

**Biologinen torjunta taimitarhoilla - petopunkkien
hyödyntäminen omenantaimilla esiintyvien
punkkituholaisten torjunnassa**

Niina Kangas
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Maatalouseläintiede
2012

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Niina Orvokki Kangas			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Biologinen torjunta taimitarhoilla - petopunkkien hyödyntäminen omenantaimilla esiintyvien punkkituholaisten torjunnassa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Maatalouseläintiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year 1/2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 73 + Liitteet
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää voisiko taimitarhoilla hyödyntää petopunkkeja biologisina torjuntaeliöinä. Tutkimuksessa keskitytään omenan taimilla esiintyvien punkkituholaisten, vihannespunkin ja omenankellastajapunkin, biologiseen torjuntaan. Euroopan unionin direktiivin 2009/128/EY mukaan suomalaisten viljelijöiden tulee vuoden 2014 alusta noudattaa integroidun kasvinsuojelun periaatteita ja siirtyä käyttämään kemiallisten torjunta-aineiden sijaan ensisijaisesti muita kasvinsuojelumenetelmiä. Työ tehtiin osana Taimistoviljelijät Ry:n hanketta, jonka tavoitteena on kehittää biologisen torjunnan toimintaohje tärkeimmille kasviryhmille puutarhamyymälöihin ja taimitarhoille ja näin ollen edistää integroituun kasvinsuojeluun siirtymistä taimistoviljelyssä.</p> <p>Työn kokeellisessa osuudessa seurattiin vihannespunkin (<i>Tetranychus urticae</i>) ja omenankellastajapunkin (<i>Aculus schlechtendali</i>) populaatiokehitystä avomaalla ja muoviseinäisessä kasvihuoneessa omenan ruukutaimilla. Punkkien populaatiotiheydet omenantaimilla laskettiin lehtinäytteistä. Vihannespunkin biologista torjuntaa kokeiltiin ansaripetopunkin (<i>Phytoseiulus persimilis</i>) ja <i>Neoseiulus barkeri</i> -petopunkin avulla. Verrannekäsittelynä kokeissa käytettiin kemiallista kasvinsuojelua. Vertaamalla biologisen torjunnan ja kemiallisen kasvinsuojelun alueen punkkitiheyksiä toisiinsa saatiin tietoa siitä, miten käsittelyt erosivat toisistaan.</p> <p>Vihannespunkkien biologinen torjunta petopunkkien avulla epäonnistui muovihuoneessa, ja vihannespunkkipopulaatio kasvoi moninkertaiseksi biologisen torjunnan alueella verrattuna kemiallisen kasvinsuojelun alueeseen. Avomaalla vihannespunkkikanta pysyi koko kesän ajan matalana. Omenankellastajapunkkipopulaatio kasvoi muovihuoneessa ja avomaalla molempien käsittelyjen alueella suureksi, eikä käsittelyjen välillä ollut eroa kyseisen punkin populaatiotiheydessä.</p> <p>Vaikka biologinen torjunta ei onnistunutkaan näissä kokeissa, olosuhteiden puolesta petopunkkien käyttö vihannespunkin torjunnassa voisi olla mahdollista taimitarhatuotannossa etenkin muovihuoneissa. Omenankellastajapunkin runsaus, myös kemiallisen kasvinsuojelun alueella, yllätti ja jatkossa olisikin tärkeää miettiä, kuinka vakava tuholainen omenankellastajapunkki oikeastaan on omenantaimille ja mikä olisi paras keino sen torjumiseksi.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Biologinen torjunta, taimistoviljely, <i>Tetranychus urticae</i> , <i>Aculus schlechtendali</i> ,			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Ohjaajat; Irene Vänninen ja Anne Nissinen			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Niina Orvokki Kangas			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Biological control in nursery production – Control of phytophagous mites on apple seedlings with predatory mites			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agricultural entomology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year 1/2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 73 + Appendixes
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>The aim of this study was to look into the possibility of using predatory mites as a biological control agent in the nursery production. This study focuses on the biological control of two phytophagous mites, <i>Tetranychus urticae</i> and <i>Aculus schlechtendali</i> that occur as pests in apple seedling production.</p> <p>The directive 2009/128/EY of the European Union obligates the farmers to follow the principles of the integrated pest management and favour other control methods, such as biological control, rather than chemical pesticides. This study is a part of The Finnish Nursery Producers Association's project that aims to develop biological control practises for the nursery production in Finland and promote integrated pest management in nursery production.</p> <p>The experiments for this study were carried out outdoors in a field and indoors in a seasonal greenhouse, where the population development of <i>T. urticae</i> and <i>A. schlechtendali</i> on apple seedlings was followed. Population density of mites was counted from leaf samples gathered from the seedlings in two week intervals from May until the end of August. Biological control of <i>T. urticae</i> was tested with Phytoseiid mites, <i>Neoseiulus barkeri</i> and <i>Phytoseiulus persimilis</i>. Chemical control was used as a comparison treatment. The effects of the biological control were followed by comparing the population densities of phytophagous mites in the area of biological control to the mite densities in the area of chemical control.</p> <p><i>N. barkeri</i> and <i>P. persimilis</i> were not able to prevent nor stop <i>T. urticae</i> population growth in the greenhouse where the densities of <i>T. urticae</i> grew higher in the area of biological control than in the area of chemical control. Outdoors the population densities of <i>T. urticae</i> remained low throughout the experiment in both treatment areas. Population densities of <i>A. schlechtendali</i> grew high indoors and outdoors within both treatments.</p> <p>Even though biological control did not succeed in these experiments, the conditions in the greenhouse were suitable for Phytoseiid mites and in theory it should be possible to exploit them as control agents in nursery production. The high densities of <i>A. schlechtendali</i> were surprising. In the future it would be important to consider the importance of this species as a pest and find effective means to control it.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Biological control, nursery production, <i>Tetranychus urticae</i> , <i>Aculus schlechtendali</i>			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors; Irene Vänninen and Anne Nissinen			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN	7
2.1 Integroitu kasvinsuojelu	7
2.1.1 Direktiivi torjunta-aineiden kestävästä käytöstä	9
2.2 Biologinen torjunta	10
2.2.1 Biologisen torjunnan strategiat.....	11
2.2.2 Eliöiden väliset vuorovaikutussuhteet biologisessa torjunnassa	12
2.2.3 Tehokas torjuntaeliö.....	13
2.3 Taimistoviljely	14
2.3.1 Omenan taimistoviljely	14
2.3.2 Taimitarhojen tuholaiset.....	16
2.4 Tutkimuksessa mukana olleet tuholaispunkit	17
2.4.1 Omenankellastajapunkki, <i>Aculus schlechtendali</i> (Nalepa).....	17
2.4.2 Omenankellastajapunkin voitutus.....	19
2.4.3 Vihannespunkki, <i>Tetranychus urticae</i> (Koch).....	21
2.4.4 Vihannespunkin voitutus	24
2.5 Biologinen torjunta petopunkkien avulla	25
2.5.1 Phytoseiidae -petopunkit.....	25
2.5.2 Mahdolliset petopunkit taimitarhoille	26
2.6 Punkkien kemiallinen torjunta	28
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	32
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	32
4.1 Koepaikat	32
4.1.1 Muovihuone	32
4.1.2 Avomaa.....	34
4.2 Biologinen torjunta ja kemiallinen kasvinsuojelu	35
4.2.1 Petopunkit.....	35
4.2.2 Muovihuone	36
4.2.3 Avomaa.....	37
4.3 Näytteenotto ja näytteiden käsittely	37
4.3.1 Lehtien mikroskooppitarkastelu.....	38
4.3.2 Pesunäytteet.....	39
4.4 Aineiston analysointi	40
5 TULOKSET	40
5.1 Kasvinsuojelu taimitarhoilla	40
5.2 Muovihuone	41

5.2.1 Lämpötila- ja kosteusolosuhteet muovihuoneessa.....	41
5.2.2 Käsittelyjen vaikutukset vihannespunkkeihin	41
5.2.3 Petopunkkien esiintyminen	44
5.2.4 Käsittelyjen vaikutukset omenankellastajapunkkeihin.....	45
5.3 Avomaa	48
5.3.1 Lämpötila- ja kosteusolosuhteet avomaalla	48
5.3.2 Käsittelyjen vaikutukset vihannespunkkeihin	48
5.3.3 Petopunkkien esiintyminen	50
5.3.4 Käsittelyjen vaikutukset omenankellastajapunkkeihin.....	50
5.4 Yhteenveto	52
6 TULOSTEN TARKASTELU	53
6.1 Olosuhteiden vaikutukset punkkeihin	53
6.1.1 Vihannespunkki.....	53
6.1.2 Petopunkit.....	54
6.1.3 Omenankellastajapunkki.....	56
6.3 Miksi pedot eivät toimineet?	56
6.3.1 <i>Neoseiulus barkeri</i>	57
6.3.2 AnsariPETOPUNKKI	58
6.4 Miksi omenankellastajapunkkipopulaatio vain kasvoi?.....	59
6.4.1 Omenankellastajapunkin kemiallinen torjunta.....	59
6.4.2 Mietteitä omenankellastajapunkista	61
6.5 Tutkimuksen luottavuus	61
6.5.1 Mikroskooppitarkastelun luotettavuus	62
6.6 Jatkotutkimuksen aiheita.....	63
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	64
8 KIITOKSET	65
LÄHTEET	66
LIITE 1 KASVINSUOJELUN TILANNEKARTOITUS.....	74
LIITE 2 KOERUUDUT MUOVIHUONEESSA	76
LIITE 3 KOERUUDUT AVOMAALLA.....	77
LIITE 4 KASVINSUOJELUN OHJEISTUS TAIMISTOILLE	78
LIITE 5 TORJUNTAKYNNYSKAAVIO	80
LIITE 6 HAVAINTOLOMAKE	81
LIITE 7 PESUTARVIKKEET.....	82

1 JOHDANTO

Euroopan unionin direktiivin 2009/128/EY mukaan suomalaisten viljelijöiden tulee vuoden 2014 alusta noudattaa integroidun kasvinsuojelun periaatteita ja siirtyä käyttämään kemiallisten torjunta-aineiden sijaan ensisijaisesti muita kasvinsuojelumenetelmiä. Yksi näistä menetelmistä on biologinen torjunta, jota hyödynnetään yleisesti integroidun kasvinsuojelun osana. Maa- ja metsätalousministeriön (MMM) toimintaohjelmassa tavoitteiksi on muun muassa asetettu kasviryhmäkohtaisten integroidun kasvinsuojelun ohjeistuksien kehittäminen ja biologisen torjunnan edistäminen (MMM 2011).

Tämä työ tehtiin osana Taimistoviljelijät Ry:n hanketta, jonka tavoitteena on kehittää biologisen torjunnan toimintaohje tärkeimmille kasviryhmille puutarhamyymälöihin ja taimitarhoille. Työ ja siihen liittyvät kokeet tehtiin yhteistyössä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) kanssa.

Taimistoilla ja taimitarhoilla viljellään eri kasviryhmiin kuuluvia taimia edelleen myytäväksi kuluttajille ja tuottajille. Hedelmäpuut, erityisesti omenapuut ovat yksi tärkeimmistä kasviryhmistä taimistoviljelmillä. Omenan taimien muovihuone- ja avomaakasvatuksessa kehrääjäpunkkien (Acari: Tetranychidae) heimoon kuuluva vihannespunkki (*Tetranychus urticae* Koch) on ajoittain haitallinen tuholainen, jonka torjumiseen voidaan soveltaa biologisen torjunnan ohjelmissa paljon hyödynnettyjä Phytoseiidae- petopunkteja. Omenan taimilla esiintyy myös äkämäpunkkien heimoon (Acari: Eriophyidae) kuuluvia omenankellastajapunkteja (*Aculus schlehtendali* (Nalepa)).

Tämän työn kirjallisuusosiossa perehdytään integroituun kasvinsuojeluun ja biologiseen torjuntaan ja luodaan teoreettinen perusta tutkielman kokeelliselle osuudelle. Kirjallisuuden pohjalta tutustutaan myös omenan taimilla esiintyvien punkkituholaisten, vihannespunkin ja omenankellastajapunkin biologiaan, rooliin omenan taimien tuholaisina sekä biologiseen torjuntaan Phytoseiidae- petopunkkien avulla. Tutkimuksen pohjalta saadaan tietoa biologisen torjunnan mahdollisuuksista taimitarhaviiljelyssä omenantaimilla. Työn tarkoituksena on kehittää biologista torjuntaa taimitarhoilla sekä

edistää integroituun kasvinsuojeluun siirtymistä taimitarhaviljelyssä. Tuloksia voidaan mahdollisesti soveltaa taimitarhojen muille kasviryhmille.

2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

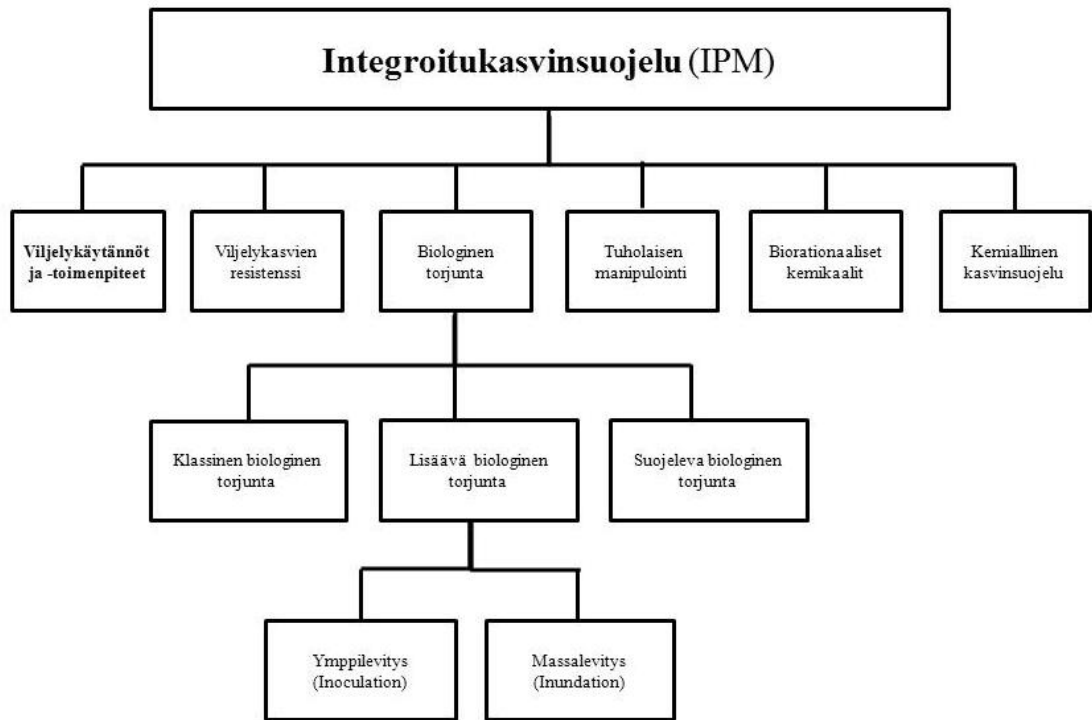
2.1 Integroitu kasvinsuojelu

Integroidun kasvinsuojelun (Integrated Pest management, IPM) määritelmiä on vuosien varrella tehty useita (Bajwa ja Kogan 2002). Yhdistyneiden kansakuntien (YK) elintarvike- ja maatalousjärjestö, FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2002) määrittelee integroidun kasvinsuojelun seuraavasti:

”Integroitu torjunta tarkoittaa kaikkien mahdollisten ja sopivien torjuntamenetelmien harkitsemista ja yhdistelyä toistensa kanssa pyrittäessä ehkäisemään kasvintuhoojapopulaatioiden lisääntymistä. Integroidussa torjunnassa torjunta-aineiden ja muiden kasvinsuojelukeinojen käyttö pidetään tasolla, joka on taloudellisesti perusteltu ja joka minimoii ihmisten terveydelle ja ympäristölle aiheutuvat riskit. Integroitu torjunta painottaa terveen viljelykasvuston tuottamista niin, että viljelyekosysteemi häiriintyy mahdollisimman vähän samalla kun kasvintuhoojien lisääntymistä rajoittavia luontaisia keinoja käytetään hyväksi mahdollisimman laajasti.”

(MMM 2011)

Bajwan ja Koganin (2002) mukaan integroitu kasvinsuojelu yhdistää kasvinsuojelun muihin viljelykäytäntöihin taloudellisesti järkevällä tavalla ottaen huomioon ihmisen ja ympäristön terveyden. Integroitu kasvinsuojelu nojaa ennaltaehkäisevään torjuntaan ja kasvinsuojelu toteutetaan ensisijaisesti luontaisten vihollisten, biorationaalisten torjunta-aineiden, tuholaisille resistenttien viljelykasvien ja viljelykäytäntöjen kautta (kuva 1).



Kuva 1. Eri torjuntastrategioiden suhteet toisiinsa (Nordlund 1996, Eilenberg 2001, Hajek 2004).

IPM on kasvinsuojelun päätöksentekojärjestelmä, joka vaatii paljon tietoa agroekosysteemin toiminnoista sen tuholaisista ja hyötyeliöistä (Cowan 1996, Kogan 1998). Integroidussa kasvinsuojelussa viljelijän on otettava huomioon agroekosysteemi kokonaisuutena. Sen sijaan, että keskitytään torjumaan yhtä tuholaislajia, päätöksiä tehtäessä huomioidaan myös muut mahdolliset tuholaiset sekä hyötyeliöt, joita agroekosysteemissä esiintyy.

Euroopan unioni (2009a) on määritellyt integroidun kasvinsuojelun periaatteet seuraavasti:

- 1) Haitallisten eliöiden ennakointi ja ennaltaehkäisy
- 2) Tarkkailu
- 3) Kynnysarvot päätöksenteon välineenä

- 4) Muiden torjuntamenetelmien suosiminen kemiallisen kasvinsuojelun sijaan
- 5) Kohdennettu torjunta ja sivuvaikutusten minimointi
- 6) Käyttömäärien pienentäminen
- 7) Resistenttien tuholaisten kehittymisen ehkäisy
- 8) Rekisteröinti, valvonta, dokumentointi ja arviointi

Integroidun torjunnan tärkeimmiksi taktisiksi komponenteiksi voidaan tiivistää tuhojen ennakointi ja ennaltaehkäisy, torjuntamenetelmien valinta ja käyttö sekä kasvintuhoojien tarkkailu ja kynnsarvot (Kogan 1998, Vänninen 2006 EU 2009a). Viljelijä voi valita käyttämänsä kasvinsuojelumenetelmän useiden biologisten ja biorationaalisten menetelmien joukosta, kemiallinen kasvinsuojelu on integroidussa torjunnassa viimeinen oljenkorsi.

Päätöksenteon tukena IPM-ohjelmissa hyödynnetään taloudellisen torjunnan kynnsarvoja (economic threshold, ET) ja taloudellisen tuhon kynnsarvoja (economic injury level, EIL) (Kogan 1998). Taloudellisen tuhon kynnsarvolla tarkoitetaan pienintä tuholaistiehyttä, joka aiheuttaa taloudellista tuhoa. Taloudellisen torjunnan kynnsarvo on puolestaan se tuholaistiheys, jossa torjuntatoimiin on ryhdyttävä, jotta taloudellisen tuhon kynns ei ylittyisi (Stern 1973, Vänninen 2006).

Eri tuholaisilla kynnsarvot ovat erilaisia ja myös kyseessä oleva kasvilaji vaikuttaa kynnsarvon suuruuteen (Stern 1973). Kynnsarvoja määritettäessä on myös otettava huomioon esimerkiksi erilaisten kasvuolosuhteiden vaikutus tuholaisten aiheuttamien vahinkojen vakavuuteen. Tuholaisten tarkkailu onkin olennainen osa IPM – ohjelmia, joissa hyödynnetään tuholaisten populaatiotiheyteen perustuvia kynnsarvoja. Tuholaisten tarkkailu perustuu näytteenottoon. Näytteenottotapa ja kerättävien näytteiden määrä perustuu puolestaan tietoon tuholaisen populaatiodynamiikasta ja niiden jakautumisesta kasvustossa (Castle ja Naranjo 2009).

2.1.1 Direktiivi torjunta-aineiden kestävästä käytöstä

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/128/EY yhteisön politiikan puitteista torjunta-aineiden kestävästä käytön aikaansaamiseksi edellyttää jäsenvaltioilta

integroidun kasvinsuojelun edistämistä ja torjunta-aineille vaihtoehtoisten menetelmien kehittämistä. Viime käden tavoitteena on torjunta-aineiden ihmiselle ja ympäristölle aiheuttamien haittojen vähentäminen (EU 2009b). Direktiivin vaatimuksiin on kirjattu, että torjunta-aineiden ammattimaiset käyttäjät noudattavat integroidun kasvinsuojelun yleisiä periaatteita viimeistään vuoden 2014 alusta lähtien (EU 2009b).

Direktiivin pohjalta Maa- ja metsätalousministeriön asettama työryhmä on laatinut kasvinsuojeluaineiden kestävästä käytöstä kansallisen toimintaohjelman (2011), jossa esitetään toimenpiteet ja selvitystarpeet, joiden avulla ammattiviljelijöiden siirtymistä integroituun kasvinsuojeluun edesautetaan. Toimintaohjelmassa selvityksen kohteita ovat muun muassa kasviryhmäkohtaisten integroidun torjunnan ohjeiden kehittäminen ja niistä viljelijöille tiedottaminen sekä kasvintuhoojien biologista torjuntaa kehittävien tutkimushankkeiden edistäminen. Viljelymenetelmiä ja -järjestelmiä pyritään kehittämään niin, että kasvintuhoojien esiintyminen vähenee esimerkiksi luontaisten vihollisten ansiosta. Selvityksen kohteena ovat myös torjunnan kynnsarvot eri kasviryhmille, sekä kasvintuhoojiin liittyvien ennusteiden käyttökelpoisuuden parantaminen torjuntapäätöksiä tehtäessä.

2.2 Biologinen torjunta

Pedot, loiset, taudit sekä muut antagonistit rajoittavat eliöpopulaatioiden kasvua (Hajek 2004). Myös biologinen torjunta, jossa niveljalkaisten tuholaisten ja muiden haittaeliöiden hallinnassa hyödynnetään biologisia torjuntaeliöitä, nojaa tähän luonnolliseen ilmiöön. Biologinen torjunta on haitallisen eliöpopulaation rajoittamista tai sen aiheuttamien tuhojen vähentämistä eläviä organismeja hyödyntäen (Eilenberg 2001). Tärkeimmät biologisen torjunnan sovellukset ovat petojen, loisten ja patogeeneiden käyttö selkärangattomien tuholaisten torjunnassa, rikkakasvien torjunta kasvinsyöjiä ja patogeenejä hyödyntäen sekä kasvitautien torjunta antagonististen mikro-organismien sekä kasvien vastustuskyvyn indusoinnin avulla (Eilenberg 2001). Biologisen torjunnan käsitteen alle luetaan neljä erilaista strategiaa, jotka eroavat toisistaan toimintatavoiltaan: klassinen biologinen torjunta, torjuntaeliöiden ympäristö- tai massalevitykseen perustuva torjunta sekä suojeleva biologinen torjunta.

2.2.1 Biologisen torjunnan strategiat

Klassinen biologinen torjunta (classical biological control) on vanhimpia biologisen torjunnan muotoja (Eilenberg 2001, Hajek 2004). Klassinen biologinen torjunta tähtää käytettävän torjuntaeliön vakiinnuttamiseen uudelle elinalueelle ja sitä kautta pitkäaikaiseen torjuntatulokseen. Määritelmän mukaan torjuntaeliöinä käytetään vierasperäisiä lajeja, jotka ovat kehittyneet luonnossa rinnakkain torjuttavan lajin kanssa (Eilenberg 2001).

Torjuntaeliöiden lisäämiseen (augmentation biological control) perustuvia biologisen torjunnan strategioita ovat ymppilevitys (inoculation biological control) ja massalevitys (inundation biological control) (Hajek 2004). Näiden menetelmien tarkoituksena ei kuitenkaan ole kotouttaa torjuntaeliötä kohdeympäristöön pysyvästi kuten klassisessa biologisessa torjunnassa (Hajek 2004). Strategioita hyödynnetään kun ympäristössä ei esiinny riittävän tehokkaita luontaisia vihollisia tai kun niiden määrä ei riitä kontrolloimaan tuholaispopulaatiota (Hajek 2004).

Ymppilevitykseen perustuvassa strategiassa käytettävän torjuntaeliön oletetaan lisääntyvän torjuntapaikalla ja hillitsevän tuholaispopulaation kasvua pidemmän aikaa, mutta ei kuitenkaan pysyvästi (Eilenberg 2001). Torjuntaeliöiden tehokkuus onkin riippuvaista niiden lisääntymistehokkuudesta kohdeympäristössä ja näin ollen myös jälkeläisten kyvystä hillitä tuholaispopulaation kasvua (Eilenberg 2001). Torjuntaeliöt voidaan levittää joko kertaalleen tai toistuvasti (Hajek 2004).

Torjuntaeliöiden massalevitys tähtää puolestaan tehokkaaseen, nopeaan torjuntatulokseen ja oletuksena on, että vain levitettyt eliöt vastaavat tuholaisen hävittämisestä (Eilenberg 2001). Käytettävän torjuntaeliön ei odoteta lisääntyvän kuten ymppilevitykseen perustuvassa biologisen torjunnan strategiassa ja niitä levitetäänkin suuria määriä kerrallaan (Eilenberg 2001).

Suojeleva biologinen torjunta (conservation biological control) hyödyntää ympäristössä jo esiintyviä luontaisia vihollisia. Strategia pyrkii suojelemaan luontaisia vihollisia ja

muokkaamaan ympäristöä niin, että tuholaisten luontaiset viholliset ja muut sellaiset eliöt, jotka vähentävät niiden aiheuttamia vahinkoja lisääntyvät (Eilenberg 2001).

2.2.2 Eliöiden väliset vuorovaikutussuhteet biologisessa torjunnassa

Biologinen torjunta perustuu populaatiotasolla tapahtuvaan vuorovaikutukseen tuholaisten ja torjuntaeliöiden välillä (Hajek 2004). Biologisten torjuntaeliöiden ja tuholaisten välisten vuorovaikutussuhteiden kuvaamiseen ja torjuntaeliöiden tehokkuuden mittaamiseen on määritetty erilaisia työkaluja. Populaatiodynamiikan teorit, jotka selittävät luontaisten vihollisten ja niiden saaliin välisiä suhteita pitkällä aikavälillä, ovat varsin hyödyllisiä klassisen ja suojelevan biologisen torjunnan kannalta katsottuna (Hajek 2004). Lisäävän biologisen torjunnan strategioissa nämä teorit eivät välttämättä päde yhtä hyvin, koska torjuntaeliöitä levitetään suuria määriä ja näin ollen niiden populaatiokasvu kohdeympäristössä ei ole luonnollista (Hajek 2004).

Populaatiotiheys kertoo eliöiden lukumäärän tiettyä ympäristöyksikköä kohden, esimerkiksi punkkien lukumäärän yhdellä lehdellä (Tirri ym. 1993). Tiheysriippuvuus (density dependence) on myös tärkeä ekologinen termi biologisen torjunnan kannalta. Luontaisen vihollisen ja tuholaisen populaatioiden välillä vallitsee negatiivinen tiheysriippuvuus: tuholaisen populaatiotiheyden kasvaessa luontaisen vihollisen aiheuttama kuolleisuus lisääntyy ja toisaalta taas populaatiotiheyden laskiessa kuolleisuus vähenee (Tirri ym. 1993, Hajek 2004). Tiheysriippuvuus voi ilmetä populaatioiden välillä välittömästi tai viiveellä, kaikki suhteet eivät noudata tiheysriippuvuusteoriaa (Hajek 2004).

Populaatiotiheydestä riippuvaisia ilmiöitä voidaan myös eritellä. Torjuntaeliön toiminnallisella vasteella (functional response) tarkoitetaan torjuntaeliön käyttäytymisen muutosta suhteessa tuholaisen populaatiotiheyden muutoksiin (Hajek 2004). Toiminnallisesta vasteesta voidaan edelleen erottaa osatekijöitä. Arvioimalla torjuntaeliön kykyä löytää tuholainen, sen etsimiseen, tappamiseen ja uuden saaliin löytämiseen käytettävää aikaa sekä eliön ruokahalua saadaan tietoa sen torjuntatehokkuudesta (Hajek 2004). Numeerinen vaste (numerical response) mittaa

puolestaan torjuntaeliöiden populaatiotiheyden muutoksia tuholaispopulaation tiheyden muuttuessa (Hajek 2004).

Populaation luontainen kasvunopeus (r_m) kertoo populaation kasvunopeuden ihanteellisissa olosuhteissa, jossa rajoittavia tekijöitä ei esiinny (Birch 1948, Sabelis 1985a). Tavallisesti r_m -arvon määrittämiseen tarvittavat parametrit mitataan laboratorio-olosuhteissa, joissa olosuhteet voidaan vakioda (Sabelis 1985a). Populaation luontainen kasvunopeus voidaan määrittää kun tiedetään yksilöiden elämänsykliin liittyviä muuttujia kuten kehitysaika, eloonjäävien jälkeläisten lukumäärä, lisääntymisnopeus ja syntyvien naaraiden lukumäärä (Birch 1948).

Populaation luontaista kasvunopeutta kuvaavan r_m -arvon avulla voidaan verrata luontaisten vihollislajien keskinäistä tehokkuutta torjuntaeliönä. Torjuntaeliön ja tuholaisen r_m -arvoja vertaamalla voidaan myös selvittää onko torjuntaeliö tarpeeksi tehokas lisääntymään suhteessa tuholaiseen ja näin ollen kontrolloimaan tuholaispopulaation kasvua.

2.2.3 Tehokas torjuntaeliö

Erilaiset parametrit luontaisten vihollisten ja saaliin välisistä suhteista ovat hyödyllisiä työkaluja, mutta ne eivät kerro koko totuutta siitä, onko kyseinen eliö sopiva biologisessa torjunnassa käytettäväksi. Mittaukset potentiaalisen torjuntaeliön suoritustehokkuudesta tehdään tavallisesti laboratorio-olosuhteissa. Ympäristössä, jossa luontaista vihollista olisi tarkoitus hyödyntää, on kuitenkin useita muuttujia, jotka voivat vaikuttaa sen suoritukseen torjuntaeliönä. Van Lenteren (1980) listaa kirjallisuuden pohjalta muun muassa seuraavat ominaisuudet hyödyllisiksi torjuntaeliölle, mutta korostaa käytännön kokeilujen ja kokeiden tärkeyttä tehokkaiden torjuntaeliöiden löytämiseksi:

- 1) Yhteneväinen elinkierto tuholaisen kanssa
- 2) Isäntäspesifisyys
- 3) Tehokkuus erilaisissa ympäristöissä
- 4) Lisääntymistehokkuus

- 5) Helppo tuottaa suuria määriä
- 6) Tiheysriippuvaisuus

Edellä mainittujen ominaisuuksien tärkeys riippuu käytössä olevasta biologisen torjunnan strategiasta. Esimerkiksi massalevitykseen perustuvassa strategiassa yhteneväinen elinkierto tuholaisen kanssa ei ole merkityksellinen ominaisuus, koska torjuntaeliön ei odoteta lisääntyvän kohdeympäristössä. Torjuntaeliöiden tehokkuutta ja sopivuutta onkin arvioitava tapauskohtaisesti.

2.3 Taimistoviljely

Taimistoilla kasvatetaan monivuotisten hyöty- ja koristekasvien taimia edelleen istutettaviksi sekä kotitalouksien että ammattilaisten tarpeisiin. Taimitarhojen viljelykasveja ovat perennat eli monivuotiset ruohovartiset kasvit, pensaat ja puut. Hyötykasveista taimitarhoilla viljellään marjakasveja, hedelmäpuita ja yrttejä. Taimia tuotetaan avomaalla pelto- ja astiaviljelyksissä sekä kausi- ja kasvihuoneissa.

Vuonna 2011 Suomessa taimitarhaviljelyä avomaalla harjoitti 153 viljelijää ja taimia viljeltiin yhteensä 444 hehtaarilla (TIKE 2012). Koristepuita kasvatettiin noin puolella kokonaisalasta, kolmanneksella koristepensaita ja loppuala oli jakautunut hedelmä- ja marjakasvien taimien ja perennojen kesken. Hedelmä- ja marjakasveja viljeltiin koko Suomessa yhteensä 44,5 hehtaarilla. Taimitarhaviljely on keskittynyt Uudenmaan ja Hämeen alueelle, jossa sijaitsevat myös suurimmat taimitarhat. Taimitarhojen keskikoko on noin 2,7 ha. (TIKE 2012)

Suomen Euroopan unionin jäsenyyden aikana taimitarhatuotanto on pienentynyt voimakkaasti. Myös taimitarhojen yritys rakenne on muuttunut ja keskisuuret yritykset ovat väistyneet markkinoilta pienten ja suurten yritysten jäädessä jäljelle (MMM 2003).

2.3.1 Omenan taimistoviljely

Tässä luvussa kerrotaan omenan taimien viljelyn pääkohdista Omenan viljelyoppaan mukaan (Kinnanen ym. 2007). Omenan taimia kasvatetaan taimistoilla sekä

ammattimaisen omenanviljelyn että kotipuutarhaviljelyn tarpeisiin. Ammattiviljelyksillä on tavallisesti käytetty taimistoissa kasvatettuja yksivuotisia omenan piiskataimia. Piiskataimet ovat yksivuotiseen perusrunkoon vartettuja jaloversoja (kuva 2). Viime vuosina kaksi vuotta taimistolla kasvaneiden taimien käyttö on yleistynyt myös ammattiviljelyksillä. Kuluttajille vähittäismyyntiin menevät taimet ovat myös kaksivuotisia taimia, joissa on 2–4 sivuversoa sekä vahva latvaverso. (Kinnanen ym. 2007)

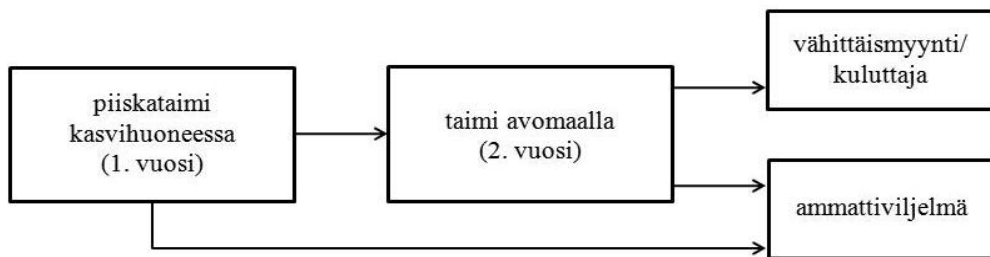


Kuva 2. Omenan piiskataimi keväällä (vas.) ja kaksivuotisia omenan ruukkutaimia avomaalla (oik.)

Omenan taimelle voidaan valita voimakaskasvuinen tai kasvua hillitsevä perusrunko (Kinnanen ym. 2007). Perusrungot ovat ominaisuuksiltaan vaihtelevia ja ne vaikuttavat erityisesti puun kokoon ja talvenkestävyyteen sekä kasvuun vaikuttaviin tekijöihin, kuten ravinteiden ja veden ottoon. Perusrunkoja voidaan lisätä laboratorio-olosuhteissa mikrolisäyksen keinoin, juurenpaloista sekä kantovesa- eli multalisäystekniikalla. Perusrunkoihin vartettaviksi jaloversoiksi valitaan hyvin kasvavia satoisia puita, joiden

hedelmät ja ominaisuudet täyttävät lajikkeelle tunnusomaiset piirteet. (Kinnanen ym. 2007)

Piiskataimet kasvavat ensimmäisen vuotensa muoviseinäisissä kasvihuoneissa kuitukankaan päällä turpeessa tai 3–4 litran ruukuissa (Kinnanen ym. 2007). On tärkeää poistaa jaloverson silmuista kasvavista versoista heikompi ja tukea piiskataimet. Toisena kasvukautena taimet siirretään ulos ruukuissa astiataimikentälle (kuva 2). Niistä poistetaan mahdolliset kukat ja versot 50 cm korkeudelle saakka. Korkeammalla kasvavat versot tuetaan sopivan oksakulman varmistamiseksi. Tuleentuneet taimet kylmävarastoidaan kasvukausien välissä ja jälkeen ja varaston lämpötila pyritään pitämään muutamassa pakkasasteessa (kuva 3). (Kinnanen ym. 2007)



Kuva 3. Omenantaimien viljelyketju

2.3.2 Taimitarhojen tuholaiset

Taimistoviljelyssä kasvintuhoojista ja niiden vioituksesta vapaat kasvit ovat edellytys laadukkaalle tuotannolle. Taimiaineistolaki edellyttää, että markkinoitavien taimien tulee olla käytännöllisesti katsoen vapaita sellaisista kasvintuhoojista, jotka heikentävät niiden laatua tai käyttökelpoisuutta (MMM 1996).

Taimitarhoilla kasvatettavien kasvien lajikirjo on laaja ja sitä myöten myös kasvinsuojeluongelmat ovat moninaiset. Suomessa ei ole tehty varsinaisia tuholaislajistokartoituksia taimitarhoilla, mutta arvellaan, että erityisesti kirvat ja

kehrääjäpunkit aiheuttavat ongelmia (Vänninen ym. 2003). Hedelmä- ja marjakasveilla kehrääjäpunkit ovatkin kenties eniten päänvaivaa aiheuttavia tuholaisia. Kehräjäpunkeista erityisesti vihannespunkin tiedetään vahingoittavan omenan taimia piiskataimien muovihuoneviljelyssä. Myös omenankellastajapunkin esiintyminen omenan taimilla on todennäköistä (Tuovinen, suullinen tieto 2011).

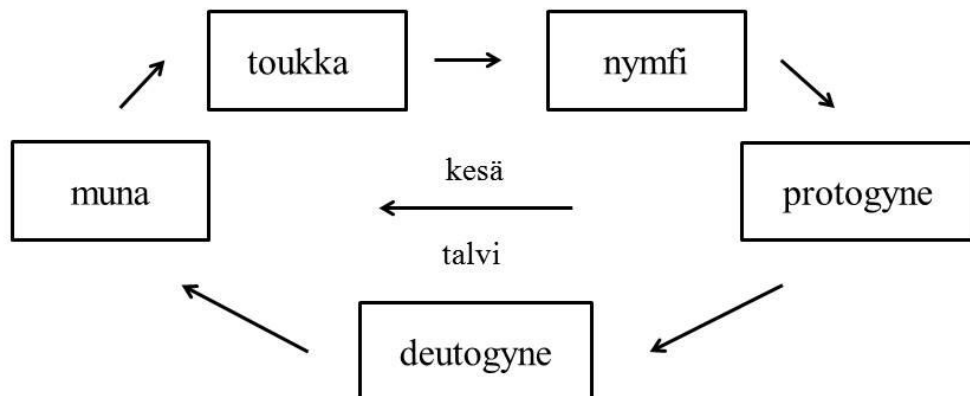
2.4 Tutkimuksessa mukana olleet tuholaispunkit

2.4.1 Omenankellastajapunkki, *Aculus schlechtendali* (Nalepa)

Omenankellastajapunkki kuuluu äkämäpukkien heimoon (*Eriophyidae*). Äkämäpunkkeihin lukeutuu monia maa- ja metsätalouden tuholaisia, mutta tietämys äkämäpukkien taloudellisista haitoista on vielä hataralla pohjalla, sillä äkämäpukkien ja niiden isäntäkasveille aiheuttamia vahinkoja ei ole tutkittu riittävässä mittakaavassa (Duso ym. 2010). Se, että äkämäpunkit ovat mikroskooppisen kokoisia, tekee niiden kasvattamisesta sekä käsittelystä vaikeaa ja tämä onkin osasy syy tutkimusten vähäisyyteen (Duso ym. 2010, Michalska ym. 2010). Äkämäpunkit ovat tavallisesti erikoistuneita tiettyyn isäntään ja niin myös omenankellastajapunkki, joka on nimensä mukaisesti pääasiassa omenan (*Malus* spp.) tuholainen. Laji on yleinen Euroopassa, Pohjois-Amerikassa sekä Australiassa, se kuuluu heimonsa tutkituimpiin lajeihin (Herbert 1974, Duso ym. 2010).

Aikuiset omenankellastajapunkit ovat väriltään kellertävän ruskeita, ruumiltaan pitkulaisia ja noin 0,14–0,18 mm pituisia, riippuen sukupuolesta (Easterbrook 1979). Omenankellastajapunkin munat ovat pyöreitä, läpimitaltaan noin 50 µm ja värittömiä (Herbert 1974, Easterbrook 1979). Omenankellastajapunkit eivät muodosta monen muun heimotoverinsa tapaan äkämää vaan elävät ja ruokailevat irtolaisina isäntäkasvillaan (Easterbrook 1996). Vioituksen seurauksena lehdet kellastuvat. Oireiden perusteella sekä pienen kokonsa vuoksi omenankellastajapunkki saatetaan sekoittaa helposti muihin kasvituhoojiin (Duso ym. 2010).

Omenankellastajapunkilla on neljä kehitysastetta: muna-, toukka-, nymfi-, aikuisasteet (kuva 4) (Manson ja Oldfield 1996). Toukka- ja nymfi-asteiden jälkeen omenankellastajapunkit vaipuvat lepotilaan ennen seuraavaa kehitysastetta (Easterbrook 1979, Manson ja Oldfield 1996). Aikuiset omenankellastajapunkkinaaraat jaetaan protogyneihin ja deutogyneihin (Herbert 1974, Easterbrook 1979). Deutogynet ovat talvehtivia muotoja ja ne eroavat rakenteellisesti protogyneistä (Herbert 1974, Easterbrook 1979).



Kuva 4. Omenankellastajapunkin elinkierto

Naaraat talvehtivat oksien silmusuomujen alla tai kuoren halkeamissa (Tuovinen 1997), joista ne lähtevät liikkeelle silmujen puhjetessa toukokuun alussa (Easterbrook 1979). Talvehtineet deutogynet aloittavat muninnan ruokailtuaan muutaman päivän. Hedelmöittyneistä munista kuoriutuu naaraita (protogyne) ja hedelmöittymättömistä munista uroksia. Kevään mittaan deutogynet kuolevat ja kesällä tavataankin vain protogynejä ja uroksia (Easterbrook 1979). Herbert ym. (1974) totesivat tutkimuksissaan Kanadan Nova Scotiassa kellastajapunkkien ilmaantuvan omenapuiden lehdille toukokuun toisella puoliskolla, jonka jälkeen populaatio kasvoi tasaisesti aina heinäkuun puoleen väliin saakka. Omenankellastajapunkit ovat tehokkaita lisääntymään ja niiden populaatiot kasvavat suuriksi hyvin nopeasti. Onkin tyypillistä, että äkämäpukkien populaatiokehityksessä on nähtävissä selkeä piikki heinä-elokuussa riippuen kasvuympäristöstä (Easterbrook 1979, Spieser ym. 1998). Loppukesästä

deutogynet yleistyvät jälleen (Herbert 1974, Easterbrook 1979) ja siirtyvät Suomen olosuhteissa talvehtimispaikoille elokuun puolivälistä alkaen (Tuovinen 1997).

Easterbrook (1979) selvitti kokeissaan omenankellastajapunkkinaaraiden (protogyne) ja urosten kehitysrytmin kestoa kolmessa eri lämpötilassa (10 °C, 16 °C ja 22 °C) omenalla. Punkkien kehitys oli nopeinta 22 asteessa, jolloin kehitys munasta aikuiseksi kesti noin 9 päivää, lämpötilan laskiessa 16 asteeseen kehitys kesti noin 7 päivää kauemmin (taulukko 1). Matalimmassa lämpötilassa, 10 asteessa, kehitys hidastui huomattavasti ja sukupolven kehitys kesti noin 37 päivää (taulukko 1).

Taulukko 1. Omenankellastajapunkin (*Aculus schlechtendali*) kehityksen kesto kolmessa eri lämpötilassa (10, 16 ja 22 °C) omenalla, suhteellinen kosteus, RH (relative humidity) 60–65 % (Easterbrook 1979).

Kehityksen kesto (pv)	Lämpötila		
	10 °C	16 °C	22 °C
Muna–aikuinen	17,8	8,3	5,2
Muna	18,9	8,0	4,0
Yhteensä:	36,7	16,3	9,2

2.4.2 Omenankellastajapunkin vioitus

Omenankellastajapunkit käyttävät ravinnokseen omenapuun eri osia: kukkia, hedelmiä ja lehtiä. Omenankellastajapunkin aiheuttama näkyvä vioitus ilmenee lehtien kellastumisena, etenkin alapinnalta, käpristymisenä ja ennen aikaisena varisemisena (Jeppson 1975). Koska omenankellastajapunkit pystyvät lävistämään stiletimäisillä suosillaan vain epidermisoluja, vioituksen uskotaan olevan erilaisia kun kehrääjäpunkkien aiheuttaman vioituksen (Duso ym. 2010, Spieser ym. 1998). Kehrääjäpunkit lävistävät epidermin suosillaan ja imevät ravintonsa mesofyllin pylvästylyppysolukosta, jossa pääosa lehden fotosynteesistä tapahtuu (Avery ja Briggs 1968, Campbell ym. 1990). Joidenkin lajikkeiden on todettu olevan herkempiä omenankellastajapunkin vioitukselle kuin toisten (Herbert 1974, Spieser ym. 1998).

Spieser ym. (1998) tutkivat omenankellastajapunkin vioituksen vaikutuksia omenan lehtien kaasunvaihtoon, väriin ja lehtien solukkojen muutoksiin. Tutkimuksissa todettiin, että omenankellastajapunkkipopulaation koolla on selvä yhteys lehtien kellastumisen voimakkuuteen. Lehtien värimuutoksen ja hengityksessä vapautuvan CO₂:n välillä oli selvä yhteys ja omenankellastajapunkin kellastamilla lehdillä soluhengityksen myötä vapautuvan CO₂:n määrä väheni jopa 65 %. Omenankellastajapunkkien vioitus vaurioittaa lehtien alapinnan ilmarakoja, lehden epidermiä ja muita solurakenteita. Vauriot johtavat heikentyneeseen kaasujen vaihtoon sekä vaikuttavat veden ja ravinteiden kulkeutumiseen lehdessä, näin ollen omenankellastajapunkin vioitus vaikuttanee epäsuorasti myös kasvien yhteystämiskykyyn.

Omenankellastajapunkkien määrä yhdellä lehdellä voi olla moninkertainen verrattuna kehrääjäpunkkien määrään (Spieser ym. 1998). Omenankellastajapunkille ei ole määritetty yksiselitteistä kynnyksarvoa ja käsitykset siitä kuinka suureksi omenankellastajapunkkien kanta voi kasvaa ennen kuin ne aiheuttavat vahinkoa tuotannolle vaihtelevat. Easterbrook (1996) toteaa, että 100 punkkia lehdellä ei aiheuttanut vahinkoa hedelmäsadolle. Spieserin ym. (1998) kokeissa alle 400 punkkia/lehti ei vielä aiheuttanut lehtien kellastumista, sen sijaan lehdet joilla punkkeja oli 4000–5000, muuttuivat ruskean kellertäviksi. Duson ym. (2010) mukaan Cross ja Berrie ovat ehdottaneen Englannissa torjunnan kynnyksarvoksi 5 punkkia/lehti, vaikka näin pienet populaatiot eivät muiden kokeissa olekaan aiheuttaneet vahinkoja omenan kehitykselle. Suomessa ohjeelliseksi kynnyksarvoksi omenatarhoille on asetettu ennen silmujen avautumista 50 % esiintyminen kun tarkastetaan 50-100 silmua (Tuovinen 2007a). Viikkoa ennen kukinnan alkamista kynnyksarvo ylittyy kun 80 %:ssa tarkastetuista versolehdistä esiintyy omenankellastajapunkteja (Tuovinen 2007a). Omenan taimet ja nuoret puut ovat herkempiä omenankellastajapunkin vioitukselle kuin täysikasvuiset puut (Easterbrook 1996) ja niinpä täysikasvuille omenapuille säädettyjen kynnyksarvojen soveltaminen omenan taimille on epävarmaa.

2.4.3 Vihannespunkki, *Tetranychus urticae* (Koch)

Vihannespunkki kuuluu yli tuhat lajia kattavaan kehrääjäpukkien heimoon (Tetranychidae). Suuri osa kehrääjäpunkeista on maa-, puutarha- ja metsätaloudelle haitallisia (Bolland ym. 1998). Vihannespunkki on kosmopoliitti laji ja sillä tiedetään olevan yli 150 taloudellisesti tärkeää isäntäkasvia. Erityisen vahingollinen laji se on kasvihuoneissa (Zhang 2003).

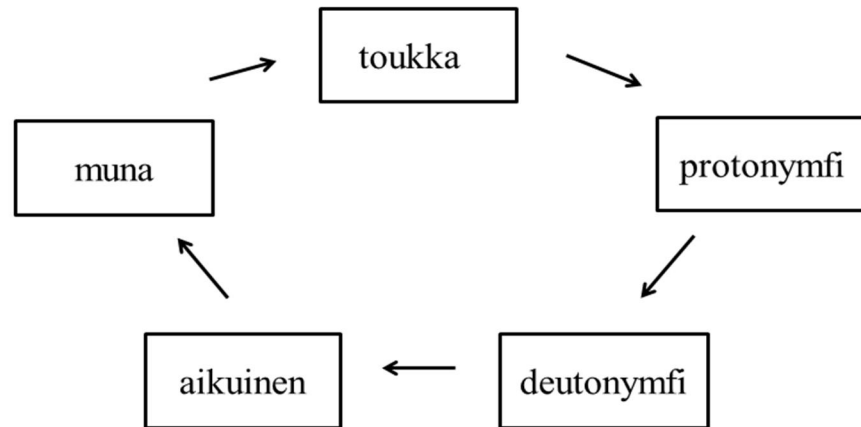
Vihannespunkkinaaraat ovat kooltaan noin 0,4–0,6 mm pituisia. Punkin nuoruusasteet ovat tavallisesti vaalean läpikuultavia, vanhemmiten punkit muuttuvat kellertäviksi mutta ne voivat olla myös ruskean tai punaisen sävyisiä (kuva 5) (Tuovinen 1997, Zhang 2003). Tunnusomaista vihannespunkeille ovat tummat laikut ruumiin selkäpuolella (Zhang 2003).



Kuva 5. Vihannespunkteja (Kuvan julkaisemiseen on saatu lupa J. Holopaiselta)

Vihannespukkien kehitykseen kuuluu viisi vaihetta: muna-, toukka-, proto- ja deutonymfi sekä aikuisasteet (kuva 6). Toukka-asteella punkeilla on vain kolme jalkaparia. Proto- ja deutonymfi ovat aktiivisia, ruokailevia, nuoruusvaiheita, joiden jälkeen punkki ankkuroituu paikoilleen isäntäkasvilla ja luo uuden nahan. Myös punkkien aikuisuus jakautuu kahteen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on aktiivinen ja

sitä seuraa inaktiivinen vaihe, jonka jälkeen punkki on viimein kehittynyt sukukypsäksi aikuiseksi. Koiraat kehittyvät naaraita nopeammin ja ovat valmiina paritteluun, kun sukukypsät naarat luovat nahkansa viimeistä kertaa (Crooker 1985). Vihannespunkkinaaras munii munat ryhmiin isäntäkasvinsa lehtien alapinnalle ja noin kahden viikon mittaisen munintakautensa aikana se voi munia 80–100 munaa olosuhteista riippuen (Zhang 2003).



Kuva 6. Vihannespunkin elinkierto

Vihannespunkit talvehtivat aikuisina naaraina, joiden väritys on selkeästi tummempi ja punertavampi kuin kesällä esiintyvien vihannespunkkien (Veerman 1985). Talvehtivat naarat eivät enää syö eivätkä muni, vaan hakeutuvat suojaisaan talvehtimispaikkaan kuten kasvihuoneiden rakenteisiin, kasvijätteisiin, maahan tai puiden runkojen tarjoamiin suojaisiin paikkoihin (Veerman 1985). Valojakson pituus on ensisijainen lepotilan käynnistäjä, mutta myös lämpötila vaikuttaa lepotilan syntymiseen (Veerman 1985). Kriittiseksi päivän pituudeksi vihannespunkin lepotilan käynnistymiselle on määritetty noin 14 h, tätä lyhyempi päivänpituus käynnistää lepotilaan vaipumisen (Veerman 1985, Veerman 1977). Meillä Suomessa talveen valmistautuminen alkaa varhaisimmillaan elokuussa kun päivät lyhenevät ja lämpötilat alenevat (Tuovinen 2010).

Herbert (1981) määritteli kokeissaan vihannespunkin kehityksen kynnyslämpötilaksi keskimäärin 10 C°, lämpötilakynnys vaihteli kokeissa punkin eri kehitysasteilla välillä

9,10–11,22 °C. Kehitysrytmi nopeutuu lämpötilan noustessa (taulukko 2). Vihannespunkin kehitys munasta aikuiseksi avomaalla Suomen oloissa kestää kolmesta neljään viikkoa (Tuovinen 2010). Lämpötila vaikuttaa vihannespunkkipopulaation luontaiseen kasvunopeuteen (r_m). Kasapin (2004) tutkimuksissa vihannespunkkipopulaation r_m -arvoiksi omenalla mitattiin 0,161, 0,240 ja 0,302 20 °C, 25 °C ja 30 °C lämpötiloissa. Samoissa kokeissa todettiin myös, että omenalajike vaikuttaa erityisesti vihannespunkin lisääntymistehokkuuteen ja näin ollen myös r_m -arvoon. Eri omenalajikkeilla vihannespunkin r_m -arvo vaihteli 0,231–0,243 välillä (Kasap 2004).

Taulukko 2. Vihannespunkin elämänkierron tunnuslukuja omenalla (Golden Delicious) kolmessa eri lämpötilassa (15, 18 ja 20 °C) RH 80 % (Herbert 1981).

Lämpötila	15 °C	18 °C	21 °C
Sukupolven kehityksen kesto (pv)	44,0	23,4	10,9
Populaation kaksinkertaistuminen (pv)	10,0	4,5	1,9
Elinikä (pv)			
Naaraat	26,1	35,5	30,6
Urokset	23,1	28,6	13,8

Kosteusolosuhteilla on suuri rooli vihannespunkin kehitykselle (Crooker 1985). Suhteessa kokoon vihannespunkkien ihon haihtumispinta-ala on suuri. Ilmankosteuden ollessa matala (25–30 %) punkki haihduttaa enemmän kuin ilmankosteuden ollessa korkea (85–90 %) ja säilyttääkseen nestetasapainon sen täytyy myös ruokailla enemmän. Näin ollen se saa runsaammin ravintoaineita ja tästä syystä myös lisääntymis- ja kehitysrytmi voivat nopeutua. (Crooker 1985)

Pääasiassa lehtien alapinnalla elävät vihannespunkit käyttävät ravinnokseen isäntäkasvinsa solunesteitä. Ne lävistävät kasvisolut stiletimäisillä suosillaan ja imevät kasvin solunesteitä aiheuttaen vahinkoa isäntäkasvilleen (Tomczyk ja Kropczynska 1985). Liikkuessaan lehden alapinnalla vihannespunkki erittää hienoa seittiä monen muun kehrääjäpunkin tapaan. Vihannespunkkinaaraiden tiedetään erittävän seittiä erityisesti uusille lehdille siirtyessään ja lehdillä liikkuessaan (Saito 1985). Seitin avulla punkit myös leviävät tuulen mukana uusille isännille. Tämän lisäksi punkit siirtyvät

uusille isännille aktiivisesti kävelemällä tai passiivisesti kasvien, kasvijätteen, työkalujen ja ihmisen välityksellä (Tuovinen 1997, Zhang 2003).

2.4.4 Vihannespunkin vioitus

Vihannespunkin imentävioitus näkyy omenalla ruusukelehtien harmaantumisenä ja lopuksi kellastumisena (Tuovinen 1997). Runsaat vihannespunkkikannat voivat vaikuttaa merkittävästi omenapuiden kasvuun ja kehitykseen (Chapman 1952, Lienk 1956). Punkkien vioitus on nähtävissä omenan verson ja juurien heikentyneenä kasvuna 2–6 viikon viiveellä, tämän lisäksi uusia lehtiä puhkeaa myös vähemmän ja ne ovat pienempiä (Avery ja Briggs 1968). Edellisen vuoden runsas vioitus haittaa lehtien ja kukintojen kehitystä seuraavana kasvukautena (Avery ja Briggs 1968, Briggs ja Avery 1968, Hall ja Ferree 1975).

Punkkien vioitus vaikuttaa negatiivisesti omenan yhteyttämiskykyyn (Chapman 1952, Lienk 1956, Avery ja Briggs 1968, Briggs ja Avery 1968, Campbell ym. 1990). Jo 15 vihannespunkkia/lehti vähensi lehden fotosynteesiä 26 % yhdeksän päivän jälkeen ja vastaavasti 30 vihannespunkkia 30 % ja 60 vihannespunkkia 43 % (Hall ja Ferree 1975). Campbell ym. (1990) totesivat kokeissaan, että omenan lehtien nettofotosynteesi, transpiraatio ja klorofyllin määrä lehdissä väheni lineaarisesti suhteessa lisääntyneisiin punkkipäiviin. Nämä tulokset on saatu tutkittaessa vihannespunkin ja hedelmäpuupunkin vaikutuksia omenan ja persikan lehtiin. Punkkipäivä on kumulatiivinen tapa laskea punkkikannan vahvuus tiettyä aikana: yksi punkki lehdellä kymmenen päivän ajan tai kymmenen punkkia yhden päivän ajan vastaa kymmentä punkkipäivää (Nyrop 1988).

Kasvuolosuhteet vaikuttavat myös punkkien aiheuttamien vahinkojen vakavuuteen. Eri olosuhteissa kasvaneet kasviyksilöt voivat olla ominaisuuksiltaan kestävämpiä tai herkempiä punkkien vioitukselle. Esimerkiksi kasvihuoneissa kasvaneiden omenapuiden lehdet ovat tavallisesti ohuempia kuin ulkona kasvaneiden, ja sen seurauksena herkempiä vioitukselle (Campbell ym. 1990, Mobley ja Marini 1990).

2.5 Biologinen torjunta petopunkkien avulla

Ei tiedetä, mitkä petopunkit soveltuisivat Suomen olosuhteisiin taimistoviljelyyn ja olisivat torjuntateholtan parhaita esimerkiksi juuri kehrääjäpunkkien torjuntaan taimistoilla. Kartoituksen avulla voitaisiin selvittää esiintyykö taimitarhoilla kotimaisia luonnonvaraisia luontaisia vihollisia, joita voitaisiin hyödyntää kaupallisestikin torjuntaeliötuotteina (Vänninen ym. 2003). Toisaalta myös jo tarjolla olevien tuotteiden joukosta voisi löytyä ratkaisu omenan punkkituholaisten torjuntaan taimitarhoilla. Puuvartisten koristekasvien kasvihuoneviljelyssä tuholaisten torjunta tuontieliöiden avulla on tuttua ja niinpä biologinen torjunta petopunkkien avulla omenan taimien muovikasvatuksessa lienee myös mahdollista (Vänninen ym. 2003). Avomaalla biologinen torjunta tuontieliöiden avulla on haasteellisempaa ja edellyttäisi ilmastoomme soveltuvia torjuntaeliöitä (Vänninen ym. 2003).

Tässä luvussa tutustutaan Phytoseiidae- petopunkkeihin ja esitellään kolme petopunkkia jotka ovat potentiaalisia torjuntaeliöitä käytettäväksi biologisessa torjunnassa tai osana integroitua kasvinsuojelua omenan taimitarhakasvatuksessa. Kirjallisuuden perusteella esittelyyn valikoitiin sellaisia lajeja, joista on kokemusta omenan tuholaishämmäskien torjunnassa ja jotka ovat kaupallisesti saatavilla. Tutkimukseen mukaan valittujen petopunkkien ja vihannespunkin populaation luontaisen kasvunopeuden arvot (r_m), joiden perusteella voidaan arvioida petopunkkien tehokkuutta suhteessa saaliiseen, esitellään taulukossa luvun lopussa.

2.5.1 Phytoseiidae -petopunkit

Phytoseiidae- heimoon (Acari) kuuluvat punkit käyttävät ravinnokseen kasveja syöviä punkkeja. Monia Phytoseiidae- lajeja käytetään biologisina torjuntaeliöinä maa- ja puutarhataloudessa (Chant 1985, McMurtry ja Croft 1997). Phytoseiidae -petopunkit ovat tärkeässä roolissa integroidun kasvinsuojelun ohjelmissa (Chant 1985). Heimion edustajia esiintyy kaikkialla maailmassa trooppisista viidakoista arktiselle tundralle ja ne elävät kasvien lehdillä, rungoilla ja maassa (Chant 1985).

Phytoseiidae- heimon petopunkeilla on viisi kehitysastetta: muna-, toukka-, protonymfi- ja deutonymfi- sekä aikuisaste (Sabelis 1985b). Toukka-asteella niillä on kolme jalkaparia, proto- ja deutonymfeillä sekä aikuisilla on neljä jalkaparia (Sabelis 1985b). Aikuiset petopunkit ovat 0,3–0,5 mm pitkiä, naaraat ovat kookkaampia kuin urokset (Sabelis 1985b). Naaraat munivat pariteltuaan soikeita läpikuultavia munia, jotka muuttuvat vähitellen kellertäviksi tai oranssin sävyisiksi (Sabelis 1985b). Phytoseiidae - punkit ovat pitkäikäisempiä kuin niiden saalistamat kehrääjäpunkit (Sabelis 1985b). Useilla phytoseiidae- lajeilla on nopeampi kehitysrytmi kuin vihannespunkilla, joka on kehitysrytmiltään nopeimpia kehrääjäpunkkeja (Sabelis 1985b).

Stenseth (1979) totesi kokeissaan, että korkean lämpötilan (27 °C) ja matalan suhteellisen kosteuden (RH 40 %) yhdistelmä on epäsuotuisa ansaripetopunkeille (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot). Kehrääjäpunkeille vastaavanlaiset olosuhteet ovat puolestaan suotuisat (Crooker 1985).

2.5.2 Mahdolliset petopunkit taimitarhoille

Amblyseius andersoni Chant

Amblyseius andersoni Chant on generalisti, joka on yleinen omenapuilla Euroopassa, Kanadassa ja Aasiassa joka voi hyödyntää ravintonaan kehrääjäpunkkeja, äkämäpunkkeja, ripsiäisiä, siitepölyä ja sieni-itiöitä (McMurtry ja Croft 1997, Koveos ja Broufas 2000). Hollannissa *A. andersonia* on kokeiltu lupaavin tuloksin puiden taimitarhakasvatuksessa mm. kehrääjä- ja äkämäpunkkien torjuntaan (van der Linden 2005). Tsolakis ja Chiara (1994) määrittivät *A. andersonin* r_m -arvoksi 0,178 kun ravintona käytettiin vihannespunkkia (taulukko 3).

Neoseiulus barkeri (Hughes)

Neoseiulus barkeri (Hughes) voi käyttää ravintonaan monia eri punkkilajeja, pieniä niveljalkaisia ja siitepölyä (Xia 2012). Xia (2012) määrittä *N. barkerin* r_m -arvoksi 0,136 24 °C kun ravintona käytettiin *Aleuroglyphus ovatus* -punkkia (taulukko 3). *N. barkeri* on yleisesti käytössä biologisena torjuntaeliönä kasvihuoneissa ja hedelmätarhoilla

kehrääjäpukkien torjunnassa (Xia 2012) ja sen on osoitettu soveltuvan avomaalla mansikkapunkin (*Phytonemus pallidus*) biologiseen torjuntaan Suomen olosuhteissa (Tuovinen ym. 2009).

AnsariPETOPUNKKI, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot

AnsariPETOPUNKKI on tunnetusti tehokas vihannespunkin saalistaja. AnsariPETOPUNKKI aivan kuten monet muutkin *Phytoseiulus* – sukuun kuuluvat lajit ovat erikoistuneet käyttämään ravintonaan kehrääjäpukkeja, jotka erittävät tiheitä, monimutkaisia ja epäsäännöllisiä seittirakenteita isäntäkasvinsa lehdille (McMurtry ja Croft 1997). AnsariPETOPUNKKEJA käytetään vihannespunkin torjuntaan erityisesti kasvihuoneissa, mutta niiden tiedetään selviytyvän ja säilyvän myös omenapuilla vihannespunkin läsnä ollessa (Steinberg ja Cohen 1992). Tuovinen (1993) kuitenkin arvelee, ettei ansariPETOPUNKKI sovellu Suomen ilmastoon. Takafuji ja Chant (1976) määrittivät ansariPETOPUNKIN populaation luontaiseksi kasvunopeudeksi 0,317 25 °C kun ravintona oli *Tetranychus pacificus* (taulukko 3). Optimaaliset olosuhteet ansariPETOPUNKILLE on yli 75 % RH ja yli 20 °C lämpötila (Van Lenteren ym. 1997, Van Lenteren 2003).

Taulukko 3. Phytoseiidae- petopunkkien suosima kasvityyppi (McMurtry ja Croft 1997) sekä eri kirjallisuuslähteistä peräisin olevat petopunkkien ja vihannespunkin r_m -arvot (lämpötila, petopunkin ravinto).

<i>Phytoseiidae- petopunkit</i>	Ravinto	Kasvityyppi	r_m - arvo
<i>Amblyseius andersoni</i>	Tetranychidae, Eriophyidae (Duso 1991)	Puut	0,178 (25 °C, <i>T. urticae</i>) (Tsolakis ja Chiara 1994)
<i>Neoseiulus barkeri</i>	<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>T. urticae</i> (Van Lenteren 2003)	Kasvihuoneet	0,136 (24 °C, <i>A. ovatus</i>) (Xia 2012)
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>T. urticae</i> , <i>T. cinnabarinus</i> (Van Lenteren ym. 1997)	Matalat kasvit, kasvihuoneet	0,317 (25 °C, <i>T. pasificus</i>) (Takafuji ja Chant 1976)
<i>Tuholaiset</i>			
<i>Tetranychus urticae</i>		Ruohovartiset, puut, pensaat, kasvihuoneet	0,231–0,243 (25 °C, omena, eri lajikkeet) (Kasap 2004)
<i>Aculus schlechtendali</i>		Puut	–

2.6 Punkkien kemiallinen torjunta

Tuholaisten torjunta-aineet voidaan jaotella kemiallisten ominaisuuksien, toimintatapojen sekä käyttökohteen perusteella erilaisiin ryhmiin. Useiden torjunta-aineiden vaikutus perustuu tuhoeliön hermoston toimintojen häiritsemiseen, toiset vaikuttavat tuholaisen aineenvaihduntaan tai kasvuun ja kehitykseen (Copping ja Hewitt 1997). Joidenkin torjunta-aineiden toimintatapa on tuntematon (Copping ja Hewitt 1997). Torjunta-aineet voivat olla laaja-alaisia, jolloin niiden tehoaine vaikuttaa useisiin eri tuhoeliöihin tai selektiivisiä, jolloin ne tehoavat vain tiettyihin tuhoeliöihin esimerkiksi ainoastaan punkkeihin. Myös vaikutustavoissa on eroja: torjunta-aineet voivat vaikuttaa kosketuksen välityksellä tai systeemisesti. Kasvi ottaa systeemiset torjunta-aineet sisäänsä ja näin tuhoeliö altistuu valmisteelle kasvin kautta. Hyönteiset

ja punkit voivat kehittyä resistentiksi torjunta-aineita kohtaan. Resistenssimekanismityypit voidaan jaotella käyttäytymisen muutoksiin, ihon alentuneeseen läpäisevyyteen liittyviin muutoksiin, aineen entsyymaattiseen hajottamiseen eliön elimistössä tai tehoaineen vaikutuskohdan muutoksiin, jolloin torjunta-ainemolekyylit ei enää sitoudu vaikutuskohtaan tuholaisessa (Vänninen 2006).

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) julkaisee vuosittain luettelon rekisterissä olevista kasvinsuojeluaineista. Luettelosta käy ilmi muun muassa valmisteen nimi, tehoaine ja sen pitoisuus, valmisteen käyttötarkoitus sekä terveys- ja ympäristöluokitus. Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi tutkimuksessa mukana olleiden viljelijöiden käyttämien torjunta-aineiden tehoaineiden vaikutustavat sekä muita ominaisuuksia.

Abamektiini (Vertimec 018 EC)

Abamektiini on Vertimec 018 EC -tuotenimellä markkinoitavan torjunta-aineen tehoaine (Tukes 2012). Abamektiini tehoaa punkkeihin, hyönteisiin ja sukkulamatoihin (DAAS 2012). Vertimecin käyttötarkoituksiin on kirjattu mansikkapunkin torjunta, sekä punkkien, ripsiäisten ja lehtimiinaajien torjunta koristekasveilta kasvihuoneessa (Tukes 2012). Vertimec vaikuttaa tuholaisiin kosketuksen ja suoliston kautta lamaannuttaen ne välittömästi, jonka jälkeen ne kuolevat (Tukes 2012). Torjunta-aineen maksimiteho saavutetaan 3–5 päivää käsittelyn jälkeen (Tukes 2012). Abamektiini kuuluu avermektiinien ryhmään joiden teho perustuu hermosolujen ionikanavien toiminnan häiritsemiseen (Copping ja Hewitt 1997, Wood 2012). Tuote on haitallinen hyötyeliöille noin kahden viikon ajan levityksen jälkeen (Tukes 2012, Koppert 2013).

Lambda-syhalotriini (Karate 2,5 WG)

Karate 2,5 WG:n tehoaine lambda-syhalotriini kuuluu synteettisten pyretroidien ryhmään (Copping ja Hewitt 1997). Pyretroidit sitoutuvat hyönteisten natriumkanaviin pidentäen niiden aukioloa ja aiheuttaen näin tuholaisen lamaantumisen ja kuoleman (Copping ja Hewitt 1997). Karate-valmistetta käytetään monien hyönteislajien torjuntaan usealla viljelykasvilla niin kasvihuoneissa kun avomaallakin, ja valmistetehoaa myös punkkeihin (Tukes 2012). Kosketuksen ja suoliston kautta vaikuttava

Karate on nopea ja pitkävaikutteinen torjunta-aine, joka on erittäin haitallinen hyötyeliöille 8–12 viikon ajan levityksen jälkeen (Tukes 2012, Koppert 2013).

Heksytiatsoksi (Nissorun)

Punkkien torjuntaan tarkoitetun Nissorunin tehoaine on heksytiatsoksi (Tukes 2012). Nissorun on tarkoitettu vihannespunkin torjuntaan kasvihuoneissa ja avomaalla useille kasvilajeilla sekä hedelmäpuupunkin torjuntaan hedelmätarhoilla (Tukes 2012). Nissorunin käyttöä on rajoitettu ja resistenttien kantojen kehittymisen estämiseksi, tämän vuoksi marjakasvit ja hedelmäpuut saa käsitellä sillä vain kerran kasvukaudessa (Tukes 2012). Kosketus- ja syömävaikutteinen heksytiatsoksi vaikuttaa punkkien kehitykseen tuntemattomalla tavalla (DAAS 2012). Se estää munien ja nuoruusasteiden kehityksen, mutta ei vaikuta aikuisiin punkkeihin (Tukes 2012). Heksytiatsoksille altistuneiden naaraiden munat eivät kuoriudu ja aineen lopullinen teho tulee esille vasta muutaman viikon kuluttua käsittelystä (Tukes 2012). Kyseisen torjunta-aineen haittavaikutukset hyötyeliöille ovat vähäiset ja valmiste soveltuu integroidun kasvinsuojelun ohjelmiin (Tukes 2012).

Bifenatsaatti (Floramite 240 XC)

Floramite 240 SC:n tehoaine on bifenatsaatti, joka vaikuttaa tuholaisen hermostoon (Tukes 2012, DAAS 2012). Floramiten käyttötarkoitus on punkkien torjunta taimitarhoilla, mansikalla ja koristekasveilla kasvihuoneissa ja avomaalla sekä kurkulla ja tomaatilla kasvihuoneissa (Tukes 2012). Kosketusvaikutteinen Floramite tehoaa punkkien muniin ja liikkuviin kehitysasteisiin. Torjunta-aineresistentin kehittymisen estämiseksi valmistetta saa käyttää vain 2 kertaa kasvukaudessa. Floramite sopii integroidun kasvinsuojelun ohjelmiin ja se on haitaton useille hyötyeliöille. Bifenatsaatti on kuitenkin haitallinen aikuisille ansaripetopunkeille noin viikon ajan levityksen jälkeen (Tukes 2012, Koppert 2013).

Tiaklopridi (Calypso SC 480)

Neonikotenoidien ryhmään kuuluva tiaklopridi on tehoaine Calypso SC 480-valmisteessa. Tiakloripi on sekä kosketusvaikutteinen, että systeemisesti vaikuttava tehoaine, joka estää asetyylikoliinireseptoreiden toiminnan hermosolujen synapseissa (Tukes 2012, DAAS 2012). Calypso on tarkoitettu hyönteisten torjuntaan marja- ja hedelmäkasveilta ja se on haitallista hyötyniveljalkaisille. Ansaripetopunkit ovat herkkiä tiaklopridille, mutta esimerkiksi *Amblyseius*- sukuisille petopunkeille aine on haitatonta (Koppert 2013). Neonikotenoidien ryhmään kuuluvan imidaklopridin on todettu kiihdyttävän joidenkin vihannespunkkikantojen lisääntymistä (James ja Price 2002, Ako ym. 2004, Ako ym. 2006).

Dimettoaatti (Roxion)

Dimettoaatti on torjunta-aine joka kuuluu organofosfaattien ryhmään. Organofosfaatit inhiboivat hermosolujen välittäjäaineena toimivan asetyylikoliinin toimintaa ja estävät hermoimpulssien kulun (Copping ja Hewitt 1997). Roxion on tarkoitettu monien tuhohyönteisten torjuntaan avomaalla ja se säilyy myrkyllisenä hyödyllisille niveljalkaisille 8–12 viikkoa käsittelyn jälkeen (Tukes 2012, Koppert 2013). Dimettoaattia voidaan käyttää myös punkkien torjunta-aineena.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää voiko taimitarhoilla hyödyntää petopunkkeja biologisina torjuntaeliöinä. Tutkimuksessa keskitytään omenan taimilla esiintyvien punkkituholaisten, vihannespunkin ja omenankellastajapunkin, biologiseen torjuntaan. Tutkimuksessa saadaan tietoa myös edellä mainittujen punkkien esiintymisestä omenan taimitarhaviiljelyssä. Tutkimustuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää kasviryhmäkohtaisten integroidun torjunnan ohjeiden kehittämistyössä.

Seuraamalla vihannespunkin ja omenankellastajapunkin populaatiokehitystä omenantaimilla muovihuoneessa ja avomaalla on tarkoitus selvittää pystyvätkö koealueelle levitetyt petopunkit hillitsemään tuholaishäädien populaatiokasvua. Verranteena petopunkkien avulla suoritettulle biologiselle torjunnalle kokeissa seurataan tuholaishäädien populaatiokehitystä myös kemiallisen kasvinsuojelun alueella.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koepaikat

Koepaikat valikoitiin Taimistoviljelijät Ry:n toiminnanjohtajan Jyri Uimosen toimesta ottaen huomioon viljelijän kiinnostus koetoimintaa kohtaan, taimiston kasvivalikoima ja sijainti. Kevättalvella koepaikoiksi valikoituneiden taimitarhojen viljelijöille tehtiin kasvinsuojelun tilannekartoitus, jonka pohjalta saatiin tietoa yrityksen kasvinsuojelun peruskäytännöistä. Kartoituksen pohjana käytettiin Agropolis Oy:n ja MTT:n INTO -projektin kyselylomaketta, jonka sisältöä muokattiin taimitarhaviiljelyyn sopivammaksi (liite 1). INTO -projekti keskittyi edistämään kukkaviiljelmien siirtymistä kemiallisesta kasvinsuojelusta integroituun torjuntaan.

4.1.1 Muovihuone

Taimisto, jossa kokeita tehtiin muovihuoneessa, sijaitsee Kanta-Hämeessä. Kokeita tehtiin muoviseinäisessä kasvihuoneessa, joka oli leveydeltään 10 m ja pituudeltaan 40 m, muovihuoneen keskellä kulki noin metrin levyinen paljas maakäytävä, jonka

molemmin puolin taimet oli sijoitettu (kuva 7). Kausihuoneessa oli yhteensä noin 15 000 keväällä 2011 perusrunkoon vartettua omenan tainta, useita eri lajikkeita. Taimet kasvoivat 3 litran muoviruukuissa ja ne kasteltiin ylhäältäpäin sprinklerin avulla, kunnes 13.6.2011 ruukkuriveihin asennettiin tippukasteluletkut. Taimiruukut olivat katekankaan päällä. Kausihuoneessa seurattiin lämpötilaa ja kosteusolosuhteita toukokuun alusta elokuun loppuun DATA LOGGER -tallentimella, joka teki mittauksia kerran tunnissa.



Kuva 7. Muovihuone sisältä 30.5.2011. Kuvaan on merkitty punaisella viivalla osa biologisen torjunnan alueen näytteenottoruuduista. Tarkempi koeruudutus on esitetty liitteessä 2.

Biologisen torjunnan koalueeksi muovihuoneen toisesta päästä rajattiin noin 14 m pituinen alue, jossa kasvustossa esiintyneiden punkkien biologiseen torjuntaan käytettiin petopunkkeja. Muualla kausihuoneessa viljelijä vastasi kasvinsuojelutoimenpiteistä ohjeistuksen mukaan (liite 4), lukuun ottamatta muutaman metrin levyistä suojavyöhykettä biologisen ja kemiallisen käsittelyn välissä.

Koalueet ruudutettiin molempien käsittelyiden alueelta näytteenoton satunnaistamisen helpottamiseksi. Molemmille koalueille määritettiin 24 ruutua, 12 käytävän molemmin puolin, näistä ruuduista satunnaistettiin 10 näytteenottoruutua, 5 käytävän molemmin puolin (kuva 7). Ruudut olivat noin 2 m pituisia ja levyisiä ja yhdessä ruudussa oli yhteensä 80 omenan tainta. Yhdellä neliömetrillä oli siis noin 20 omenan tainta (liite 2).

4.1.2 Avomaa

Avomaan kokeet toteutettiin toisella taimistolla, joka sijaitsi myös Kanta-Hämeessä noin 20 km etäisyydellä edellä kuvatusista ensimmäisistä taimistosta. Koalueena oli avomaalla sijaitseva astiataimikenttä, joka oli leveydeltään 15 m ja pituudeltaan 40 m. Kaksivuotiaat omenan taimet oli sijoiteltu riveihin siten, että kaksi taimiriviä oli lähekkäin saman tuen varassa ja seuraava kaksoisrivi oli noin puolen metrin päässä (kuva 8). Alueella oli monia eri lajikkeita: Pirja, Huvitus, Jätti Melba, Punainen Melba, Sävästä Holm, Valkea Kuulas, Heta ja Anton Ovika.



Kuva 8. Avomaan astiataimikenttä 30.5.2011. Yksi koeruuduista on merkitty kuvaan punaisella viivalla. Tarkempi kartta avomaan koekentän näytteenottoruuduista liitteessä 3.

Biologisen torjunnan kokeet toteutettiin 12 m pitkällä alueella astiataimikentällä. Muulla alueella viljelijä suoritti kemialliset kasvinsuojelutoimenpiteet itse ohjeistuksen mukaisesti, lukuun ottamatta muutaman metrin levyistä suojavajöhykettä biologisen ja kemiallisen käsittelyn välissä (liite 4).

Biologisen ja kemiallisen torjunnan koealueet ruudutettiin niin, että molemmilla alueilla oli 24 ruutua, jotka olivat leveydeltään noin 2,5 m ja pituudeltaan noin 3,8 m. Näistä 24 ruudusta satunnaistettiin 10 ruutu näytteenottoruuduiksi (liite 3). Yhdellä ruudulla oli 48 omenan ruukkutaimea, jotka olivat katekankaan päällä (kuva 8). Neliometrillä oli yhteensä siis noin 5 omenan tainta. Astiataimikentällä seurattiin lämpötilaa ja kosteutta toukokuun alusta syyskuun loppuun DATA LOGGER -tallentimella.

4.2 Biologinen torjunta ja kemiallinen kasvinsuojelu

4.2.1 Petopunkit

Kokeissa käytetyt petopunkit, ansaripetopunkki ja *N. barkeri*, hankittiin kotimaiselta kasvattajalta. *N. barkeri* -petopunkit toimitettiin 15 000 kappaleen erissä 1 litran sylintereissä jossa oli kantoaineena vermikuliitin ja leseiden seosta. Ansaripetopunkit toimitettiin 2000 kappaleen erissä 250 ml pulloissa, jossa kantoaineena oli käytetty vermikuliittia. Petopunkkeja levitettiin suuria määriä ja on mahdollista, että pedot olisivat lisääntyneet kasvustossa ja käytetyn strategian voidaan sanoa olleen lisäävän biologisen torjunnan massa- ja ympyilevitysstrategian yhdistelmä. Petopunkit levitettiin ripottelemalla haluttua punkkimäärää vastaava tilavuus kantoaineen ja petopunkkien seosta kasvustoon (taulukko 4 ja 5).

Alun perin kokeissa oli tarkoitus käyttää *A. andersoni* -petopunkkeja omenankellastajapunkin torjumiseksi, mutta maahantuojan kautta ulkomailta tilatut petopunkit eivät olleet elinvoimaisia enää Suomeen saapuessaan. Koska, *N. barkerin* tai ansaripetopunkki eivät käytä ravinnokseen omenankellastajapunkkeja, petopunkkien avulla tyydyttiin torjumaan vain vihannespunkkeja.

4.2.2 Muovihuone

Muovihuoneessa vihannespunkin ennakkotorjuntaan kokeiltiin *N. barkeri* -petopunkkeja ja myöhemmin kasvustoon levitettiin myös ansaripetopunkkeja. *N. barkereiden* levitys aloitettiin kesäkuun alussa ja ansaripetopunkkien heinäkuun puolessa välissä (taulukko 4). Viljelijä teki kasvukauden aikana yhteensä 4 kasvinsuojeluruiskutusta (taulukko 4). Heinäkuun alussa vihannespunkkien lukumäärä kasvoi niin suureksi, että myös biologisen torjunnan koealueella päätettiin suorittaa 13.7. kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus. Ansaripetopunkkien levitys aloitettiin vasta tämän jälkeen.

Taulukko 4. Petopunkkien levitysajankohdat ja -määrät, kasvinsuojelutoimenpiteet ja näytteenottoaikataulu muovihuoneessa.

	Näytteenotto	<i>N. barkeri</i>	Ansaripetopunkki	Kasvinsuojelu
toukokuu				
28.5.				Vertimec, Karate
30.5.	1			
kesäkuu				
10.6.		156 kpl/m ²		
13.6.	2			
16.6.				Nissorun, Karate
27.6.	3			
29.6.		156 kpl/m ²		
heinäkuu				
11.7.	4			
13.7.				Floramite, Calypso*
14.7.		156 kpl/m ²	20 kpl/m ²	
20.7.				
25.7.	5	156 kpl/m ²	20 kpl/m ²	
27.7.				
elokuu				
10.8.	6	156 kpl/m ²	20 kpl/m ²	
12.8.				Vertimec, Roxion
22.8.	7			

* Kasvinsuojeluaineet levitettiin kemiallisen ja biologisen torjunnan koealueille.

4.2.3 Avomaa

Avomaalla biologisen torjunnan alueelle levitettiin vain *N. barkeri* -petopunkkeja vihannespunkin torjumiseksi. Petopunkkilevitykset ja kemialliset kasvinsuojelutoimenpiteet aloitettiin avomaalla kesäkuussa (taulukko 5). Petopunkkien levitysmäärät olivat avomaalla pienempiä kuin muovihuoneessa, koska avomaalla taimia oli vähemmän pinta-alayksikköä kohden. Molemmilla koealueilla suoritettiin kemiallinen kasvinsuojeluiskutus 22.7., jonka jälkeen petopunkkeja ei enää levitetty.

Taulukko 5. Petopunkkien levitysjankohdat ja -määrät, kasvinsuojelutoimenpiteet sekä näytteenottoaikataulu avomaalla.

	Näytteenotto	<i>N. barkeri</i>	Kasvinsuojelu
toukokuu			
30.5.	1		
kesäkuu			
10.6.		85 kpl/m ²	Vertimec, Roxion
13.6.	2		
27.6.	3		
29.6.		85 kpl/m ²	
heinäkuu			
1.7.			Carate
11.7.	4		
13.7.		85 kpl/m ²	
22.7.			Vertimec, Roxion*
25.7.	5		
elokuu			
10.8.	6		
12.8.			
22.8.	7		

* Kasvinsuojeluaineet levitettiin kemiallisen ja biologisen torjunnan koealueille.

4.3 Näytteenotto ja näytteiden käsittely

Vihannespunkki- ja omenankellastajapunkkikantojen vahvuuden selvittämiseksi taimilta kerättiin lehtinäytteitä. Samoista lehtinäytteistä pyrittiin myös seuraamaan levitettyjen

petopunkkien esiintymistä taimikasvustossa. Jokaiselta näytteenottoruudulta kerättiin yhteensä 20 lehteä satunnaisesti eri kasveilta punkkien ja petopunkkien määrän laskemiseksi. Molemmilla koepaikoilla biologisen ja kemiallisen torjunnan alueilta kerättiin siis yhteensä 200 lehteä, yhdellä näytteenottokerralla lehtiä kertyi 400 kappaletta. So (1991) totesi selvittäessään näytteenottosuunnitelmaa vihannespunkille ruusulla, että tulokset ovat tarkempia kuin näytteet otetaan usealta kasvilta yhden sijaan. Vihannespunkit esiintyvät kasvustoissa tavallisesti pesäkkeinä ja näytteiden määrän tulee olla kohtalaisen runsas, jotta saataisiin kattava kuva kasvustossa esiintyvistä vihannespunkkipopulaatiosta (So 1991).

Näytteet otettiin aina ensin kemiallisen torjunnan koealueelta, jotta biologisen torjunnan koealueelle levitetyt petopunkit eivät pääsisi leviämään alueelta toiselle. Lehdet kerättiin 0,5 litran Minigrip-pusseihin ja pussit pakattiin styrox-muoviseen kylmälaukkuun, joka viilennettiin kylmäpatruunoiden avulla. Kylmälaukusta näytteet siirrettiin jääkaappiin odottamaan punkkien laskemista. Näytteenotto aloitettiin toukokuun lopulla kun muovihuoneessa ja avomaalla kasvaneissa taimissa oli riittävästi lehtiä ja sitä jatkettiin aina elokuun loppuun noin kahden viikon välein (taulukko 4 ja 5).

4.3.1 Lehtien mikroskooppitarkastelu

Mikroskooppitarkastelussa laskettujen vihannespunkkien perusteella tehtiin päätökset kemiallisesta kasvinsuojelusta. Torjuntapäätöksiä tehtäessä sovellettiin Agnellon ym. (1991) näytteenottokaaviota, jossa torjunnan kynnsarvona käytetään 2,5 punkkia/lehti (liite 5). Koska vihannespunkteja ei kuitenkaan laskettu koko lehdeltä vaan huomattavasti pienemmältä alueelta ajateltiin, että jo yksikin vihannespunkki ikkunan alueella useammalla lehdellä johtaa torjuntapäätöksen tekemiseen.

Lehtien mikroskooppitarkastelu tehtiin viimeistään seuraavana päivänä lehtien keräyksestä. Jokaiselta näytteenottoruudulta tarkastettiin mikroskoopin alla viisi lehteä 1,5 cm x 1,5 cm kokoisen ”ikkunan” alueelta, lehtiruodin vierestä (Tuovinen ym. 2002). Molempien käsittelyjen alueilta tarkastettiin siis 50 lehteä. Ikkunan alueella olleet vihannespunkit, omenankellastajapunkit sekä mahdolliset petopunkit laskettiin ja havainnot kirjattiin ylös havaintolomakkeeseen (liite 6). Tämän niin kutsutun

”ikkunametodin” avulla saatiin alustavaa tietoa siitä millainen tilanne punkkien suhteen kasvustossa vallitsee, mutta vähäiset punkkimäärät jäävät kuitenkin usein huomaamatta (Tuovinen ym. 2002).

4.3.2 Pesunäytteet

Lehtinäytteiden pesu punkkien erottamiseksi lehdiltä ja punkkien kokonaismäärän laskemiseksi suoritettiin 1–3 päivän kuluttua näytteiden ottamisesta. Lehdet laitettiin ämpäriin ja peitettiin lämpimällä vedellä (n. 60 °C), johon sekoitettiin muutama tippa Taski Profi F 2 A -pesuainetta. Lehtiä liotettiin vedessä yön yli, jonka jälkeen vesi ja lehdet siivilöitiin ensin 1,5 mm ja sitten 0,0015 mm siivilän läpi. Tiheämpään siivilään kerääntynyt sakka huuhdeltiin 500 ml dekantterilasiin 70 % etanolilla nokkapullon avulla ja seos kaadettiin tilavuudeltaan 25 ml pulloihin odottamaan punkkien laskemista mikroskoopin avulla. (Tuovinen 2010). Kuvia työvälineistä on esitetty liitteessä 7.

Koska sakka, jossa punkit ja muutkin niveljalkaiset olivat, laskeutui pohjaan, pulloista voitiin kaataa hieman ylimääräistä nestettä pois ennen punkkien laskemista. Pesunäyteliuoksesta laskettiin näytteen kokonaispunkkimäärä ruudutetun ankeroislasin avulla (liite 7, kuva 2), ruutu kerrallaan kappalelaskurilla ja määrät kirjattiin ylös havaintolomakkeeseen (liite 6). Heinäkuussa omenankellastajapunkkien lukumäärä nousi hyvin suureksi ja laskeminen kävi mahdottomaksi, joten ruutulasia käytettiin vain vihannespunkkien, petopunkkien ja mahdollisten muiden isompien eliöiden tarkasteluun.

Omenankellastajapunkkien runsastuessa määrän arvioimiseen sovellettiin (Tuovinen ym. 2002) kuvailemaan metodia. Näytteiden tilavuudeksi säädettiin 20 ml eli, jos pullossa oli vähemmän kuin 20 ml liuosta siihen lisättiin 70 % etanolia, jos enemmän pullosta kaadettiin liuosta pois, varoen liikuttamasta pohjalla olevaa sakkaa. Tämän jälkeen pulloa ravistettiin voimakkaasti ja liuoksesta pipetoitiin Finnpietillä 0,02 ml ELISA-lasin kuoppiin 25 kertaa, eli näytettä pipetoitiin lasille yhteensä 0,5 ml. Jokaisesta kuopasta laskettiin omenankellastajapunkkien ja mahdollisten muiden punkkien lukumäärä kappalelaskuria käyttäen. Laskettu lukumäärä kerrottiin 40, jolloin tulokseksi saatiin omenankellastajapunkkien kokonaismäärä 20 ml:ssa näytettä. Tämän

toimenpiteen jälkeen jäljelle jääneestä näytteestä laskettiin vielä muiden punkkien lukumäärä ruutulasin avulla. (Tuovinen ym. 2002)

4.4 Aineiston analysointi

Pesunäytteistä lasketuista vihannespunkki- ja omenankellastajapunkkimääristä laskettiin näytteenottoruutukohtaiset (n=10) keskiarvot punkkien lukumäärästä yhdellä lehdellä (n=20) ja edelleen käsittelykohtainen keski-arvo ja keskihajonta (n=10) näytteenottopäivittäin. Aineisto analysointiin PASW 18.0 tilasto-ohjelmalla. Punkkien kokonaismäärille eri käsittelyissä tehtiin parametrinen loglineaarinen Poisson-malli robustilla kovarianssimatriisilla. Tämän lisäksi tehtiin ei-parametrinen Mann-Whitneyn U-testi. Aineisto analysoitiin näytteenottopäiväkohtaisesti.

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään kokeiden tulokset koepaikkakohtaisesti. Ennen varsinaisiin tuloksiin siirtymistä esitellään taimitarhojen viljelijöille tehtyjen kasvinsuojelun tilannekartoitusten antia muutamalla lauseella. Muovihuoneen ja avomaan tuloksia käydään läpi esittelemällä ensin koepaikkojen lämpötila- ja kosteusolosuhteita, sitten biologisen torjunnan ja kemiallisen kasvinsuojelun vaikutuksia vihannespunkkiin ja omenakellastajapunkkiin muovihuoneessa ja avomaalla.

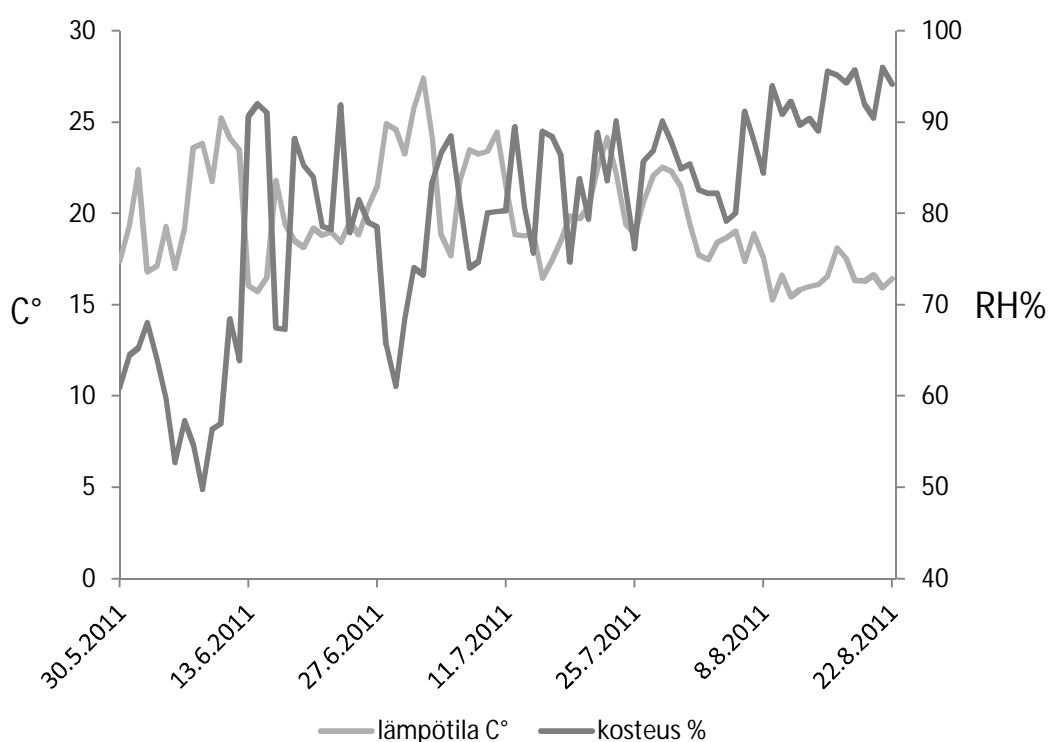
5.1 Kasvinsuojelu taimitarhoilla

Kasvinsuojelun tilannekartoituksen pohjalta selvisi, että mukana olleiden taimitarhojen kasvinsuojelu nojaa pääosin kemiallisiin torjunta-aineisiin. Viljelijät kertoivat tekevänsä torjunta-aineruiskutukset kokemuspohjalta eikä tarkkailua juurikaan käytetä hyväksi kasvinsuojeluun liittyviä päätöksiä tehtäessä. Tehdyistä kasvinsuojelutoimenpiteistä ei vastausten mukaan pidetty kirjaa. Kyselyn perusteella selvisi myös, että torjunta-aineita vuorotellaan jonkin verran, jotta niiden teho säilyisi. Kokeissa mukana olleet viljelijät kokivat, että vaihtoehdot kemialliselle torjunnalle ovat tervetulleita erityisesti käyttäjän ja ympäristön terveyden kannalta.

5.2 Muovihuone

5.2.1 Lämpötila- ja kosteusolosuhteet muovihuoneessa

Päivän keskilämpötila vaihteli muovihuoneessa välillä 15–27,5 C° ja suhteellinen ilmankosteus välillä 50–96 % (kuva 9). Koejakson aikana tunneittain mitattu lämpötila vaihteli 7,5–36,5 C° ja suhteellinen kosteus 21–99 % välillä.



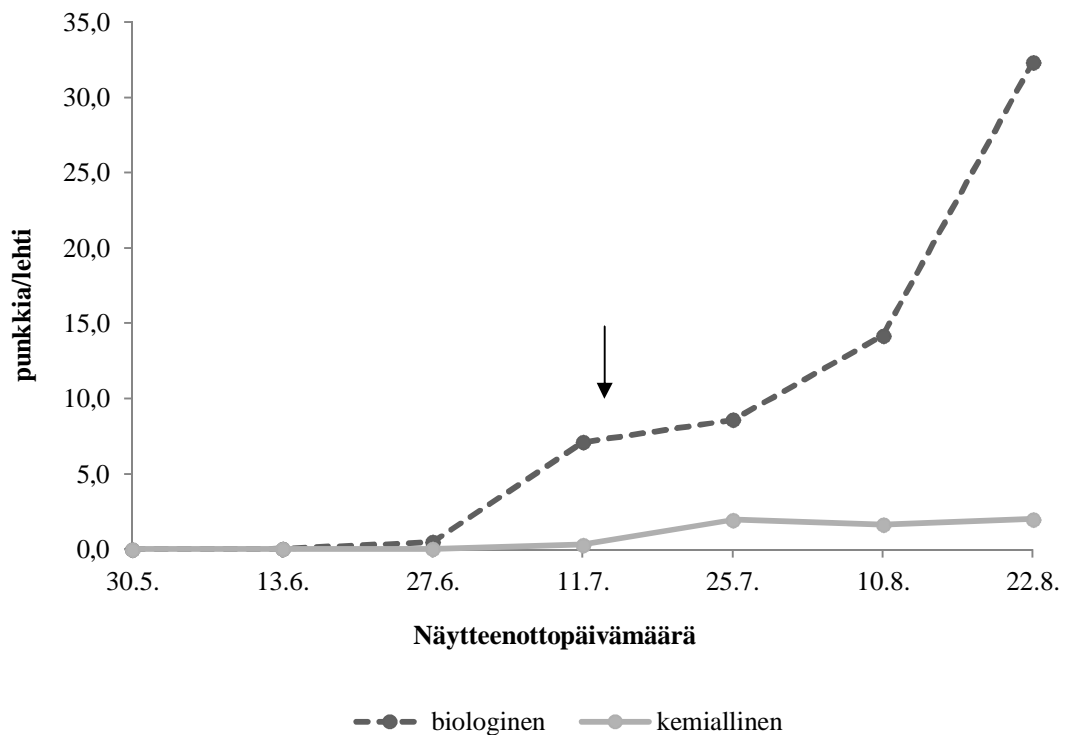
Kuva 9. Koejakson lämpötila ja suhteellinen kosteus muovihuoneessa. Arvot ovat 24 mittauspisteen päiväkohtaisia keskiarvoja.

5.2.2 Käsittelyjen vaikutukset vihannespunkkeihin

Vihannespunkin populaatiotiheys pysyi alhaisena muovihuoneessa aina keskikesään saakka niin biologisen kuin kemiallisenkin torjunnan alueilla (kuva 10, taulukko 6). Heinäkuun alussa vihannespunkkien lukumäärä nousi biologisen torjunnan alueella ja muovihuoneessa päätettiin torjua punkkituholaiset kemiallisesti myös biologisen

torjunnan alueella 11.7. kerättyjen lehtinäytteiden mikroskooppitarkastelun perusteella. Biologisen torjunnan alueelta ikkunametodin avulla tarkastetulta 50 lehdeltä yhteensä 17 lehdellä esiintyi vähintään yksi vihannespunkki, joista 12 lehdellä yli kaksi punkkia. Edellisellä näytteenottokerralla 27.6. löytyi vain yksi vihannespunkki kun tarkastettiin 50 lehteä. Omenankellastajapunkteja ei 11.7. kerätyiltä biologisen torjunnan alueen lehtinäytteistä havaittu ikkunametodilla tarkasteltaessa kuin kolmelta lehdeltä.

Biologisen torjunnan alueella otettiin kemiallisen kasvinsuojelutoimenpiteen jälkeen mukaan myös ansaripetopunkki. Vihannespunkin populaatio jatkoi kuitenkin kasvuaan biologisen torjunnan alueella aina kesän loppuun asti. Taimistoviljelijä oli kuitenkin sitä mieltä, että punkki ei aiheuttanut silminnähtävien merkittäviä tuhoja taimille. Kemiallisen torjunnan alueella vihannespunkin populaatiotiheys pysyi alhaisena läpi koko kasvukauden (kuva 10). Punkkien esiintyminen vaihteli huomattavasti näytteenottoruutujen välillä saman käsittelyn sisällä. Tämä selittää omalta osaltaan suuria keskihajontalukuja (taulukko 6).



Kuva 10. Pesunäytteistä laskettu vihannespunkkien populaatiotiheys muovihuoneessa biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla eri näytteenottokerroilla. Punkkien lukumäärä on ilmoitettu 200 lehden keskiarvona. Myös biologisen torjunnan alueella suoritettiin 13.7. kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus (nuoli).

Ero biologisen ja kemiallisen torjunnan välillä vihannespunkkien lukumäärissä vahvistui myös tilastollisesti merkittäväksi. Vihannespunkkien määrä pysyi merkittävästi korkeampana biologisen torjunnan alueella verrattaessa kemiallisen torjunnan alueen punkkimääriin näytteenottopäivinä 27.6–22.8. (taulukko 6). Vihannespunkkin keskimääräinen lukumäärä yhdellä lehdellä ei noussut kemiallisen käsittelyn alueella yli ohjeellisen torjuntakynnyksen, 2,5 punkkia/lehti (liite 6), koko koejakson aikana (taulukko 6).

Taulukko 6. Vihannespunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) muovihuoneessa biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla. Eri kirjaimet sarakkeissa ilmaisevat tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä näytteenottopäiväkohtaisesti (Poisson-malli, Mann-Whitney, n=10, p>0,05)

Näytteenotto	Käsittely	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
30.5.2011	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,1	0,0	0,0
13.6.2011	Biologinen	0,0	0,3	0,1	0,1
	Kemiallinen	0,0	0,2	0,0	0,1
27.6.2011	Biologinen	0,0	1,4	0,5a	0,4
	Kemiallinen	0,0	0,1	0,0b	0,0
11.7.2011	Biologinen	0,5	16,7	7,1a	4,6
	Kemiallinen	0,0	1,0	0,3b	0,4
25.7.2011	Biologinen	0,8	18,0	8,6a	5,1
	Kemiallinen	0,0	7,7	2,0b	2,7
10.8.2011	Biologinen	6,4	35,8	14,2a	8,8
	Kemiallinen	0,1	4,8	1,6b	1,8
22.8.2011	Biologinen	0,3	90,1	32,4a	29,5
	Kemiallinen	0,2	4,7	2,0b	1,5

5.2.3 Petopunkkien esiintyminen

Lehtien mikroskooppitarkastelussa ikkunametodilla tehtiin vain yksi *N. barkeri* havainto biologisen torjunnan lohkolta kerätyltä lehdeltä. AnsariPETOPUNKKEJA ei havaittu lehtien ikkunatarkastelussa lainkaan. *N. barkeri* ja ansariPETOPUNKKEJA kuitenkin jäljitettiin pesunäytteistä, jotka oli kerätty biologisen torjunnan lohkoilta (taulukko 7). Kemiallisen torjunnan lohkoilla ei havaittu petopunkkeja.

N. barkeri -petopunkkeja jäljitettiin ensimmäisen levityksen jälkeen kerätyistä lehtinäytteistä 0,075/lehti. Seuraavilla näytteenottokerroilla kerätyissä lehtinäytteissä *N.*

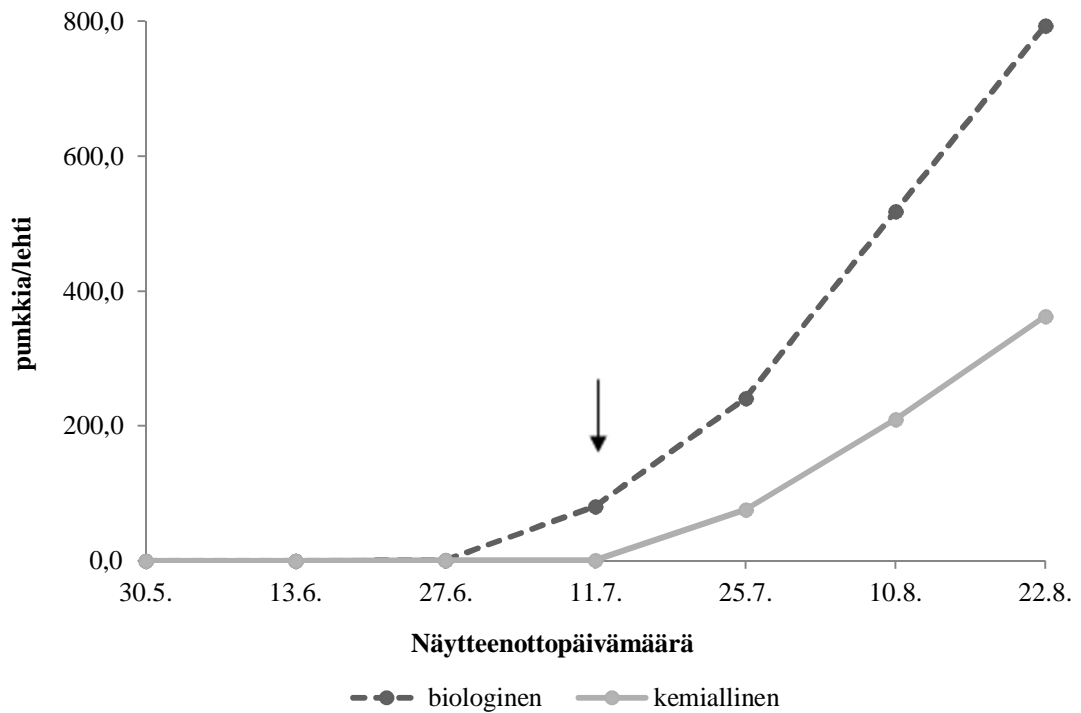
barkeri -petopunkteja jäljitettiin vain satunnaisesti. Elokuussa kerätyillä lehdillä esiintyi taas hieman enemmän *N. barkereita* ja viimeisellä näytteenotokerralla kyseisten petojen lukumäärä lehdellä oli 0,33 (taulukko 7). Ansaripetopunkkien lukumäärä yhdellä lehdellä kasvoi ensimmäisen levityskerran jälkeisestä 0,095 punkista/lehti viimeisen levityskerran jälkeiseen 0,4 punkkia/lehti (taulukko 7).

Taulukko 7. Petopunkkien kokonaismäärä ja keskimääräinen lukumäärä yhdellä lehdellä (n=200) pesunäytteissä biologisen torjunnan alueella muovihuoneessa näytteenottopäivittäin.

Näytteenottopäivä	ansaripeto- punkki	ansaripeto- punkkia/lehti	<i>N. barkeri</i>	<i>N. barkeri</i> /lehti
30.5.	-	0	0	0
13.6.	-	0	15	0,075
27.6.	-	0	5	0,025
11.7.	-	0	2	0,01
25.7.	19	0,095	3	0,015
10.8.	29	0,145	14	0,07
22.8.	80	0,4	66	0,33

5.2.4 Käsittelyjen vaikutukset omenankellastajapunkkeihin

Omenankellastajapunkin populaatiotiheys pysyi alkukesän alhaisena ja lähti nousemaan heinäkuun alussa (kuva 11). Populaatio kasvoi voimakkaammin biologisen torjunnan alueella, mutta kasvua oli havaittavissa myös kemiallisen torjunnan alueella. Elokuussa punkkien populaatiotiheys oli kasvanut molempien käsittelyjen alueilla ja osassa näytteenottoruuduista punkkien keskimääräinen lukumäärä yhdellä lehdellä nousi jopa yli tuhanteen (taulukko 8). Omenankellastajapunkkien esiintymistiheydessä oli hyvin suuria eroja näytteenottoruutujen välillä ja tämä selittää osaltaan myös suuria keskihajontalukuja (taulukko 8).



Kuva 11. Omenankellastajapunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) muovihuoneessa biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla eri näytteenottokerroilla. Punkkien lukumäärä on ilmoitettu 200 lehden keskiarvona. Näytteenottopäivänä 11.7. myös biologisen torjunnan alueella suoritettiin kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus (nuoli).

Omenankellastajapunkkien määrässä oli tilastollisesti merkitseviä eroja kemiallisen ja biologisen käsittelyn alueiden välillä vain yhtenä näytteenottopäivistä (taulukko 8). Omenankellastajapunkkien populaatiotiheys kasvoi 27.6. ja 11.7. välisenä aikana biologisen torjunnan alueella 1,0:stä 80,8:aan punkkia/lehti eli, huomattavasti suuremmaksi kuin kemiallisen torjunnan alueella, jossa tiheys kasvoi 1,1:stä 1,6:een punkkia/lehti (taulukko 8). Näytteenottopäivinä 25.7.–22.8. käsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa Poissonin loglineaarisen testin mukaan ja punkkitiheys nousi molemmilla alueilla tasaisella vauhdilla. Jos kuitenkin verrataan kahden viimeisen näytteenottopäivän minimi ja maksimi punkkitiheyksiä käsittelyiden välillä voi huomata, että biologisen torjunnan alueella saastunta oli pahempi (taulukko 8). Mann-Whitney-testin mukaan käsittelyillä olisikin ollut eroa 10.8. ja 22.8., mutta parametrinen Poisson-mallin voidaan olettaa antavan luotettavamman tuloksen.

Taulukko 8. Omenankellastajapunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) muovihuoneessa biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla. Eri kirjaimet sarakkeissa ilmaisevat tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä näytteenottopäiväkohtaisesti (Poisson-malli, Mann-Whitney, n=10, p>0,05).

Näytteenotto	Käsittely	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
30.5.2011	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
13.6.2011	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
27.6.2011	Biologinen	0,0	4,2	1,0	1,4
	Kemiallinen	0,1	4,6	1,1	1,7
11.7.2011	Biologinen	0,7	300,0	80,8a	111,6
	Kemiallinen	0,0	6,2	1,6b	1,8
25.7.2011	Biologinen	0,0	1192,0	241,6	417,2
	Kemiallinen	0,0	232,0	75,7	85,7
10.8.2011	Biologinen	100,0	1112,0	518,2*	298,9
	Kemiallinen	14,0	1346,0	209,5*	407,0
22.8.2011	Biologinen	116,0	1544,0	794,0**	506,6
	Kemiallinen	24,0	2286,0	362,6**	687,8

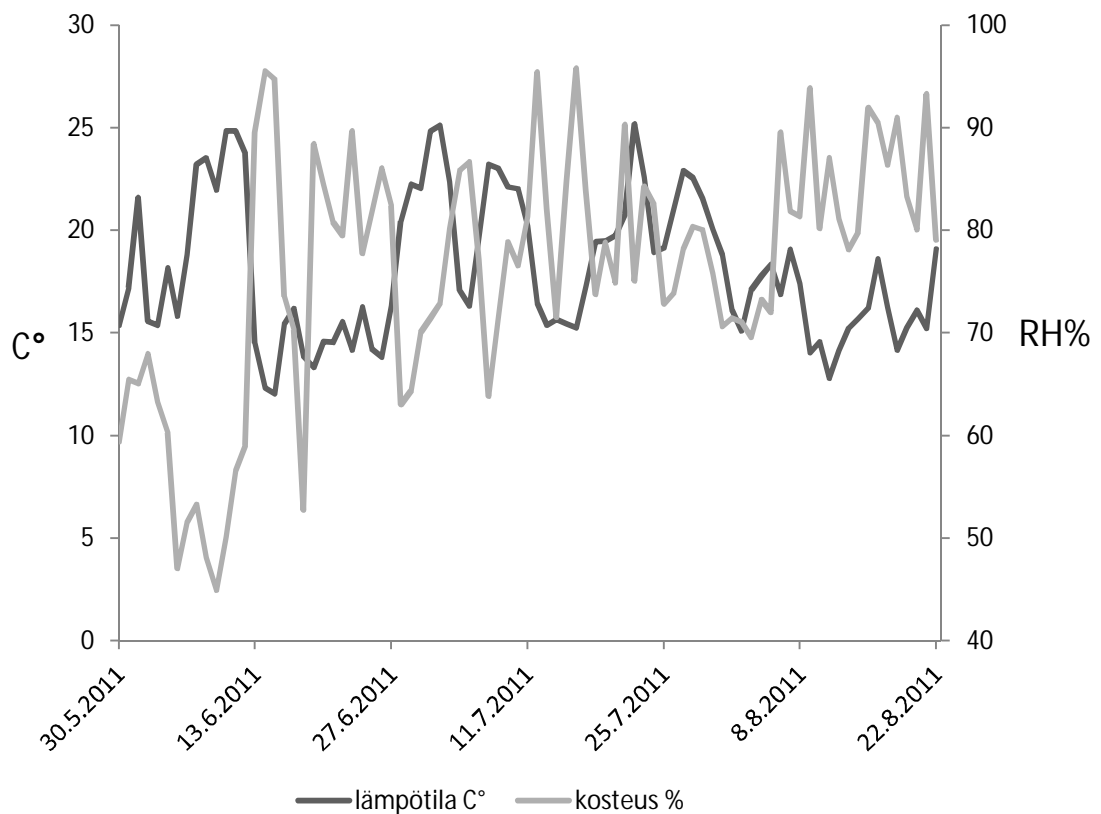
*10.8. Poisson-malli p=0,17; Mann-Whitney p=0,005

**22.8. Poisson-malli p=0,19; Mann-Whitney p=0,017

5.3 Avomaa

5.3.1 Lämpötila- ja kosteusolosuhteet avomaalla

Vuorokauden keskilämpötila vaihteli avomaalla koejakson aikana 12–25 C° välillä ja suhteellinen ilmankosteus välillä 45–96 % (kuva 12).

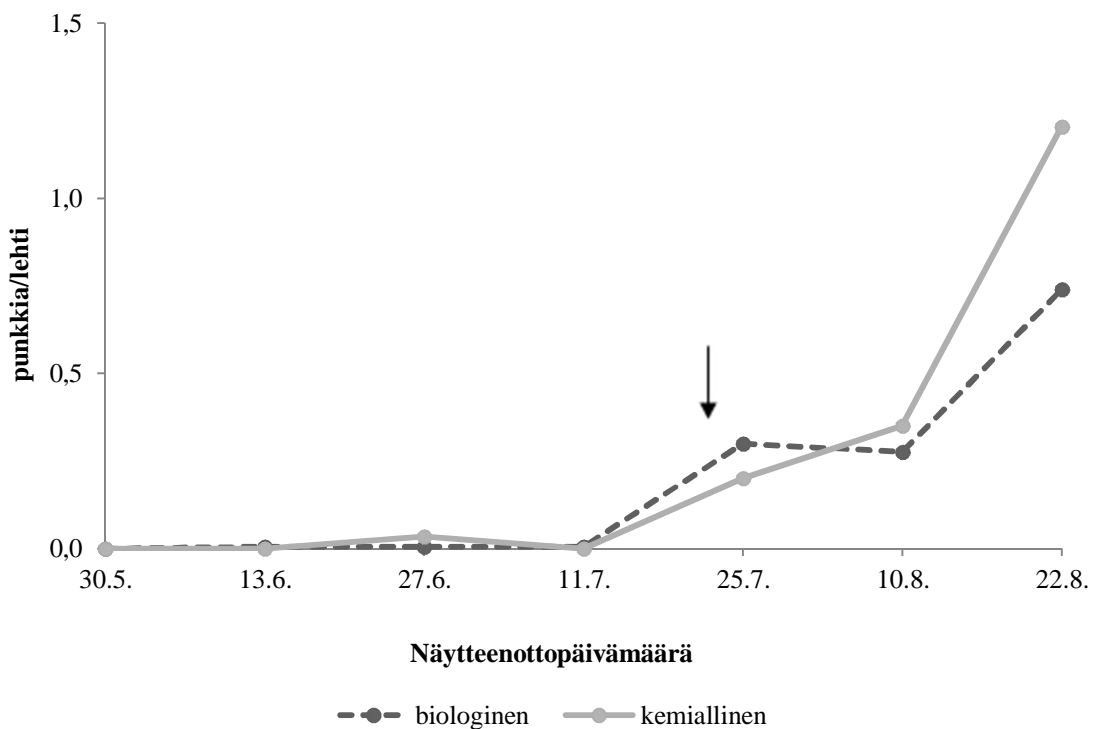


Kuva 12. Lämpötila ja suhteellinen kosteus avomaalla koejakson aikana. Arvot ovat 24 mittauspisteen päiväkohtaisia keskiarvoja.

5.3.2 Käsittelyjen vaikutukset vihannespunkkeihin

Avomaan lehtinäytteiden mikroskooppitarkastelussa esiintyi satunnaisesti vain yksittäisiä vihannespunkteja ja näin ollen päätöstä kemiallisesta torjunnasta biologisen torjunnan koealueella ei perustettu lehtien mikroskooppitarkastelussa havaittuihin vihannespunkkeihin.

Avomaalla vihannespunkkien populaatiokoko pysyi alhaisena koko kasvukauden ajan biologisen ja kemiallisen torjunnan alueilla myös pesunäytteistä laskettujen punkkien perusteella. Biologisen torjunnan alueella punkkien keskimääräinen lukumäärä lehdellä nousi yli yhden vasta elokuun lopussa viimeisessä näytteenotossa (kuva 13, taulukko 9). Vihannespunkkien populaatiotiheydessä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä (Poisson-malli, Mann-Whitney, $p=0,05$) (taulukko 9).



Kuva 13. Vihannespunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) avomaalla biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla eri näytteenottokerroilla. Punkkien lukumäärä on ilmoitettu 200 lehden keskiarvona. Kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus tehtiin myös biologisen torjunnan alueella 22.7. (nuoli).

Taulukko 9. Vihannespunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) avomaalla biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla (n=10).

Näytteenotto	Käsittely	Maksimi	Minimi	Keskiarvo	Keskihajonta
30.5.	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
13.6.	Biologinen	0,0	0,1	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
27.6.	Biologinen	0,0	0,1	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,1	0,0	0,0
11.7.	Biologinen	0,0	0,1	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
25.7.	Biologinen	0,0	1,8	0,3	0,5
	Kemiallinen	0,1	0,7	0,2	0,2
10.8.	Biologinen	0,0	0,6	0,3	0,2
	Kemiallinen	0,1	1,0	0,4	0,3
22.8.	Biologinen	0,3	1,6	0,7	0,4
	Kemiallinen	0,4	3,3	1,2	1,0

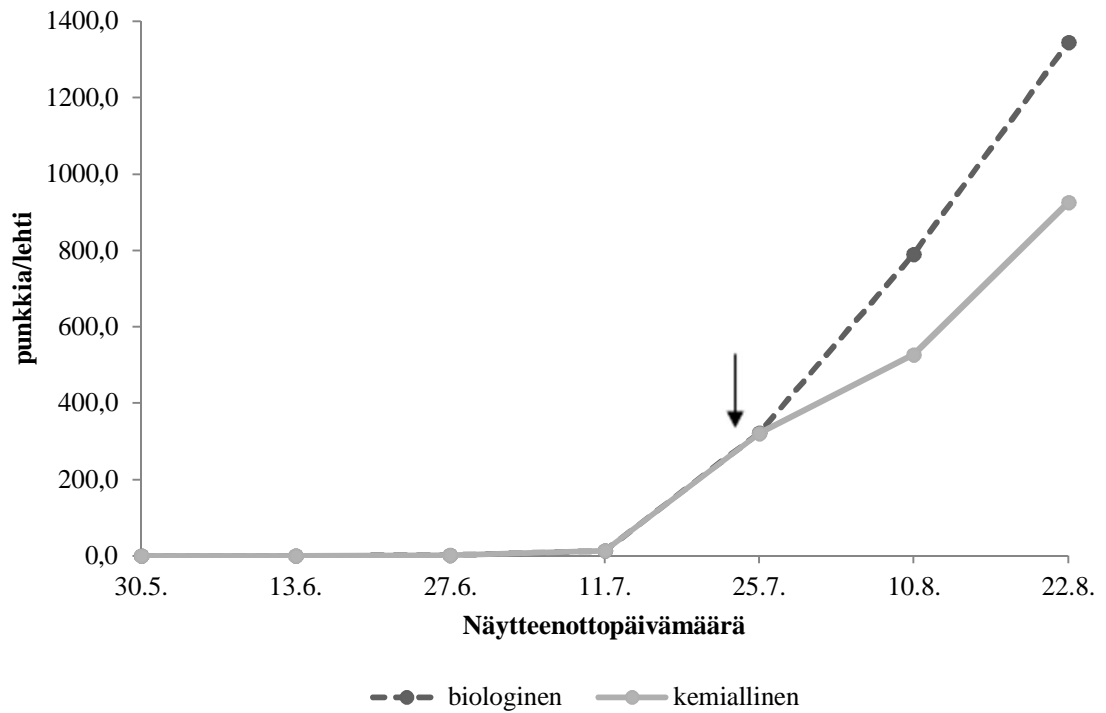
5.3.3 Petopunkkien esiintyminen

Lehtien mikroskooppitarkastelussa avomaan lehtinäytteistä ei tehty petopunkkihavaintoja. Pesunäytteissä petopunkkihavaintoja tehtiin yhteensä kolme.

5.3.4 Käsittelyjen vaikutukset omenankellastajapunkeihin

Omenankellastajapunkteja puolestaan havaittiin lehdissä runsaammin mikroskooppitarkastelussa ikkunametodilla. Koska pesunäytetulosten mukaan myös 11.7. kerätyissä lehtinäytteissä oli runsaasti omenankellastajapunkteja, viljelijä teki 22.7. kemiallisen kasvinsuojeluruiskutuksen myös biologisen torjunnan alueella.

Avomaalla omenankellastajapunkin populaatiokoko lähti kasvuun keskikesän jälkeen molempien käsittelyjen alueilla (kuva 14, taulukko 10). Biologisen torjunnan alueella populaatio kasvoi voimakkaammin ja oli huipussaan viimeisessä näytteenotossa (kuva 14).



Kuva 14. Omenankellastajapunkkien populaatiokoko avomaalla biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla eri näytteenottokerroilla. Punkkien lukumäärä on ilmoitettu 200 lehden keskiarvona. Kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus tehtiin myös biologisen torjunnan alueella 22.7.

Omenankellastajapunkkien populaatiotiheydessä ei ollut eroa eri käsittelyjen välillä (taulukko 10). Biologisen torjunnan alueella punkkeja oli kuitenkin hieman enemmän kun verrataan näytteenottoruutukohtaisia minimi- ja maksimiarvoja (taulukko 10).

Taulukko 10. Omenankellastajapunkkien populaatiotiheys (punkkia/lehti) avomaalla biologisen ja kemiallisen käsittelyn alueilla (n=10).

Näytteenotto	Käsittely	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
30.5.	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
13.6.	Biologinen	0,0	0,0	0,0	0,0
	Kemiallinen	0,0	0,0	0,0	0,0
27.6.	Biologinen	0,3	2,9	1,2	0,9
	Kemiallinen	0,2	5,0	1,0	1,4
11.7.	Biologinen	2,6	28,8	12,7	8,6
	Kemiallinen	8,7	19,4	12,4	3,3
25.7.	Biologinen	90,0	562,0	321,9	149,1
	Kemiallinen	98,0	780,0	319,7	241,5
10.8.	Biologinen	210,0	1518,0	790,4	417,8
	Kemiallinen	126,0	1018,0	527,0	320,9
22.8.	Biologinen	360,0	2040,0	1344,6	542,2
	Kemiallinen	184,0	1760,0	925,4	559,7

5.4 Yhteenveto

Muovihuoneessa vihannespunkkien populaatio kasvoi biologisen torjunnan alueella merkittävästi suuremmaksi kuin kemiallisen kasvinsuojelun alueella. Omenankellastajapunkkipopulaatio kasvoi puolestaan molempien käsittelyiden alueilla muovihuoneessa. Populaatio kasvoi kuitenkin suuremmaksi biologisen käsittelyn alueella kuin kemiallisen, mutta omenankellastajapunkkipopulaatiokokojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä kuin yhdellä näytteenottokerroista.

Avomaalla vihannespunkkipopulaatio ei kasvanut koejakson aikana kummankaan käsittelyn alueella suureksi. Omenankellastajapunkkeja oli runsaasti molempien käsittelyiden alueilla.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa muovihuonetta ja avomaata ei enää käsitellä erikseen vaan molempien koepaikkojen tuloksia käsitellään rinnakkain ja tulosten tarkastelu kohdistuu kokeissa mukana olleisiin punkkilajeihin. Tarkastelu alkaa pohdinnalla koepaikoilla vallinneiden olosuhteiden vaikutuksista tuholais- ja petopunkkeihin.

Tuloksista voidaan päätellä, että vihannespunkin biologinen torjunta epäonnistui muovihuoneessa, sillä vihannespunkkitiheys oli biologisen torjunnan alueella moninkertainen verrattuna kemiallisen torjunnan alueen punkkitiheyteen. Tässä luvussa mietitään myös syitä siihen miksi petopunkit eivät kontrolloineet vihannespunkkien populaatiokasvua muovihuoneessa.

Kokeiden tuloksista nousi esiin myös omenankellastajapunkin runsaus omenantaimilla, myös kemiallisen torjunnan alueella. Tulosten pohjalta heräsikin kysymyksiä liittyen koealueella käytettyjen kemiallisten torjunta-aineiden tehokkuuteen omenankellastajapunkkia vastaan ja näihin kysymyksiin pyritään myös etsimään vastauksia.

6.1 Olosuhteiden vaikutukset punkkeihin

6.1.1 Vihannespunkki

Muovihuoneessa päivän keskilämpötila pysyi yli 15 °C koko koejakson ajan ja olosuhteet olivat lämpötilojen suhteen otolliset vihannespunkkien lisääntymiselle. Herbertin (1981) mukaan vihannespunkkipopulaatio pystyi kaksinkertaistumaan laboratorio-olosuhteissa 15 °C lämpötilassa 10 päivässä, 18 °C noin neljässä päivässä ja 21 °C vain kahdessa päivässä. Avomaalla vihannespunkkeja ei esiintynyt satunnaisia yksilöitä lukuun ottamatta, lämpötilojen puolesta lisääntyminen olisi ollut kuitenkin ollut mahdollista.

Vihannespunkki sietää lepotilaan vaivuttuaan hyvin matalia lämpötiloja (Khodayari 2012). On arvioitu, että myöhäiset ja leudot talvet voivat mahdollistaa vihannespunkin

talvehtimisen myös Suomen olosuhteissa avomaalla (Tuovinen 1999). Ilmatieteenlaitoksen (2012) tilastojen mukaan talvi 2010–2011 oli kova pakkastalvi. On kuitenkin mahdollista, että vihannespunkit ovat voineet talvehtia lumipeitteen suojissa avomaalla. Talvehtimisen epäonnistumisen ei siis voida yksiselitteisesti sanoa olevan syy siihen miksi avomaalla ei koejakson aikana esiintynyt vihannespunkteja. Muovihuoneissa, joissa taimet myös varastoidaan talven yli, lämpötila pyritään pitämään muutamassa pakkasasteessa (Kinnanen ym. 2007). Muovihuoneissa vihannespunkteilla on siis otolliset olosuhteet talvehtimiselle ja näin ollen erinomaiset mahdollisuudet lisääntyä seuraavana kasvukautena.

Kausihuoneessa ja avomaalla kasvaneiden taimien erot voivat osaltaan selittää eri koeympäristöjen välisiä eroja vihannespunkkipopulaatioiden kehityksessä. Omenan lehtien ominaisuudet kuten eri ravinteiden ja puolustusaineiden pitoisuuksien on todettu vaikuttavan vihannespunkkien kehitykseen ja populaatiokasvuun (Wermelinger 1991). Esimerkiksi kasveissa muodostuvien fenoleiden, korkeat pitoisuudet ovat haitallisia punkeille ja vaikuttavat muun muassa vihannespunkkipopulaation luontaiseen kasvunopeuteen (Wermelinger 1991). Kogel ym. (1997) huomasivat tutkiessaan krysanteemin ja kalifornianripsiäisen (*Frankliniella occidentalis*) välisiä suhteita, että ilman varjoa kasvaneet kasvit olivat vastustuskykyisempiä kalifornianripsistää kohtaan kuin kasvit, joiden valon saantia rajoitettiin varjostuksen avulla. Valon intensiteetti voi vaikuttaa lehtien morfologiaan ja esimerkiksi kutikulan paksuuteen sekä puolustusaineiden pitoisuuksiin lehdissä (De Kogel ym. 1997). On siis mahdollista, että avomaalla suorassa auringon valossa kasvaneiden taimien lehtien ominaisuudet ovat olleet epäsuotuisimmat vihannespunkkien kannalta kuin muovihuoneessa kasvaneiden taimien.

6.1.2 Petopunkit

Tulosten perusteella petopunkteja ei esiintynyt muovihuoneessa taimilla siinä määrin, että ne olisivat pystyneet pitämään vihannespunkkipopulaation kurissa. Agnello ym. (2003) seurasivat kokeissaan petopunkkien määrää omenatarhoilla ja populaatiotiheyden ollessa 0,0–0,45/lehti pedot eivät pystyneet pitämään *Panonychus ulmi* -populaatiota torjuntakynnyksen alapuolella (7,5 punkkia/lehti). Kun petopunkteja

jäljitettiin 0,6–1,3 lehdeltä hedelmäpuupunkkipopulaation kasvu pysyi hallinnassa (Agnello 2003). *P. persimilix* on puolestaan todettu tehokkaasti kontrolloivan vihannespunkkipopulaation kasvua omenalla, kun petoja esiintyy yhdellä lehdellä vähintään yksi kappale (Steinberg ja Cohen 1992).

Alhaiset lämpötilat ovat saattaneet vaikuttaa ansaripetopunkin saalistusaktiivisuuteen. Stenseth (1979) teki kokeidensa perusteella johtopäätöksen, että ansaripetopunkki pystyy riittävässä määrin kontrolloimaan vihannespunkteja lämpötilan ollessa välillä 15–27 °C ja suhteellisen ilmankosteuden ollessa 60–90 %. Lämpötila- ja kosteusolosuhteiden puolesta muovihuoneen olosuhteet olisivat olleet siis sopivat ansaripetopunkille. Tehokkaimmillaan ansaripetopunkki on kuitenkin lämpötilan ollessa säännöllisesti yli 20 °C ja suhteellisen ilmankosteuden yli 75 % (Van Lenteren 2003). Biologisten torjuntaeliöiden maahantuojan ja kasvattajan Biotus Oy:n ohjeistuksen (2011a) mukaan lämpötilan tulee olla yli 20 °C vähintään 8–12 tuntia vuorokaudessa. Ansaripetopunkteja levitettiin ensimmäisen kerran taimille 14.7., jolloin lämpötila pysytteli yli 20 °C suurimman osan päivästä. Seuraavat kaksi vuorokautta olivat kuitenkin viileämmät ja 48 tunnin aikana lämpötila ylitti 20 °C yhteensä vain kuuden tunnin ajan, vuorokausien keskilämpötilojen ollessa 16,5 °C ja 17,5 °C. Tämän jälkeen vuorokauden keskilämpötila pysytteli yli 20 °C:ssa aina heinäkuun viimeiseen päivään saakka ja elokuussakin yli 15 °C:ssa, joten on todennäköistä, että levitetty ansaripetopunkit ovat olleet elinvoimaisia ja kykeneväisiä saalistamaan vihannespunkteja aina kokeiden päättymiseen saakka.

Myös *N. barkerilla* oli lämpötila- ja kosteusolosuhteiden puolesta edellytykset säilyä aktiivisena muovihuoneessa omenantaimilla. Jafarin ym. (2011) mukaan *N. barkeri* pystyy kehittymään ja näin ollen myös saalistamaan yli 15 °C lämpötiloissa. *N. barkerin* kehityksen kynnyslämpötilaksi on määritetty noin 10 °C (Jafari ym. 2011, Xia 2012). Avomaalla lämpötilat laskivat satunnaisesti etenkin yöaikaan alle kymmenen asteen koko koejakson ajan. Onkin siis mahdollista, että matalat lämpötilat ovat vaikuttaneet siihen, että *N. barkereita* ei jäljitetty avomaalta kerätyistä lehtinäytteistä.

6.1.3 Omenankellastajapunkki

Lämpötilaolosuhteet olivat suotuisat muovihuoneessa ja avomaalla omenankellastajapunkkien kehitykselle. Easterbrook (1979) on tutkinut omenankellastajapunkin kehitysnopeutta eri lämpötiloissa, 10 °C kehitys sukupolvesta seuraavaan kesti noin 37 päivää, 16 °C noin 16 päivää ja 22 °C noin 9 päivää. Koejakson aikana päivittäiset keskilämpötilat vaihtelivat muovihuoneessa välillä 15–27,5 C° ja avomaalla 12–25 C° välillä ja mahdollistivat siis nopean lisääntymisrytmin omenankellastajapunkteille, etenkin muovihuoneessa. Muutaman asteen korkeampien lämpötilojen ansiosta omenankellastajapunkkipopulaation kasvu alkoi myös aikaisemmin muovihuoneessa kuin avomaalla.

Populaatiokasvu alkoi muovihuoneessa kesäkuun lopussa ja avomaalla heinäkuun alussa, molemmissa ympäristöissä populaatiotiheys oli suurimmillaan elokuun puolen välin jälkeen. Näytteenotto lopetettiin jo elokuun lopussa ja tulosten perusteella ei voida sanoa koska populaation kasvu taittui laskuun. Herbert (1974) seurasi omenankellastajapunkin populaatiokehitystä omenapuilla Kanadan Nova Scotiassa jossa punkkien populaatiokasvu alkoi toukokuun lopussa. Samoissa kokeissa havaittiin, että populaatiokehityksessä oli kaksi piikkiä, heinäkuussa ja elo-syyskuun vaihteessa. Easterbrookin (1979) Iso-Britannian Maidstonessa suorittamissa tutkimuksissa populaatiokasvu alkoi kesäkuun puolen välin tienoilla ja kasvukäyrässä oli vain yksi piikki elokuun alussa. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella omenankellastajapunkin populaatiokasvussa Suomen olosuhteissa on havaittavissa samankaltaisuutta Easterbrookin (1979) tulosten kanssa.

6.3 Miksi pedot eivät toimineet?

Aikaisemmin todettiin, että molemmilla kokeissa käytetyistä petopunkteista, ansaripetopunkilla ja *N. barkerilla*, oli olosuhteiden puolesta edellytykset säilyä aktiivisena omenantaimilla muovihuoneessa. Biologisen torjunnan epäonnistumiseen muovihuoneessa vihannespunkkia vastaan vaikuttivat siis muut tekijät kuin lämpötila- tai kosteusolosuhteet. Tässä luvussa käydään läpi koejärjestelyistä riippuvia ja niistä

riippumattomia tekijöitä, jotka ovat voineet koejakson aikana vaikuttaa petopunkkien tehokkuuteen vihannespunkin saalistajana muovihuoneessa.

6.3.1 *Neoseiulus barkeri*

N. barkerin populaation luontainen kasvunopeus on huomattavasti matalampi kuin vihannespunkin (Xia 2012, Kasap 2004) mutta sopivissa olosuhteissa *N. barkerin* on todettu olevan tehokas vihannespunkin saalistaja (Xia 2012). Vihannespunkin torjunta onnistuu paremmin kyseiden petopunkin avulla kun ne levitetään kasveille saalispopulaation ollessa pieni (Yuqing ja Petitt 1994). *N. barkereiden* levitys omenantaimille aloitettiin ennakkoiden, ennen kun mikroskooppitarkastelussa tai pesunäytteissä oli havaittu vihannespunkkeja tai omenankellastajapunkkeja. Ensimmäisen levityksen aikoihin taimilla ei ehkä ollutkaan tarjolla sopivaa ravintoa petopunkeille.

Omenantaimille levitettiin muovihuoneessa 185 petopunkkia/m² kahden viikon välien, kun *N. barkereiden* valmistaja Biotus Oy (2011b) suosittelee ennakotorjuntaa 100 petopunkkia/m² kahden viikon välein. Levitysmäärät olivat siis muovihuoneessa riittäviä. Myös levitystekniikka voi vaikuttaa torjunnan onnistumiseen petopunkkien avulla. Petopunkit levitettiin kasvuston päälle ripottelemalla. Taimien vielä ollessa pieniä petopunkkeja on laskeutunut ruukkuihin kasvuturpeen päälle, on siis mahdollista, että pedot eivät ole löytäneet saaliin luo turpeen seasta. Myöhemmin kun taimet kasvoivat kokoa ja kasvusto umpeutui, suurin osa pedoista on saattanut jäädä kasvuston yläosiin, vaikka saalista olisi löytynyt myös taimien alemmista osista.

Myös kasvin, etenkin lehtien ominaisuudet ja rakenne vaikuttavat petopunkkien saalistustehokkuuteen (Skirvin ja De 1999). Koveos ja Broufas (2000) havaitsivat, että *E. finlandicus* saalisti tehokkaammin persikan lehdillä kuin karvaisemmilla omenanlehdillä ja *Amblyseius andersoni* oli puolestaan tehokkaampi karvaisilla omenanlehdillä kuin sileämmillä persikan lehdillä. Lehden alapinnan karvat hidastavat petojen liikkumista ja saaliin käsittelyaikaa, toisaalta sileillä lehdillä saaliin on helpompi liikkua ja näin ollen paeta petoja (Koveos ja Broufas 2000). Osalla muovihuoneessa kasvaneista omenan taimista lehtien alapinnat olivat silminnähden hyvin karvaisia ja

tämä on voinut vaikuttaa osaltaan *N. barkerin* aktiivisuuteen ja onnistumiseen saalistajana.

6.3.2 Ansaripetopunkki

Ansaripetopunkki on ravinnon suhteen erikoistunut kehrääjäpunkkeihin, erityisesti vihannespunkkeihin (McMurtry ja Croft 1997). *P. persimilis* on käytetty omenalla onnistuneesti vihannespunkin torjuntaan, joten voidaan olettaa, että se viihtyy myös muovihuoneessa kasvatetuilla omenan taimilla (Steinberg ja Cohen 1992). Kuten on jo todettu, kokeessa olleiden omenan taimien lehdillä oli paljon karvoja, jotka voivat hidastaa ansaripetopunkin liikkumista ja vaikeuttaa saaliin löytämistä ja näin ollen laskea ansaripetopunkin saalistustehokkuutta (Krips ym. 1999).

Ansaripetopunkkien levitys aloitettiin muovihuoneessa biologisen torjunnan alueella 14.7., edellisenä päivänä alueella oli tehty kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus Floramite ja Calypso -valmisteilla (taulukko 6). Floramiten vaikuttava aine on bifenatsaatti joka on useimmille hyötyniveljalkaisille vaaratonta, mutta ansaripetopunkin kuolleisuus voi nousta jopa 50 % seuraavan kahden viikon aikana ja onkin suositeltavaa nostaa ansaripetopunkin levitysmääriä Floramite -käsittelyn jälkeen (Tukes 2012). Calypson vaikuttavan aineen tiaklopridin on todettu olevan haitallista ansaripetopunkin eri kehitysasteille (Koppert 2013). Tiaklopridin tapaan neonikotenoidien ryhmään kuuluvan imidaklopridin on todettu olevan erittäin haitallista joillekin petopunkeille myös epäsuorasti saaliin kautta (James 2003). Kasvustoon levitetyt kasvinsuojeluaineet ovatkin voineet vaikuttaa ansaripetopunkkien menestykseen saalistajana.

Ennen kemiallista torjuntaa vihannespunkkisaastunta oli ollut paha. Biotus Oy:n ohjeistuksen (2011a) mukaan tällaisessa tilanteessa petopunkeja tulisi levittää kasvustoon vähintään 10–20 petoa/m². Koalueelle levitetty määrä, 20 ansaripettoa/m², vastasi siis suositusta. Koska biologisen torjunnan alueelle oli levitetty Floramite -valmistetta, olisi levitysmäärän pitänyt kuitenkin olla suurempi (Biotus 2011a). Vihannespunkkien ennakkotorjunta olisi myös ollut hyvä aloittaa ansaripetopunkin avulla jo ennen kun ensimmäiset vihannespunkit havaittiin, sen sijaan, että ennakkotorjuntaan käytettiin vain *N. barkeria*.

6.4 Miksi omenankellastajapunkkipopulaatio vain kasvoi?

Kokeita suunniteltaessa tarkoituksena oli käyttää myös *Amblyseius andersoni* -petopunkkeja, jonka tiedetään käyttävän omenankellastajapunkkia ravintonaan, mutta ulkomailta tilatut petopunkit olleet enää elinvoimaisia Suomeen saapuessaan, joten ajatuksesta oli luovuttava. *N. barkeri* ei tietävästi saalista omenankellastajapunkkeja (Sabelis 1996), mutta se voi käyttää ravintonaan äkämäpunkkien heimoon kuuluvaa *Eriophyes dioscoridis* -punkkia sekä mahdollisesti myös vatunäkämäpunkkia (*Phyllocoptes gracilis*) (Momen 1995, Tuovinen 2007b). Kokeiden puitteissa omenankellastajapunkkien osalta tarkoitukseksi muodostuikin populaatiokasvun seuraaminen kemiallisen ja biologisen torjunnan alueilla avomaalla ja muovihuoneessa.

Muovihuoneessa omenakellastajapunkkipopulaation kasvu alkoi biologisen torjunnan alueella aikaisemmin kuin kemiallisen torjunnan alueella. Punkkien populaatio kasvoi kuitenkin myös kemiallisen torjunnan alueella elokuun puolella huomattavan suureksi torjuntatoimista huolimatta. Heinäkuussa ruukuissa kasvaneista taimista oli muodostunut tiheä kasvusto, ja viljelijä kertoi, että kasvinsuojeluaine on vaikea levittää tasaisesti tiheään kasvustoon. Hän arveli, että teho ei ulotu taimien alimpiin osiin asti. Tämä voikin vaikuttaa siihen miksi omenankellastajapunkkikanta kasvoi loppukesällä myös kemiallisen kasvinsuojelun alueella. Avomaalla kemiallisella torjunnalla ei ollut tulosten valossa vaikutusta omenankellastajapunkkipopulaation kasvuun. Eri käsittelyiden välillä ei siis ollut eroa ja omenankellastajapunkkien populaatio oli molemmilla alueilla suuri, etenkin kasvukauden lopussa. Vaikka myöhäisessä vaiheessa suureksi kasvanut populaatio ei vaikuttaisi kuluvan kasvukauden kasvuun, suuri talvehtiva kanta voi olla haitallisempi seuraavana vuonna (Easterbrook 1996).

6.4.1 Omenankellastajapunkin kemiallinen torjunta

Tutkimuksia etenkin nykyaikaisten kasvinsuojeluaineiden vaikutuksista äkämäpunkkeihin on tehty vähän (Van Leeuwen 2010). Tiedetään, että valikoimattomat, eli ei-selektiiviset tuholaisten torjunta-aineet, esimerkiksi pyretroidit ja organofosfaatit, voivat edesauttaa omenankellastajapunkkikantojen kasvua omenatarhoilla, koska aineet vähentävät luontaisia vihollisia (Croft ja Slone 1997). Taimitarhoilla

omenankellastajapunkkien torjunta ei kuitenkaan lepää luontaisten vihollisten harteilla, ellei niitä sinne tuoda. Monien äkämäpunkkilajien kohdalla torjunnan suurimmaksi ongelmaksi muodostuu se, että punkit elävät muodostamiensa äkämien suojissa (Van Leeuwen 2010). Omenankellastajapunkki ei kuitenkaan muodosta äkämää vaan liikkuu vapaasti kasvin pinnalla, teoriassa siis kasvinsuojeluaineiden tavoitettavissa.

Äkämäpunkkien on todettu olevan alttiita avermektiineille (Childers ym. 1996), mutta koska kehrääjäpunkkien tiedetään kehittyneen resistenteiksi avermektiinejä kohtaan, valmisteita tulisi käyttää harvoin ja harkiten (Van Leeuwen 2010). Sekä avomaalla, että muovihuoneessa käytettiin Vertimec -valmistetta, jonka tehoaineena on avermektiinien ryhmään kuuluva abamektiini. Van Leeuwenin (2010) mukaan Floramite -valmisteen tuoteselosteessa kerrotaan, ettei aine sovellu ruostepunkkien, kuten omenankellastajapunkin, torjuntaan. Kausihuoneessa Floramite -valmistetta käytettiin kerran yhdessä neonikotenioiden ryhmään kuuluvan Calypson kanssa. Neonikotenioiden vaikutuksista äkämäpunkkeihin on vaikea löytää tietoa, mutta erään lähteen mukaan kyseiseen ryhmään kuuluvalla torjunta-aineella ei ollut vaikutusta omenankellastajapunkkeihin (Funayama 1999). Molemmissa koepaikoissa kasvusto ruiskutettiin hyönteisten torjuntaan tarkoitettulla synteettisten pyretroidien ryhmään kuuluvalla Karatella. Karate tehoaa ainakin kehrääjäpunkkeihin (Tukes 2012) ja mahdollisesti, ainakin lyhytaikaisesti, myös äkämäpunkkeihin (Childers ym. 1996). Avomaalla ruiskutettiin kahdesti ja muovihuoneessa kerran Roxionilla, jonka tehoaine on organofosfaattien ryhmään kuuluva dimetoaatti. Organofosfaattien ryhmään kuuluvat kasvinsuojeluaineet kontrolloivat myös äkämäpunkkeja, mutta organofosfaattien varjopuolena on useasti resistenttien tuholaiskantojen muodostuminen Childers ym. 1996). Muovihuoneessa käytettiin myös Nissorun -valmistetta, jonka tehoaineen heksytiatsoksilla ei Childersin ym. (1996) mukaan ollut vaikutusta omenankellastajapunkkiin Pfeifferin ym. (1989) tai Sterkin (1994) kokeissa. Kaiken kaikkiaan omenankellastajapunkin kemiallinen torjunta vaikuttaa haastavalta ja epävarmalta. Käytettyjen kemiallisten kasvinsuojeluaineiden tehosta omenankellastajapunkkeja vastaan ei ole takuita. Tämän lisäksi torjunnan varmuutta kyseistä punkkia vastaan ei lisää se tosiasia, että viljelijät eivät tiedostaneet omenankellastajapunkin läsnäoloa kasvustossaan ja torjuntatoimia ei suunniteltu kyseistä punkkia vastaan.

6.4.2 Mietteitä omenankellastajapunkista

Omenankellastajapunkin aiheuttamista vahingoista on vähän tietoa ja jotta voitaisiin määrittää luotettava torjuntakynnys kyseiselle lajille, sitä olisi tutkittava lisää (Easterbrook 1996). Näissä kokeissa lasketut omenankellastajapunkkimäärät nousivat pahimmillaan yli tuhanteen punkkiin lehdellä. Taimistoviljelyssä tuholaistoleranssi on matala, koska taimiaineistolaki edellyttää, että markkinoitavat tuotteet ovat vapaita laatua tai käyttökelpoisuutta alentavista tuholaista. Taimien mukana omenankellastajapunkit leviävät omenatarhoille ja kuluttajien kotipuutarhoihin. Suomalaisille omenatarhoilla ja luonnossa esiintyy monia petopunkkeja, jotka hyödyntävät ravintonaan omenankellastajapunkkeja ja pitävät näin ollen niiden populaatiot matalina (Tuovinen 1993). Omenankellastajapunkki on tärkeä vaihtoehtoinen ravinnonlähde monille luonnonvaraisille petopunkeille, joten pieniä määriä voidaan sietää esimerkiksi juuri omenatarhoilla (Childers ym. 1996). Ehkä omenankellastajapunkkeja voisi sietää myös taimistoviljelyssä, koska luonnollinen kontrolli toimii taimien määränpäässä omenatarhoilla tai kotipuutarhoissa.

Petopunkkeja, jotka käyttävät omenankellastajapunkkeja ravinnokseen on useita. *Amblyseius finlandicus*, *Amblyseius potentillae* ja *Typlochromus pyri* ovat esimerkkejä lajeista, jotka saalistavat omenankellastajapunkkeja ja valitsevat omenankellastajapunkin ravinnokseen mieluummin kuin kehrääjäpunkin (Dicke ym. 1990). Omenankellastajapunkin torjuntaan voisikin kokeilla *A. andersonin* lisäksi muita petopunkkeja.

6.5 Tutkimuksen luottavuus

Tutkimuksessa on useita mahdollisia virhelähteitä, aina suunnitteluvaiheesta näytteiden käsittelyyn, tulosten kirjaamiseen sekä tulkitsemiseen saakka. Tutkimuksen koejärjestelyjen suunnittelu, etenkin petopunkkien levityssuunnitelman osalta, olisi voinut olla huolellisempaa. AnsariPETOPUNKIT otettiin mukaan kokeisiin liian myöhään, joten tulokset niiden soveltuvuudesta vihannespunkin torjuntaan omenantaimilla muovihuoneessa jäivät epävarmaksi.

Biologisen ja kemiallisen torjunnan alueet sijaitsivat saman muovihuoneen sisällä, joten on käytännössä mahdollista, että kemiallisen torjunnan alueelta ajautui biologisen torjunnan alueelle kasvinsuojeluaineita. Myös avomaalla eri käsittelyt olivat suhteellisen lähellä toisiaan. Koska kokeita tehtiin oikeilla viljelyksillä, eikä esimerkiksi koekasvihuoneissa, piti ottaa huomioon, että kokeita tehtiin elinkeinon piirissä. Tästä syystä biologisen torjunnan kokeet piti keskeyttää muovihuoneessa, kun vihannespunkkipopulaatio kasvoi liian suureksi. Samasta syystä ei myöskään perustettu kontrollialuetta, joka olisi jätetty kokonaan ilman käsittelyä. Koska kontrollikäsitteilyä ei ollut, tulosten perusteella ei voida päätellä, vaikuttivatko levitetty petopunkit jollakin tavalla tuholaispunkkien populaatiokokoon biologisen torjunnan alueella. Toisaalta on hyvä muistaa, että oikeassa ympäristössä suoritettavat kokeet ovat tärkeitä biologisen torjunnan kehittämistyön kannalta (Van Lenteren 1980).

Lehtinäytteitä käsiteltäessä tapahtuneet virheet ovat voineet vaikuttaa laskettujen punkkien lukumääriin. Omenankellastajapunkkien laskemiseen käytetty menetelmä, jossa vain osanäytteestä laskettiin kaikki omenankellastajapunkit, ei anna täysin todellista kuvaa punkkien lukumäärästä. Näytteenottoja olisi voinut tehdä keskikesän aikaan tehdä viikoittain, jotta punkkipopulaatioiden, etenkin vihannespunkkipopulaation kasvuun muovihuoneessa olisi voitu reagoida nopeammin, mutta aikataulujen puolesta se ei ollut mahdollista.

Näiden kokeiden myötä saimme kuvan vain kahden taimistoviljelmän omenankellastajapunkin määrästä yhtenä kasvukautena. Omenankellastajapunkkien ei voidakaan varsinaisesti sanoa olevan iso ongelma taimistoviljelyssä ensinnäkään koska kaksi taimitarhaa ei ole edustava otos, ja toiseksi koska omenankellastajapunkkien runsaus tiedostettiin vasta näiden kokeiden myötä.

6.5.1 Mikroskooppitarkastelun luotettavuus

Lehtien mikroskooppitarkastelun ikkunametodin avulla oli tarkoitus saada kuva taimilla vallitsevasta vihannespunkkitilanteesta nopeasti, jotta päätös kemiallisesta torjunnasta voitiin tehdä niin, että viljelijälle ei koituisi haittaa, jos biologinen torjunta

petopunkkien avulla epäonnistuisi. Mutta toimiko ikkunamethodi, antoiko tarkastelutapa oikean kuvan punkkien määrästä taimilla?

Omenatarhoilla kehrääjäpunkkien kynnyksarvona käytetään tavallisesti 2,5 punkkia/lehti kun tarkastelun kohteena on kokonainen lehti (Tuovinen 2007a, Agnello ym. 1991). Agnellon ym. (1991) punkkien tarkkailuohjeistus perustuu useamman lehden tarkastamiseen, jos esimerkiksi yli viidellätoista lehdellä kolmestakymmenestä esiintyy yli 3 punkkia, on torjuntakäsittely paikallaan (liite 5). Näissä kokeissa kokonaisen lehden sijaan vihannespunkkien varalta tarkastettiin vain pieni, 2,25 cm² kokoinen, ala ja niinpä yksikin punkki useammalla lehdellä riitti torjuntapäätöksen tekemiseen.

Muovihuoneessa päätettiin tehdä kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus myös biologisen torjunnan alueella 11.7. kerättyjen lehtinäytteiden mikroskooppitarkastelun jälkeen, koska 17:sta lehdellä 50:stä havaittiin vähintään yksi vihannespunkki. Myöhemmin samoista lehdistä tehtyjen pesunäytteiden mukaan vihannespunkkien populaatiotiheys biologisen torjunnan alueella oli jo 7,1 punkkia/lehti, siis lähes kolminkertainen omenatarhoilla sovellettavaan torjuntakynnykseen verrattuna. Edellisellä näytteenotokerralla 27.6. vihannespunkteja ei kuitenkaan liiemmin esiintynyt mikroskooppitarkastelussa kuin pesunäytteissäkään. Tämän perusteella voidaan ainakin todeta, että kahden viikon näytteenottoväli oli liian pitkä ja tästä syystä vihannespunkkipopulaation nopea kasvu jäi huomaamatta ajoissa. Ikkunamethodin luotettavuutta näissä kokeissa onkin vaikea arvioida tulosten perusteella.

6.6 Jatkotutkimuksen aiheita

Taimistoilla kasvatetaan monia erityyppisiä kasvilajeja. Tämän tutkimus keskittyi vain omenan taimilla esiintyvien punkkituholaisten biologiseen torjuntaan. Jotta voitaisiin kehittää taimistoviljelyyn integroitua kasvinsuojelua ja biologista torjuntaa, olisi tärkeää kartoittaa laajemmin taimistoilla eri kasvilajeilla avomaalla ja erilaisissa kasvihuoneissa esiintyviä tuholaisia. Huomionarvoiseksi tuholaiseksi näiden kokeiden tuloksista nousi omenankellastajapunkki, jonka aiheuttamista vahingoista ja biologisesta torjunnasta tiedetään kirjallisuuden pohjalta verrattain vähän. Kuinka vakava tuholainen omenankellastajapunkki on taimistotuotannossa ja millaisia torjuntakeinoja sitä vastaan

voidaan käyttää? *A. andersonin* lisäksi olisi mielenkiintoista kokeilla muitakin petopunkkeja omenankellastajapunkin torjuntaan. Kasvuston rakenne vaikuttaa petopunkkien käyttäytymiseen saalistajana ja petopunkkien liikkeisiin omenantaimikasvustossa olisikin tärkeää tutustua tarkemmin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli seurata omenantaimilla esiintyvien punkkituholaisten esiintymistä sekä selvittää biologisen torjunnan mahdollisuuksia taimitarhoilla omenalla esiintyviä punkkituholaisia vastaan petopunkkien avulla. Tutkimuksen avulla on tarkoitus kehittää ja edesauttaa integroituun kasvinsuojeluun siirtymistä taimistoviljelyssä.

Neoseiulus barkeri -petopunkki ja ansaripetopunkki eivät pystyneet kontrolloimaan vihannespunkkin populaatiokasvua muovihuoneessa omenantaimilla. Pääsyyt torjunnan epäonnistumiseen liittyvät todennäköisesti *N. barkerin* kohdalla olosuhteisiin ja ansaripetopunkin kohdalla liian myöhäiseen levitysjankohtaan. Avomaalla esiintyi koealueilla vain satunnaisia vihannespunkkeja, eikä näytteistä jäljitetty myöskään *N. barkeri* -petopunkkeja. Onkin epätodennäköistä, että *N. barkeri* olisi ollut vastuussa matalasta vihannespunkkipopulaatiosta biologisen torjunnan alueella.

Omenankellastajapunkkipopulaatio kasvoi suureksi sekä biologisen torjunnan, että kemiallisen torjunnan koealueilla. Biologisen torjunnan alueella omenankellastajapunkkia vastaan ei tehty torjuntatoimenpiteitä ja populaatio pääsi vapaasti kasvamaan. Syitä siihen miksi kemialliset kasvinsuojeluaineet lähinnä vain hillitsivät omenankellastajapunkkipopulaation kasvua voivat liittyä käytettyjen aineiden sopimattomuuteen kyseisen punkin torjuntaan tai kasvinsuojelutoimenpiteiden ajoitukseen suhteessa omenankellastajapunkkipopulaation kasvuun. Myös kasvuston rakenne on saattanut vaikuttaa siihen, että kasvinsuojeluaineet eivät ole tavoittaneet punkkeja.

Vaikka biologisen torjunnan kokeet eivät onnistuneetkaan halutulla tavalla, kokeiden tuloksista saatiin tietoa omenantaimilla esiintyvien punkkituholaisten, vihannespunkin

ja omenankellastajapunkin, populaatiokehityksestä avomaalla ja muovihuoneessa. Tulokset viittaavat myös siihen, että taimitarhoilla käytetyt kemialliset kasvinsuojeluaineet eivät tehoa omenankellastajapunkkiin.

Kirjallisuudesta löytyvien tietojen perusteella biologisella torjunnalla petopunkkien avulla on edellytyksiä taimitarhoilla, etenkin muovihuoneissa kehrääjäpunkkeja vastaan, käytännön kokeilujen kautta olisikin kehitettävä toimiva tapa hyödyntää petopunkkeja. Tuholaisongelmien ennaltaehkäisy, tarkkailu ja torjuntakynnykset ovat oleellinen osa integroidun kasvinsuojelun ohjelmia ja niihin liittyvien ohjeistojen tuottaminen taimitarhaviljelijöille edistäisi kestävämpiin kasvinsuojelukäytäntöihin siirtymistä.

8 KIITOKSET

Tämäkään maisterin tutkielma ei olisi valmistunut ilman muiden ihmisten apua ja tukea. Haluan kiittää Taimistoviljelijät Ry:tä, erityisesti toiminnanjohtaja Jyri Uimosta tutkimuksen mahdollistamisesta. Kiitokset kuuluvat myös ohjaajilleni, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen erikoistutkija Irene Vänniselle, terävistä ja ajatuksia herättelevistä kommentteista sekä tutkija Anne Nissiselle, suunnitteluvaiheen opastuksesta. Kiitos myös professorilleni Heikki Hokkaselle palautteesta kirjoitusprosessin aikana. Graduklinikka, sen tarjoama työpiste ja tilastoapu ansaitsevat myös erityismaininnan. Rakentavaa palautetta tutkielmaani koskien olen saanut myös opiskelutovereiltani Tuula Lehtoselta ja Anni Savikurjelta, kiitos siitä ja yhteisistä vuosista opintojen parissa. Kiitos satunnaisista neuvoista ja pohdiskeluseurasta Susanna, Meri, Niina, Annukka, Antti ja Outi. Kiitokset myös perheelleni, äidille, Pirjolle ja iskälle.

LÄHTEET

- Agnello, A. M., Kovach, J., Nyrop, J., Reissig, H. & Wilcox, W. 1991. Simplified Integrated apple Sampling Procedures in New York: A Guide for Apple Sampling Procedures in New York. Cornell Cooperative Extension, IPM Number 201c.
- Agnello, A. M., Reissig, W. H., Kovach, J. & Nyrop J. P., 2003. Integrated apple pest management in New York State using predatory mites and selective pesticides. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 94 (2): 183-195.
- Ako, M., Borgemeister, C., Poehling, H.-M., Elbert, A. & Nauen, R. 2004. Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Journal of economic entomology* 97 (5): 1587-1594.
- Ako, M., Poehling, H., Borgemeister, C. & Nauen, R. 2006. Effect of imidacloprid on the reproduction of acaricide-resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pest management science* 62 (5): 419-424.
- Avery, D. J. & Briggs, J. B. 1968. The aetiology and development of damage in young fruit trees infested with fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch). *Annals of Applied Biology* 61 (2): 277-288.
- Bajwa, W. & Kogan, M. 2002. Compendium of IPM Definitions (CID) - What is IPM and how is it defined in the Worldwide Literature? Integrated Plant Protection Center (IPPC) Oregon State University, IPPC Publication 998.
- Biotus Oy, 2011a. AnsariPETOPUNKKI *Phytoseiulus persimilis* -tuoteseloste. Vastaanotettu 14.7.2011.
- Biotus Oy, 2011b. *Amblyseius barkeri* -PETOPUNKKI -tuoteseloste. Vastaanotettu 10.6.2011.
- Biotus Oy, 2012. Mansikalla ja vadelmalla käytettävät tuhoeläinten torjunta-aineet ja niiden vaikutukset petoihin. Verkkojulkaisu: http://www.biotus.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/TORJUNTA_AINEET_MANSIKKA.pdf. Tulostettu 16.11.2012.
- Birch, L. C. 1948. The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *Journal of Animal Ecology* 17 (1): 15-26.
- Bolland, H. R., Gutierrez, J. & Flechtmann, C. H. W. 1998. World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari:Tetranychidae). Leiden, The Netherlands: Brill. 384 s.
- Briggs, J. B. & Avery, D. J. 1968. Effects of infestation with fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch), on the growth and cropping of young fruit trees. *Annals of Applied Biology* 61 (2): 269-276.

- Campbell, R. J., Mobley, K. N. & Marini, R. P. 1990. Growing Conditions Influence Mite Damage on Apple and Peach Leaves. *HortScience* 25 (4): 445-448.
- Castle, S. & Naranjo, S. E. 2009. Sampling plans, selective insecticides and sustainability: The case for IPM as 'informed pest management'. *Pest management science* 65 (12): 1321-1328.
- Chant, D. A. 1985. 2.1.1 Systematics and Morphology. Teoksessa: Helle W. & Sabelis M.W. (toim.). *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*, Volume 1B. Amsterdam: Elsevier. s. 3-4.
- Chapman, P. J. 1952. Responses of apple trees to mite infestations 1. *Journal of economic entomology* 45 (5): 815-821.
- Childers, C. C., Easterbrook, M. A. & Solomon, M.G. 1996. 3.5. Chemical control of Eriophyoid Mites. Teoksessa: Lindquist, E., Sabelis M. W. & Bruin, J. (toim.). *Eriophyoid Mites - Their Biology, natural Enemies and Control*. Amsterdam: Elsevier. s. 695-726.
- Copping, L. & Hewitt, H. G. 1997, *Chemistry and mode of action of crop protection agents*. Cambridge, UK Royal Society of Chemistry. 145 s.
- Cowan, R. 1996. Sprayed to death: Path dependence, lock-in and pest control strategies. *Economic Journal* 106 (436): 521-542.
- Croft, B. A. & Slone, D. H. 1997. Equilibrium densities of European red mite (Acari: Tetranychidae) after exposure to three levels of predaceous mite diversity on apple. *Environmental Entomology* 26 (2): 391-399.
- Crooker, A. 1985. 1.2.5. Embryonic and Juvenile Development. Teoksessa: Helle W. & Sabelis M. W. (toim.). *Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control*, Volume 1A. Amsterdam: Elsevier. s. 149-163.
- DAAS 2012, Middeldatabasen. <http://www.middeldatabasen.dk/>. Homepage of The Knowledge Centre for Agriculture, Danish Agricultural Advisory Service, Viitattu 20.8.2012.
- De Kogel, W.J., Van, D. H., Dik, M. T. A., Gebala, B., Van Dijken, F. R. & Mollema, C. 1997. Seasonal variation in resistance of chrysanthemum cultivars to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Euphytica* 97 (3): 283-288.
- Dicke, M., Sabelis, M. W., De Jong, M. & Alers, M. P. T. 1990. Do phytoseiid mites select the best prey species in terms of reproductive success? *Experimental and Applied Acarology* 8 (3): 161-173.
- Duso, C. 1991. Developmental times and oviposition rates of predatory mites *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae) reared on different foods. *Experimental & applied acarology* 13 (2): 117-128.

- Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S. & Angeli, G. 2010. The impact of eriophyoids on crops: Recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology* 51 (1): 151-168
- Easterbrook, M. A. 1996. 3.2.2 Damage and Control of Eriophyoid Mites in Apple and Pear. Teoksessa: Lindqvist I., Sabelis, M. W. & Bruin J. (toim.). *Eriophyoid Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Amsterdam: Elsevier. s. 527-540.
- Easterbrook, M. A. 1979. The life-history of the eriophyid mite *Aculus schlechtendali* on apple in south-east England. *Annals of applied biology* 91 (3): 287-295.
- Easterbrook, M. A. 1996. The relationship between early-season leaf feeding by apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Nal.), and fruit set and photosynthesis of apple. *Journal of horticultural science*. 71 (6): 939-944.
- Eilenberg, J. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol* 46 (4): 387-400.
- EU 2009a, Development of guidance for establishing integrated pest management (IPM) principles, European Commission.
- EU 2009b. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/128/EY Yhteisön politiikan puitteista torjunta-aineiden kestävän käytön aikaansaamiseksi. Annettu 29.10.2009. Euroopan Unionin virallinen lehti, L309: 71-86.
- Funayama, K. 1999. Studies on control and management of apple rust mite *Aculus schlechtendali* (Nalepa) : Chemical applications for protect of apple rust mites and native predatory mites on apple orchard using synthetic sex pheromones. *Bulletin of the Akita Fruit-Tree Experiment Station*. 26: 1-13 Tiivistelmä: AGRIS: International Information System for the Agricultural Sciences and Technology
- Hajek, A. E. 2004. *Natural enemies - An introduction to biological control*. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 378 s.
- Hall, F. R. & Ferree, D.C. 1975. Influence of twospotted spider mite populations on photosynthesis of apple leaves. *Journal of economic entomology* 68 (4): 517-520.
- Herbert, H. J. 1981. Biology, life tables, and innate capacity for increase of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Canadian Entomologist* 113 (5): 371-378.
- Herbert, H. J. 1974. Notes on the biology of the apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Prostigmata: Eriophyoidae), and its density on several cultivars of apple in Nova Scotia. *Canadian Entomologist* 106 (10): 1035-1038.
- Ilmatieteen laitos 2012, Vuodenaikojen tilastot - Talvtilastot, Talvi 2010-2011. <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvtilastot>. Ilmatieteenlaitoksen kotisivut. Viitattu 7.11.2012.

- Jafari, S., Fathipour, Y. & Faraji, F. 2011. Temperature-dependent development of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at seven constant temperatures. *Insect Science*: 1-9.
- James, D. G. 2003. Toxicity of imidacloprid to *Galendromus occidentalis*, *Neoseiulus fallacis* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae) from hops in Washington State, USA. *Experimental and Applied Acarology* 31 (3-4): 275.
- James, D. G. & Price, T. S. 2002. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *Journal of economic entomology* 95 (4): 729.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H. & Baker E. W. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley, UK: University of California Press. 614 s.
- Kasap, I. 2004. Effect of Apple Cultivar and of Temperature on the Biology and Life Table Parameters of the Twospotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. *Phytoparasitica* 32 (1): 73.
- Khodayari, S. 2012. Effects of acclimation and diapause on the thermal tolerance of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Journal of thermal biology* 37 (6): 419-423.
- Kinnanen, H., Koivisto, A. & Tahvonen, R. 2007. 7 Taimimateriaali. Teoksessa: Tahvonen R. (toim.). Omenan Viljely. Helsinki: Puutarhaliiton Julkaisuja nro 345. s. 54-68.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. *Annual Review of Entomology* 43 (1): 243-270.
- Koppert 2013. Side Effects. <http://side-effects.koppert.nl/>. Homepage of Koppert - Biological Systems. Viitattu 2.1.2013.
- Koveos, D. S. & Broufas, G. D. 2000. Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peach leaves in the laboratory. *Experimental and Applied Acarology* 24 (4): 247-256.
- Krips, O. E., Kleijn, P. W., Willems, P. E. L., Gols, G.J.Z. & Dicke, M. 1999. Leaf hairs influence searching efficiency and predation rate of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 23 (2): 119-131.
- Lienk, S. E. 1956. Responses of apple trees to mite infestations 2. *Journal of economic entomology* 49 (3): 350-353.
- Manson, D. C. & Oldfield, G. N. 1996. 1.4. Biology and Ecology. Teoksessa: Lindqvist, I., Sabelis M. W. & Bruin, J. (toim.). Eriphyoid Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier. s. 173-183.

- McMurtry, J. A. & Croft, B. A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual review of entomology*. Vol.42 : 291-321.
- Michalska, K., Skoracka, A., Navia, D. & Amrine, J.W. 2010. Behavioural studies on eriophyoid mites: An overview. *Experimental and Applied Acarology* 51 (1): 31-59.
- MMM 2011. Kasvinsuojeluaineiden kestävän käytön kansallinen toimintaohjelma. Työryhmämuistio 2011:4, Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki, 38 s. Verkkojulkaisu:
http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmuistiit/newfolder_25/5xCfswKPg/trm2011_4.pdf
- MMM 2003. Puutarhatuotannon strategiatyöryhmän loppuraportti. Työryhmämuistio 2003:23, Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki, 57 s. Verkkojulkaisu:
http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuistiit/2003/tr2003_23.pdf
- MMM 1996. Maa- ja metsätalousministeriön päätös hedelmä- ja marjakasvien taimiaineiston tuottamisesta ja markkinoimisesta. Päätös Nro 42/96, Maa- ja metsätalousministeriö, 22 s. Verkkojulkaisu:
<http://wwwb.mmm.fi/el/laki/kara/x/p960042.pdf>
- Mobley, K. N. & Marini, R. P. 1990. Gas exchange characteristics of apple and peach leaves infested by European red mite and twospotted spider mite. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115 (5): 757-761.
- Momen, F. M. 1995. Feeding, development and reproduction of *Amblyseius barkeri* (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Acarologia* 36 (2): 101.
- Nordlund, D. A. 1996. Biological control, integrated pest management and conceptual models. *Biocontrol News and Information* 17 (2): 35-44.
- Nyrop, J. P. & Reissig H. W. 1988. Basing European red mite control decisions on a census of mites can save control costs. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*. 123: 1-3
- Sabelis, M. W. 1996. 2.1. Phytoseiidae. Teoksessa: Lindquist, E., Sabelis, M. W. & Bruin, J. (toim.). Eriophyoid mites - Their biology, Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier. s. 427-456.
- Sabelis, M. W. 1985a. 1.4.5 Reproductive Strategies. Teoksessa: Helle, W. & Sabelis, M. W. (toim.). *World Crop Pests, Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control Volume, 1A*. Amsterdam: Elsevier. s. 265-278.
- Sabelis, M. W. 1985b. 2.1.2. Life History. Teoksessa: Helle, W. & Sabelis M. W. (toim.). *Spider mites their biology, natural enemies and control Volume 1B*. Amsterdam: Elsevier. s. 35-102.

- Saito, Y. 1985. 1.4.4 Life Types of Spider Mites. Teoksessa: Teoksessa: Helle W. & Sabelis, M.W. (toim.). Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier. s. 253-264.
- Skirvin, D. J. & De, C. W. 1999. Differential effects of plant species on a mite pest (*Tetranychus urticae*) and its predator (*Phytoseiulus persimilis*): Implications for biological control. *Experimental and Applied Acarology* 23 (6): 497-512
- So, P. 1991. Distribution patterns of and sampling plans for *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) on roses. *Researches on Population Ecology* 33 (2): 229.
- Spieser, F., Graf, B., Walther, P. & Noesberger, J. 1998. Impact of Apple Rust Mite (Acari: Eriophyiidae) Feeding on Apple Leaf Gas Exchange and Leaf Colour Associated with Changes in Leaf Tissue Environmental Entomology 27 (5): 1149-1156.
- Steinberg, S. & Cohen, M. 1992. Biological control of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in apple orchards by inundative releases of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* - a feasibility study. *Phytoparasitica* 20: 37-45.
- Stenseth, C. 1979. Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina: Phytoseiidae. Tetranychidae). *Entomophaga*, 24 (3): 311-317.
- Stern, V. M. 1973. Economic Thresholds. *Annual Review of Entomology* 18 (1): 259-280.
- Takafuji, A. & Chant, D. A. 1976. Comparative studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), with special reference to their responses to the density of their prey. *Researches on Population Ecology* 17 (2): 255-310.
- TIKE, 2012, Puutarhatilastot 2011, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, Helsinki. Verkkójulkaisu: http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/pure_2011_kansineen_ilman_leikk.varoja.pdf.
- Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski S. & Portin, P. 1993. Biologian sanakirja. Helsinki: Otava. 607 s.
- Tomczyk, A. & Kropczynska, D. 1985. 1.4.7 Effects on the Host Plant. Teoksessa: Helle, W. & Sabelis, M.W. (toim.). Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control, Volume 1A. Amsterdam: Elsevier. s. 317-329.
- Tsolakis, H. & Chiara, S. R. 1994. Biological and life table parameters of *Amblyseius andersoni* (Chant) (Parasitiformes, Phytoseiidae) on different kinds of food substances. *Phytophaga (Palermo)* 5: 21-28.
- Tukes 2012, Kasvinsuojeluainerekisteri. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston kotisivut. <https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/>. Viitattu 20.8.2012.

- Tuovinen, T. 2007a. 10.2 Tuholaiset. Teoksessa: Tahvonen, R. (toim.). Omenan viljely. Helsinki: Puutarhaliitto. s. 105-142.
- Tuovinen, T. 2007b. Carbon Kick Booster vatunäkämäpunkin torjunnassa. MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- Tuovinen, T., Lindqvist, I., Hård, E. & Simppa, S. 2002. Survey of the Eriophyid *Anthocoptes ribis* in Finland. Acta Horticulturae VIII International Rubus and Ribes Symposium (585): 369-373.
- Tuovinen, T., Lindqvist, I., Kauppinen, S. & Kivijarvi, P. 2009. Integration of biological mite control and conventional insect control in strawberry. Acta Horticulturae (842): 661-664.
- Tuovinen, T. 2010. Maintenance of predatory phytoseiid mites for preventive control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* in strawberry plant propagation. Biological Control 54 (2): 119-125.
- Tuovinen, T. 1999. Risk of Invasive Arthropod Pests Related to Climate Change in the Northernmost Small Fruit Production Area in EU. Acta Horticulturae (ISHS) 1 (838): 151-154.
- Tuovinen, T. 1997. Hedelmä- ja marjakasvien tuhoeläimet, 2. painos. Jokioinen: Kasvinsuojeluseura. 187 s.
- Tuovinen, T. 1993. Phytoseiid mites (Acari: Gamasina) in Finnish apple plantations with reference to integrated control of phytophagous mites, Agricultural Research Centre of Finland, Jokioinen. 34: 90 s.
- Van der Linden, A. 2005. Augmentation of predatory mites in Dutch nursery stock. IOBC-WPRS Bulletin 28 (1): 279-281.
- Van Leeuwen, T. 2010. The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. Experimental and Applied Acarology 51 (1-3): 205-224.
- Van Lenteren, J. C. 1980. Evaluation of control capabilities of natural enemies: does art have to become science? Netherlands Journal of Zoology 30 (2): 369-381.
- Van Lenteren, J. C., Roskam, M.M. & Timmer, R. 1997. Commercial Mass Production and Pricing of Organisms for Biological Control of Pests in Europe. Biological Control 10 (2): 143-149.
- Van Lenteren, J. C. 2003. Quality control and production of biological control agents: Theory and Testing procedures New York: CABI Publishing. 327 s.
- Veerman, A. 1985. 1.4.6. Diapause. Teoksessa: Helle, W. & Sabelis, M. W. (toim.). Spider mites: their biology, natural enemies and control, Volume 1A. Amsterdam: Elsevier. s. 279-316.

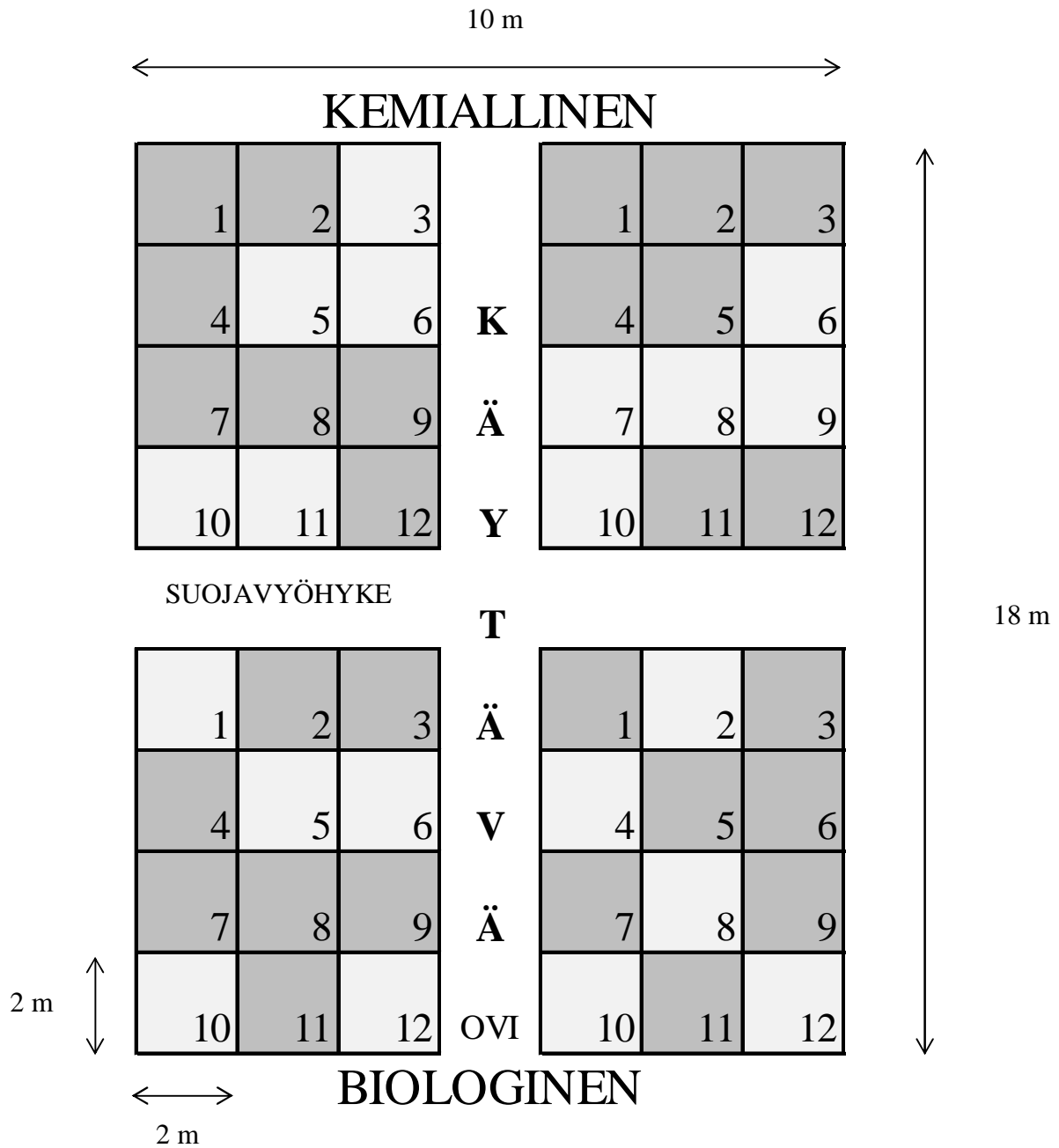
- Veerman, A. 1977. Aspects of induction of diapause in a laboratory strain of mite *Tetranychus urticae*. *Journal of insect physiology* 23 (6): 703-711.
- Wermelinger, B. 1991. Environmental factors affecting the life-tables of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). 3. Host-plant nutrition. *Experimental and Applied Acarology* 12 (3-4): 259-274.
- Wood, A. 2012. Compendium of Pesticide Common Names. <http://www.alanwood.net/pesticides/> Viitattu: 20.8.2012.
- Vänninen, I. 2006. Mitä on integroitu kasvinsuojelu? Kauppapuutarhaliitto, Into-projekti.
- Vänninen, I., Tuovinen, T., Hulshof, J., Koskula, H. & Poteri 2003, Kotimaisia torjuntaeliöitä avomaalle – lajistokartoitus metsäpuiden ja puuvartisten koristekasvien taimistoissa. Maa- ja elintarvitalouden tutkimuskeskus.
- Vänninen, I. 2006. Kasvintuhoojien torjunta-aineresistenssin hallinta, Etelä- ja Länsi-Suomen lääninhallitusten osarahoittamat projektit “Integroitu torjunta Etelä-Suomen koristekasvituotannossa” ja “Integroitu torjunta koristekasvituotannossa”.
- Xia, B. 2012. Effect of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Aleuroglyphus ovatus*. *Experimental and Applied Acarology*. 56 (1): 33-41.
- Yuqing, F. & Petitt, F.L. 1994. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 18 (10): 613-621.
- Zhang, Z. 2003. Mites of greenhouses: identification, biology and control. Cambridge, UK: CABI Publishing. 244 s.

LIITE 1 Kasvinsuojelun tilannekartoitus

KASVINSUOJELUN TILANNEKARTOITUS PUUTARHAYRITYKSESSÄ		
Yritys:		
Yhteyshenkilö:		
Osoite:		
Puhelin		
Sähköposti:		
Web-sivut:		
Laatimispvm ja laatijat:		
Tärkeät puhelinnumerot ja linkit:		
Kasvi:		
VALMISTELEVAT TOIMENPITEET/ INTEGROITU KASVINSUOJELU	Pvm	SOVITUT TOIMENPITEET
Vastuutukset, tiedottaminen, tulevan ennakointi		
Onko henkilökunnasta nimetty kasvinsuojeluvastaava ja onko hänen toimenkuvansa ja osaamisensa ajan tasalla? (erityisesti jos kasvinsuojelukäytännöt ovat oleellisesti muuttuneet, tämä tulee ottaa huomioon kasvinsuojeluvastaavan työaikaa ja vastuita suunniteltaessa)		
Toimiiko kasvinsuojelua koskeva tiedonvälitys puutarhan sisällä moitteettomasti?		
Viljelyhygieniä ja muu ennaltaehkäisevä torjunta		
Ovatko tärkeimpien tuhoojien saastuntalähteet ja -reitit tiedossa? Ilmaantuiko uusia saastuntalähteitä? (esim. taimien toimittajat, kasvijätekompostit, luonnon- ja viljelykasvit kasvihuoneen ympäristössä, poistettavien kasvien kuljetus osastojen poikki, vierailijat, ovet ja luukut)		
Onko viljelmällä tulevan kasvimateriaalin puhtauden tarkastukset hoidettu asianmukaisesti?		
Kasvintuhoojien tarkkailu		
Tarkkaillaanko puutarhalla kasvintuhoojien määrää ja perustetaanko kasvinsuojelukäsittelyt tarkkailutuloksiin?		
Mihin kasvintuhoojien torjuntapäätökset perustetaan? Torjunnan kynnyksarvot?		
Jos tarkkailua ei tehdä, miksi ei?		
Osataanko taudit ja tuhoeläimet tunnistaa riittävällä tarkkuudella?		
Pidetäänkö tarkkailusta kirjaa ja osataanko tarkkailutuloksia hyödyntää esim. kasvusto- ja tuhojakohtaisten torjuntakynnyksarvojen määrittämisessä?		
Toimivatko kontaktit asiantuntijoihin moitteettomasti, kun puutarhalla on tarvetta tuholais- tai tautimäärityksiin kasveilta tai kasvualustasta?		
Kemiallinen torjunta ja resistenssinhallinta		
Onko torjunta-ainetutkinnot päivitetty?		
Onko tarkistettu ruiskutuslaitteiden kunto (vuosittain tehtävä toimenpide)?		
Osataanko kemikaalien vuorottelu resistenssin kehittymisen hillitsemiseksi?		

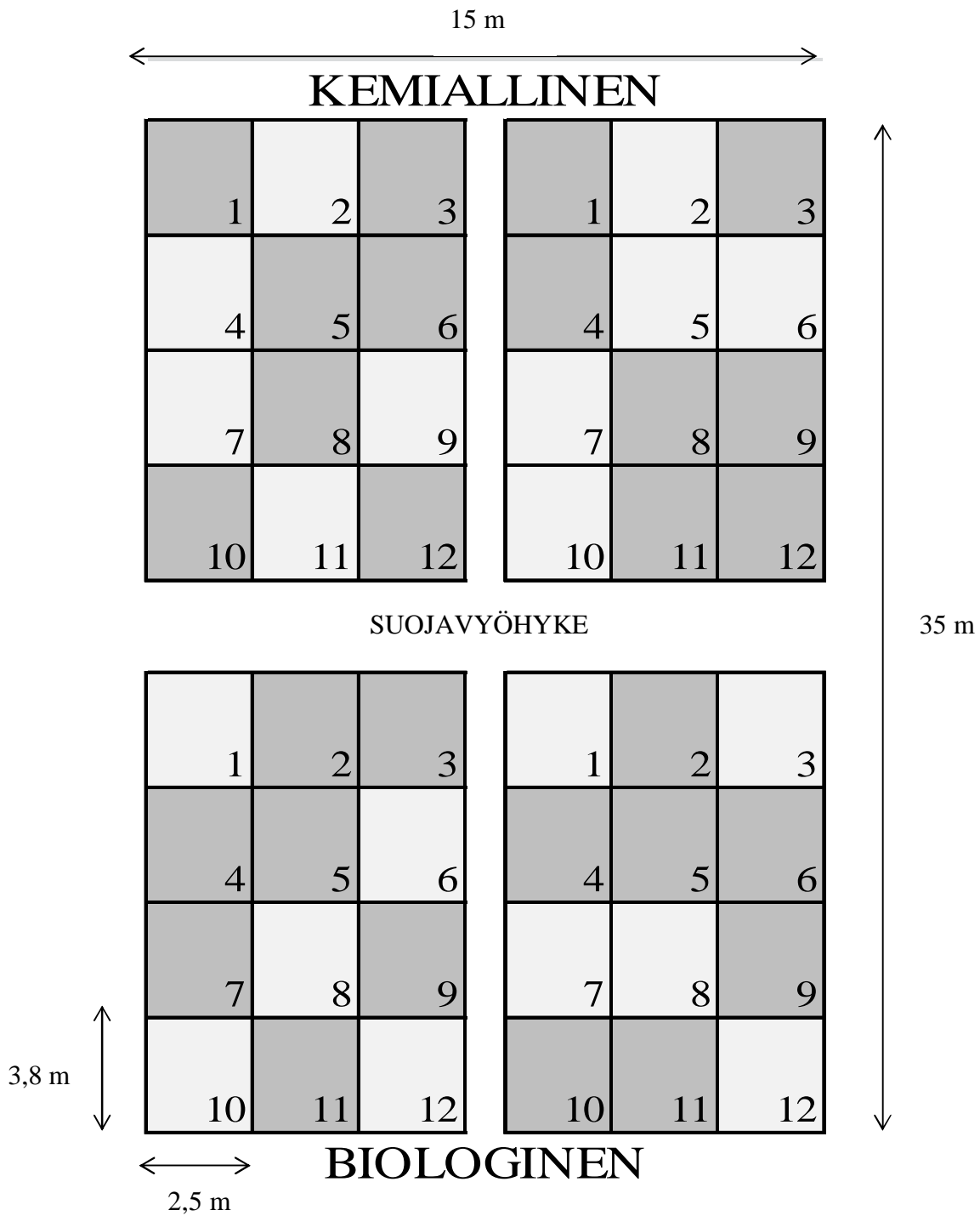
Noudatetaanko kemiallisessa torjunnassa torjuntablokkien periaatetta? (yhtä tuhoaja-sukupolvea käsitellään vain yhdellä tehoaineella)		
Havaittiinko edellisenä vuonna kemikaalikäsittelyjen aiheuttamia oleellisia haittoja kasveille? (esim. tankkiseosten aiheuttamat tai ruiskutusolosuhteisiin liittyvät vioitukset)		
Onko torjunta-ainekäsittelyjen kirjaamistapa toimiva? Tarvitseeko harkita sähköisiä kirjaamistapoja?		
Biologinen torjunta, yleiset asiat		
Tunnetaanko torjunta-aineiden haittavaikutukset torjuntaeliöihin?		
Erityisiä havaintoja liittyen torjuntaeliöiden käyttöön puutarhalla		
VILJELYKASVILLA ESIINTYVÄT KASVINTUHOOJAT:		
Tuhoeläimet:		
Äkämäpunkit		
Omenankellastajapunkin vioitus (Phyllocoptes scelechtendali)		
Kehrääjäpunkit		
Hedelmäpuupunkki (Panonychus ulmi)		
Vihannespunkki (Tetranychus urticae)		
Lehtikirvat		
Omenakirva (Aphis pomi)		
Omenanratamokirva (Dysaphis plantaginea)		
Muu, mikä?		
Tarkkailu		
Feromonipyydykset		
Lamppupyydykset		
Kasvitarkkailu		

LIITE 2 Koeruudut muovihuoneessa



Kuva 1. Koeasetelma, koealueen ja koerutujen mitat kausihuoneessa. Vaaleat ruudut ovat näytteenottoruutuja. Suojavyöhykkeellä oli taimia, joille ei levitetty petopunkkeja ja jota viljelijä varoi tehdessään kasvinsuojeluruiskutuksia.

LIITE 3 Koeruudut avomaalla



Kuva 1. Koeasetelma, koealueen ja koeruutujen mitat avomaalla. Vaaleat ruudut ovat näytteenottoruutuja. Suojavyöhykkeellä oli taimia, joille ei levitetty petopunkkeja ja jota viljelijä varoi tehdessään kasvinsuojeluruiskutuksia.

LIITE 4 Kasvinsuojelun ohjeistus taimistoille

Ohjeet taimistoille

Tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää:

- esiintyykö omenalla taimistoissa omenankellastajapunkkia (äkämäpunkki), vihannespunkkia ja hedelmäpuupunkkia (kehrääjäpunkit)?
- esiintyykö herukalla taimistoissa vihannespukkia ja herukanrataspunkkia (äkämäpunkki)?
- voidaanko kehrääjä- ja äkämäpukkeja torjua *Amblyseius andersoni* ja *Neoseiulus barkeri* -petopunkkien yhdistelmällä omenan ja herukan astiataimilta kasvihuoneessa ja avomaalla
- selvittää kirvojen torjunnan kynnsarvoja pensasruusuilla

Koeala

Taimistolla jätetään noin 10 m pituudeltaan oleva ala kasvihuoneen tai astiataimimaan päädyistä käsittelemättä torjunta-aineilla biologisen torjunnan koetta varten. Koeala jaetaan pääsääntöisesti kahteen kerranteeseen. Muu ala, jossa viljellään samaa kasvilajia, toimii kokeessa biologisen torjunnan verranteena. Tällä alalla (kasvihuoneessa tai astiataimimaalla) tehdään tuholaisten esiintymisen perusteella normaalit torjunta-ainekäsittelyt.

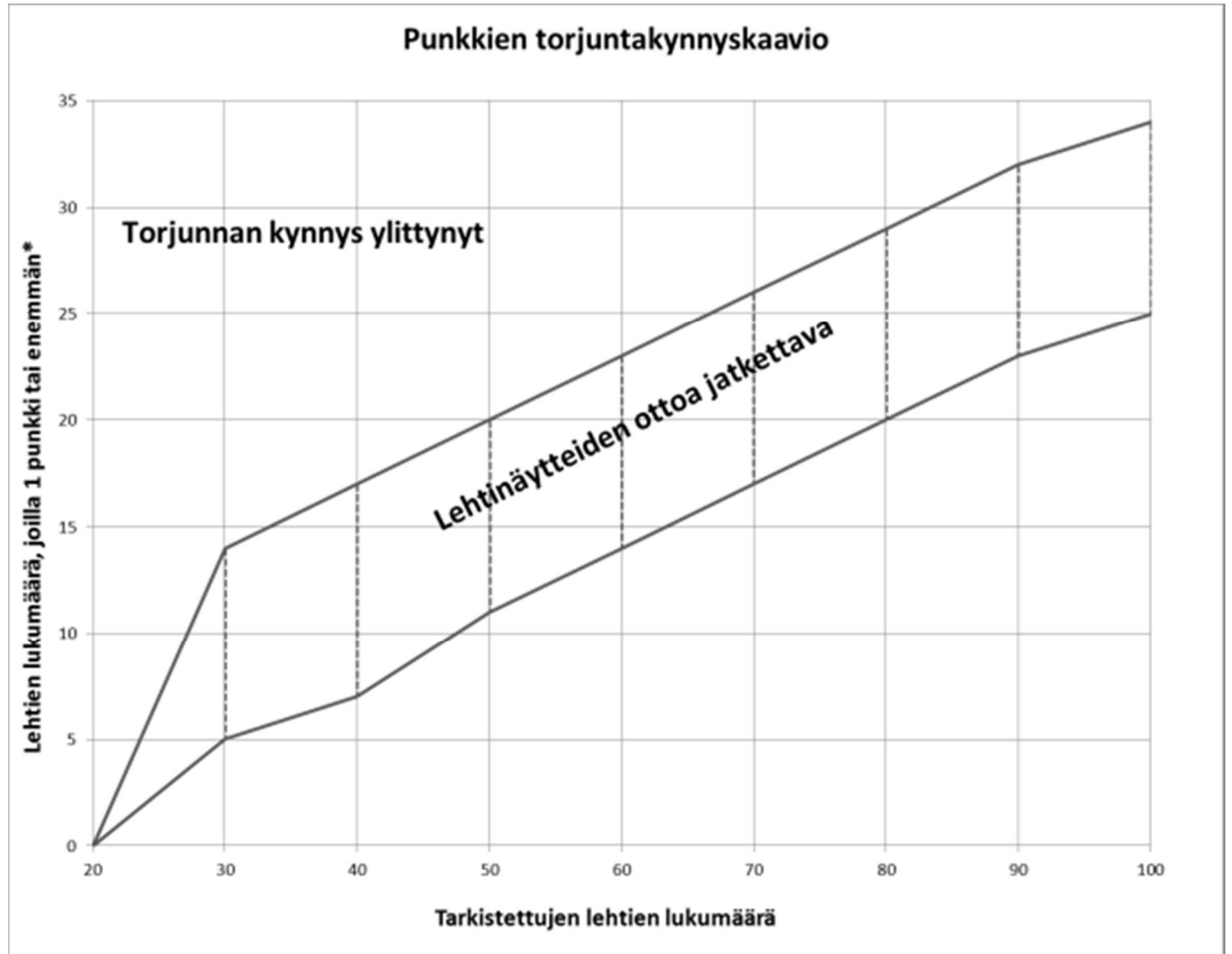
Käsittelyt

Kehräätä- ja äkämäpukkien esiintyminen todetaan lehtinäytteistä, joita otetaan 2-3 viikon välein sekä koealoilta että verranteesta. Kun ensimmäiset havainnot kehrääjä- ja äkämäpukkien esiintymisestä on tehty, biologisen torjunnan alueille levitetään ensin *Amblyseius andersoni*-petopunkkia pussitavarana noin 100 kpl/m² (yksi pussi/5 m²) ja myöhemmin torjuntaa täydennetään levittämällä *Neoseiulus barkeri* -petopunkteja irtotavarana 50-100 kpl/m². Projektin työntekijä Niina Kangas huolehtii biologisten torjuntaeliöiden levittämisestä sekä tarkkailunäytteiden ottamisesta ja käsittelemisestä, sekä ilmoittaa taimistoille tarkkailutuloksesta näytteenottoa seuraavalla viikolla.

Kemiallinen torjunta

Jos tarkkailutulosten perusteella näyttää siltä, että biologinen torjunta ei ole riittävä pitämään kurissa kehrääjä- tai äkämäpunkkisaastuntoja omenalla tai herukalla, myös biologisen torjunnan koealueet voidaan tarvittaessa käsitellä torjunta-aineilla. Tässä tapauksessa punkkien torjuntaan suositellaan Floramite 240 SC ja Envidor 240 SC -valmisteita, koska näillä on suhteellisen lyhyet varoajat, joten biologista torjuntaa voidaan jatkaa käsittelyn jälkeen. Jos kirvojen torjuntaan koealueilla on tarvetta, suositellaan käytettäväksi Calypso SC 480 -valmistetta. Biologisen torjunnan koealueilla tehtävistä kemiallisista torjunnoista tulee AINA sopia etukäteen Niina Kankaan tai Tuomo Tuovisen kanssa.

LIITE 5 Torjuntakynnyskaavio



Kuva 1. Kaavio on piirretty Agnellon ym. (1991) kaavion pohjalta, jossa torjuntakynnys on 2,5 punkkia/lehti. Kaaviota sovellettiin mikrokooppitarkastelun yhteydessä ja torjuntakynnys säädettiin 1 punkkiin/lehti. Jokaisen näytteenottokerran jälkeen molempien käsittelyjen alueelta tarkastettiin aina 50 lehdeltä 1,5 cm x 1,5 cm kokoinen alue. Kaavion mukaan torjuntakynnys ylittyy kun 50 lehdestä 20 esiintyy vähintään yksi punkki. Esimerkiksi 11.7. biologisen torjunnan alueelta ikkunametodin avulla tarkastetulta 50 lehdeltä yhteensä 17 lehdellä esiintyi vähintään yksi vihannespunkki, joista 12 lehdellä yli kaksi punkkia. Tämän perusteella biologisen torjunnan alueella katsottiin aiheelliseksi suorittaa kemiallinen kasvinsuojeluruiskutus.

* Alkuperäisessä kaaviossa ”lehtien lukumäärä, jolla enemmän kuin 3 punkkia”.

LIITE 6 Havaintolomake

Taimisto IP 2011

Omenanlehtinäyte

Tila: Näytt.otto pvm:

Käsittely: Kerranne: Ruutu:

Lehti	OKp	Hp	Vp	<i>P. persimilis</i>	<i>N. barkeri</i>	muut
1						
2						
3						
4						
5						
pesunäyte						

Tila: Näytt.otto pvm: Paino:

Käsittely: Kerranne: Ruutu:

Lehti	OKp	Hp	Vp	<i>P. persimilis</i>	<i>N. barkeri</i>	muut
1						
2						
3						
4						
5						
pesunäyte						

Tila: Näytt.otto pvm: Paino:

Käsittely: Kerranne: Ruutu:

Lehti	OKp	Hp	Vp	<i>P. Persimili</i>	<i>N. barkeri</i>	muut
1						
2						
3						
4						
5						
pesunäyte						

LIITE 7 Pesutarvikkeet



Kuva 1. Lehtien pesussa käytetyt tarvikkeet. Kuvassa vasemmalta oikealle pesuämpäri, näytepussi, nokkapullo, näytepullo, siivilä \varnothing 1,5 mm ja \varnothing 0,0015 mm.



Kuva 2. Mikroskopointitarvikkeita. ELISA-lasi, Finnpiipetti ja ankeroislasi (ruutulasi mikroskoopin alla).