Copper hydroxide-treated pots improve the root system of bougainvillea cuttings. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 107:1. 215–217.
- Alsanius, B., Hultberg, M. & Khalil S. 2001. Microorganisms tools for closed hydroponic systems? Teoksessa: Maloupa, E. & Gerasopoulos, D. (Toim.) Acta Horticulturae n:o 548. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 207–214.
- Aqua-Hort for nursery production. n.d. Viitattu 20.12.2009.  
<http://www.aqua-perl.dk/Brochures/english.pdf> .
- Biologinen kasvinsuojeluaine Mycostop ®. N.d. Viitattu 8.4.2010.  
[http://verdera.com/body\\_mycostop.html](http://verdera.com/body_mycostop.html) .
- Biologinen kasvinsuojeluaine Prestop Mix®. N.d. Viitattu 5.6.2010.  
[http://www.verdera.fi/body\\_prestopmix.html](http://www.verdera.fi/body_prestopmix.html) .
- Beeson, R. C. & Newton, R. 1992. Shoot and root responses of eighteen southeastern woody landscape species grown in cupric hydroxide-treated containers. Journal of Environmental Horticulture 10:4. 214–217.
- Bjelland, O. 1988. Grönsaksodling i växthus. Tukholma, Ruotsi: LTs förlag 1988.
- Bosabalidis, A., Karataglis, S. & Panou-Filotheu, H. 2001. Effects of Copper Toxicity on Leaves of Oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*). Annals of Botany. 2001:88. 207–214.
- Chase, A. R. 2000. Disease control: Bringing in the new, bringing back the old in the new millenium. Greenhouse product news. 10:1.
- Dreistadt, S. H. & Clark, J. K. 2004. Pests of landscape trees and shrubs: an integrated pest management guide. Kalifornia, Yhdysvallat. University of California Devision of Agriculture and Natural Resources. Publication 3359.
- Elad, Y., Chet, I. & Katan, J. 1980. *Trichoderma harzianum*: A Biocontrol Agent Effective Against *Sclerotium rolfii* and *Rhizoctonia solani*. The American Phytopathological Society. Phytopathology. 70:2. 119–121.



Euroopan unionin virallinen lehti. 26.8.2009. Komission asetus (EY) 2009:771 233/3. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:223:0003:0019:FI:PDF> .

Freeman, S., Zveibil, A., Vintal, H. & Maymon, M. 2002. Isolation of nonpathogenic mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* for biological control of Fusarium wilt in cucurbits. The American Phytopathology Society. Phytopathology. 92:2. 164–168.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature reviews, Microbiology. 2:1. 43–56.

Herrero M., Hermansen, A. & Elen, O. 2003. Occurance of *Pythium* spp. and *Phytophthora* spp. in Norwegian Greenhouses and their Pathogenity on Cucumber Seedlings. Journal of Pythopathology 151:1. 36–41.

Hyötymikrobivalmiste GlioMix®. N.d. Viitattu 10.3.2010. [http://www.verdera.fi/body\\_gliomix.html](http://www.verdera.fi/body_gliomix.html) .

Jaakkonen, A-K., Koivunen, K. & Vuollet, A. 2001. Skörd, behandling av skörden och lagring. Teoksessa: Koivunen, T. (Toim.) Effektiv växthusodling. Utbildningsstyrelsen. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy – Dark. 203–204.

Jaakkonen, A-K. & Vuollet, A. 2001. Tillväxtfaktorerna och tillväxten. Teoksessa: Koivunen, T. (Toim.) Effektiv växthusodling. Utbildningsstyrelsen. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy – Dark. 53–55.

Jensen, M. 1999. Hydroponics worldwide. Teoksessa: Papadopoulos, A. (Toim.) Acta horticulturae 481:2. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 719–729.

Kasvistase 2006. Arvio kasvien kulutuksesta. Kotimaiset Kasvikset ry. Viitattu 12.3.2010. <http://www.kasvikset.fi/Link.aspx?id=1047622> .

Kekkilä Ruukkusalaatti. 2009. Pdf-tiedosto. Viitattu 2.3.2010. <http://www.kekkila.fi/ammattilaiset/ammattiviljelyohjeet/viljelyohjeet> .

Kläring, H.-P., Grosch, R., Schwartz, D. & Nederhoff E. 2001. A Model Approach to Describe the Effect of Root Pathogens on Plant Growth and Yield. Teoksessa: Maloupa, E. & Gerasopoulos (Toim.) Acta Horticulturae n:o 548. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 235–241.

Koike, S. T., Gladders, P. & Paulus, A. O. 2007. Vegetable diseases - a color handbook. Yhdysvallat: Academic Press.

Kucharek, T. & Mitchell, D. 2000. Diseases of agronomic and vegetable crops caused by *Pythium*. Plant pathology fact sheet PP-53.

Lahdenperä, M. 2009. Vedessä voi vaania vaara. Puutarha&kauppa. 13: 24. 16.

Larkin, R. P. & Fravel, D. R. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. The American Phytopathological Society. Plant Disease. 82:9. 1022–1028.

Larkin, R. P., Hopkins, D. L. & Martin, F. N. 1996. Suppression of fusarium wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. The American Phytopathological Society. Phytopathology. 86:8. 812–819.

Lasson, A. 2009. Aqua-Hort manual. Manual for Aqua-Hort® Machine for Copper Fertilization and Electro magnetic treatment of Nutrition Water. Viitattu 20.12.2009. <http://www.aqua-perl.dk/Manuals/Hort%20Installation%20Manual%20%20UK%202009.pdf>.

Lucas, R., Vitosh, M. & Warncke, D. 1994. Secondary and micronutrients for vegetables and field crops. Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University Extension. Bulletin E-486, revised. 13–14.

Lyijynen, T. & Morkkila, M. 2004. Vihannesten jäähdytysopas. VTT Biotekniikka. Espoo. Viitattu 2.3.2010. [http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/vihannesten\\_jaahdytysopas.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/vihannesten_jaahdytysopas.pdf) s. 9.

Nam, S-Y. & Kwon, Y-W. 1997. Quality changes of hydroponically Produced Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* L., cv. Cheongchima) During Post-harvest Storage. Teoksessa Lee, J-M., Cross, K., Watada, A. & Lee, K-S. (Toim.) Acta Horticulturae n:o 483. Proceedings of the International Symposium on Quality of Fresh and Fermented Vegetables. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 173–184.

Newman, S. E. 2004. Disinfecting Irrigation Water for Disease Management. 20th Annual Conference on Pest Management on Ornamentals. Society of American Florists. San Jose, Yhdysvallat. 1–10.

Ovaskainen, M., Paturi, M., Reinivuo, H., Tapanainen, H., Valsta, L. 2008. Finravinto 2007 –tutkimus. The national findiet 2007 Survey. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 23/2008. Helsinki.

Parikka, P. 2006. Kasvihuonevihannesten taudit ja niiden torjunta. Puutarha&kauppa. 9:6. 20–23.

Peciulyte, D. 2001. Effect of Copper Sulfate on the Soil Fungal Community Structure. Ekologija. 2001:1. 31–35.

Puutarhayritysrekisteri 2008. 2009. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.

Runia, W. & Amsing, J. 2001. Disinfection of Recirculated water from Closed Cultivation Systems by Heat Treatment. Teoksessa: Maloupa, E. & Gerasopoulos, D. (Toim.) Acta Horticulturae n:o 548. Proceedings of the International Symposium on Growing media & Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 215–222.

Salonen, K. 2001. Tautien torjuntaa pähkinäkuoressa. Puutarha&kauppa 5:15. 7–9.

Salonen, K. 2000. Ruukkusalaattia. Puutarha&kauppa 4:10. 6–7.

Soini, M. 2002. Ruukkusalaattia moneen makuun. Puutarha&kauppa 6:9. 4–5.

Sonmez, S., Kaplan, M., Sonmez, N. K., Kaya, H. & Uz, I. 2006. High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. Piracicaba, Brasilia: Scientia Agricola. 63:3. 213–218.

Suomalaiset ravitsemussuositukset – ravinto ja liikunta tasapainoon. 2005. Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Stanghellini, M. E. & Miller, R. M. 1997. Biosurfactants - Their Identity and Potential Efficacy in the Biological Control of Zoosporic Plant Pathogens. The American Phytopathological Society. Plant Disease. 81:1. 4–12.

Sutton, J.C., Sopher, C.R., Owen-Going, T.N., Liu, W., Grodzinski, B., Hall, J. C. & Benchimol, R. L. 2006. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: Current knowledge and perspectives. Summa Phytopathologica, Botucatu. 32:4. 307–321.

Tu, J., Papadopoulos, A., Hao, X. & Zheng, J. 1999. The relationship of pythium root rot and rhizosphere microorganisms in a closed circulating and an open system in rockwool culture of tomato. Teoksessa Papadopoulos, A. (Toim.) Acta horticulturae n:o 481:2. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 577–583.

Utkhede, R. S., Levesque, C. A. & Dinh, D. 2000. *Pythium aphanidermatum* root rot in hydroponically grown lettuce and the effect of chemical and biological agents on its control. The Canadian Journal of Plant Pathology. 22:2. 138–144.

Van Os, E., Alsanus, B., Wohanka, W., Brand, T. & Jung, V. 2004. Workshop: Disinfestation of Recirculated Nutrient Solution - Towards New Approaches? Teoksessa: Alsanus, B., Jensen, P. & Asp, H. (Toim.) Acta Horticulturae n:o 644. Proceedings of the International Symposium on Growing media & Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 605–607

Van Os, E., Amsing, J., van Kuik, A. & Willers, H. 1999. Slow sand filtration: a potential method for the elimination of pathogens and nematodes recirculating nutrient solutions from glasshouse-grown crops. Teoksessa Papadopoulos, A. (Toim.) Acta horticulturae n:o 481:2. Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Leuven, Belgia: International Society for Horticultural Science. 519–526

Vissers, M. 2005. Announcements PCS - Indoor Plants Aqua-Hort announces first results. Viitattu 20.12.2009. <http://www.aqua-perl.dk/Research/Hedera.pdf> . 1–6.

Voipio, I. 2001. Vihannekset – lajit, viljely, sato. Helsinki. Puutarhaliiton julkaisu nro 316. 173–174.

Welcome to Aqua-Hort. n.d. Copper fertilization and electromagnetic treatment of nutrition water. Viitattu 20.12.2009. <http://www.aqua-perl.dk/index.html>

Wills, R., McGlasson, W., Graham, D. & Joyce, D. 2007. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Yhdysvallat: CAB International. 20, 23, 58, 61–66, 201.

## SILMÄMÄÄRÄISTEN ARVIoidEN ARVIOINTIPERUSTEET VARASTOINTI-KESTÄVYYSKOKEESSA

Asteikolla 1–3 arvioitiin salaattien yleisväreä

3= vihreä

2= hieman keltaisuutta

1= vihreän lisäksi myös paljon keltaista ja jonkin verran ruskeaa

Alalehtien väriä havainnoitiin asteikolla 1–3

3= alalehdet vihreät

2= alalehdet keltaiset

1= alalehdet ruskeat tai kuivuneet

Juurten kuntoa arvioitiin asteikolla 1–3

3= juuret vahvat ja hyväkuntoiset

2= juuret ruskettuneet selvästi

1= juuret ruskeat, mädäntyneet tai kuivuneet

Salaattien rakennetta arvioitiin asteikolla 1–3

3= lehdet olivat kiinteitä ja nestejännitys hyvä

2= lehtien olevan hieman nahistuneita ja nestejännityksen olevan huonohko.

1= lehdistä ei nestejännitystä ja lehdet tuntuvat pehmeiltä