

**Jauhiaisten uudet torjuntastrategiat
kasvihuonetuotannossa (Jaustra, 2020-22)**

Loppuraportti 31.3.2023 (päivitys 18.7.2023)



Irene Vänninen, erikoistutkija/Luke ja hankkeen projektipäällikkö/ÖSP
(Irene.Vanninen@luke.fi)

Sandra Blomqvist, projektityöntekijä, ÖSP

Esa Palmujoki, viljelyneuvoja, SCADS

Tiivistelmä: Jaustra-hankkeessa kehitettiin toimivia käytäntölähtöisiä menetelmiä ansarijauhiaisten torjunnan tehostamiseksi ympärivuotiselta tomaatilta. Tulosten perusteella torjuntaa voidaan tehostaa painottamalla ensisijaisina torjuntaeliönä jauhiaisluteita (*Macrolophus pygmaeus*) ja käyttämällä sekä jauhiaisten että petoluteiden tarkkailuun optimaalista kelta-ansatiheyttä (1 ansa/250 m²). Silloin jauhiaispesäkkeet löytyvät koko kasvihuoneen alalta ja pesäkekohtainen täsmätorjunta tulee mahdolliseksi. Tarkkailuansat sekä massapyydystysansanauhat täytyy sijoittaa hiukan latvojen alapuolelle, jotta ne pyydystävät aikuisia jauhiaisia tehokkaasti.

Optimaalinen ansatiheys määritettiin kahdella eri tavalla: tilastollisesti variogrammanalyysin avulla ja empiirisesti syöttämällä tarkkailutiedot sovellukseen, joka havainnollistaa liikennevaloväreillä jauhiaisten määrät eri osissa kasvustoa. Aloittamalla viidellä ansalla ja lisäämällä ansojen määrää viiden erissä lämpökartoista nähtiin, millä ansatiheydellä karttojen antama informaatio alkoi toistaa itseään eli ansatiheyden lisääminen ei enää anna uutta informaatiota. Molemmilla menetelmillä päädyttiin samaan optimaaliseen ansatiheyteen, joka minimoi tarkkailun työmäärän antaen kuitenkin riittävästi informaatiota päätöksentekoa varten.

Kahdessa erikoistomaattihuoneessa vuoden ja puolen vuoden viikoittaisiin tarkkailutuloksiin perustuen kehitettiin laskukaava, jonka antamien kynnyksarvoindexien avulla näyttäisi olevan mahdollista seurata jauhiaisluteiden toiminnan onnistumisen tasoa jatkuvasti. Indekseille on määritelty alustavat raja-arvot, jotka ohjaavat päätöksentekoa ja varoittavat, kun täytyy ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. Biologisen torjunnan päätöksentekoa ohjaavat kynnyksarvot eivät ole vielä yleisiä, joten kehitetty menetelmällä on uutuuspotentiaalia.

Jauhiaisluteiden puskuripopulaation muodostumista osoitettiin voitavan nopeuttaa 3-4 viikolla levittämällä luteet tomaattien taimille 10 päivää ennen kuin ne tuodaan tuotantokasvihuoneeseen. Samoihin ludemääriin päästiin kuitenkin 3-4 viikon viiveellä levittämällä istutuksen jälkeen 8 kpl luteita per m² kahteen erään jaettuna; kummassakin käsittelyssä luteita ruokittiin hyönteisravinnolla 6 viikon ajan joka tai joka toinen viikko. Toukkien ja aikuisten määrä per lehti oli suurimman osan ajasta maksimissaan 2-2,5. Tällaisten määrien on havaittu eteläisemmissä oloissa saattavan vioittaa tomaattien hedelmiä ja jopa pienentävän tomaattisatoa, ilmeisesti sekä luteiden imennän ja niiden kasvissa aiheuttaman indusoidun resistenssin takia. Jaustran kokeessa voitoksia ei kuitenkaan havaittu. Tomaattien imentvioletukset ja kukkien voittuminen ovat kuitenkin potentiaalinen riski, jonka syntymiseen johtavista olosuhteista täytyy saada tarkempaa tietoa Suomen erityisissä talviviljelyn olosuhteissa. Vioitusten syntyminen vaikuttaisi olevan meillä vähäisempää kuin eteläisemmissä oloissa, jotka suosivat luteiden lisääntymistä ja nopeuttavat niiden kehitystä.

Loispistiäisten (jauhiaiskiilukaiset) huonolle toimintateholla syys- ja talvikuukausina tuotettiin hypoteesit, jotka voidaan jatkossa testata. Ne koskevat tomaattihuoneiden lämpötila- ja valo-olojen kerrostuneisuutta suurpainenatriumlamppujen alla, pistiäiskoteloiden poistumista lehtien mukana poistettaessa kolme alinta lehteä viikoittain (pistiäiset eivät kuoriudu kasvihuoneeseen jatkamaan sukua) ja petoluteiden loisittuihin jauhiaistoukkiin kohdistuvaa saalistusta. Lehtien lattialle jättäminen ei tehostanut pistiäisten kuoriutumista riittävästi viikon aikana, sillä samalla kasvihuoneeseen kuoriutuu myös jauhiaisia, vaikka niistä suurin osa kuoriutuukin lehdtä jo ennen niiden poistamista.

Typpilannoitus puolittamalla ei voitu vaikuttaa negatiivisesti ansarijauhiaisen kehitysnopeuteen ja kuolleisuuteen alku- ja siirtymävaiheen lannoituksella, koska kasveihin kertyi typpeä yli niin sanotun kriittisen rajan kaikissa käsittelyissä. Suomessa käytetty alaslaskumenetelmä on siis varsin intensiivinen ja kasveja hyvin suosiva. Satotaso ei kuitenkaan alentunut pienimmälläkään lannoitustasolla (jossa typpeä korvattiin kloridilla ja sulfaatilla), joten typen vähentämisen mahdollisuuksia tomaattia lannoitettaessa kannattaisi tutkia ympäristönsuojelullisista syistä koko kasvujakson aikana.

Uusien torjuntastrategioiden kolmea eri kustannusskenaariota verrattiin käytössä olevien strategioiden kustannuksiin, joista saatiin tiedot yrityksiltä. Skenaarioiden mukaan kustannukset voidaan uusia strategioita käytettäessä jopa puolittaa. Suurin syy on pistiäisten käytön maltillistaminen ja niiden käytön painottaminen korjaavaan torjuntaan yhdessä petoludenymfien ja biorationaalisten aineiden kanssa. Tehostettu tarkkailu nostaa kustannuksia vain vähän, mutta voi olla yrityksissä suurin este uusien strategioiden käyttöönotolle. Pioneerikäyttäjien kanssa ajan myötä tuotettavat laskelmat tehostetun tarkkailun ja kynnsarvojen käytön hyödyistä voivat muuttaa asenteita ja käytäntöjä tarkkailun suhteen.

Hankkeessa saatiin tuloksia torjunnan tehostamiseksi huolimatta siitä, että tutkimusta tehtiin lähes yksinsomaan kaupallisilla viljelmillä, mihin liittyy aina haasteellisia tilanteita datan saatavuuden ja integriteetin suhteen. Yhteistyö kasvihuoneyritysten, neuvonnan ja tutkimuksen välillä toimi erittäin hyvin ja oli onnistumisen edellytys. Yhteistyö jatkuu edelleen yhden ison tomaattiyrityksen kanssa, joka on ottanut käyttöönsä hankkeessa tuotettuja uusia menetelmiä ja joka parhaillaan testaa kynnsarvokaavan toimintaa omissa kasvihuoneissaan.

Sisällys

1. Hankkeen tavoitteet.....	5
2. Osapuolet ja yhteistyö.....	7
3. Tulokset.....	8
3.1 Menetelmät ja aineisto.....	8
3.1.1 ENNAKKOTORJUNNAN TEHOSTAMINEN	9
3.1.2. TARKKAILUN OPTIMOINTI.....	11
3.1.3. PÄÄTÖKSENTEKO.....	12
3.1.4. BIOLOGISEN TIEDON LISÄÄMINEN TORJUNTAMENETELMIEN TEHOSTAMISEKSI	14
3.1.5. TORJUNTAKUSTANNUKSET	14
3.1.7. OPPIMINEN JA VIESTINTÄ.....	15
3.1.7. SUUNNITTELU	15
3.2 Tulokset.....	15
3.2.1. Suositus 1: Macrolophus-luteet päätorjuntaeliöksi.....	15
3.2.2. Suositus 2: Käytä optimaalista ansatiheyttä tarkkailuun eli 1 ansa/250 m2.....	17
3.2.3. Suositus 3: Käytä kynnyсарvoja jauhiaisluteiden tehon seurantaan	17
3.2.4. Suositus 4. Käytä korjaavaan biologiseen torjuntaan jauhiaisluteiden nymfejä sekä loispistiäisiä.....	19
3.2.5. Suositus 5: Käytä aina mekaanista torjuntaa taustalla	20
3.2.6. Miksi loispistiäiset eivät toimi kunnolla syys- ja talvikuukausina?.....	20
3.2.7. Oppiminen ja viestintä	22
3.2.8. Jauhiaistorjunnan kustannukset	22
3.3 Toteutusvaiheen arviointi.....	24
3.4 Julkaisut.....	25
4. Tulosten arviointi.....	25
4.1. Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus.....	26
Kirjallisuusviitteet	30

1. HANKKEEN TAVOITTEET

Ohjausryhmän 15.5.2020 hyväksymän tarkennetun tutkimussuunnitelman mukaisesti Jaustrahankkeiden tavoitteiden fokus oli toimivien keinojen kehittäminen jauhiaistorjunnan parantamiseksi kasvihuonetuotannossa. Käytännössä tutkimus rajoittui jauhiaisten torjuntaan ympärivuotisella tomaatilla, koska tällä kasvilla jauhiaisongelmat olivat toistuvasti olleet suurimmat.

Jaustran toimintamalli ja tarkempi tavoitekokonaisuus oli seuraava (ohjausryhmän kokous 15.5.2020):

- Parantaa kokonaisvaltaisella tavalla tomaatin ja kurkun jauhiaistorjunnan teknistä ja taloudellista tehokkuutta
- Tehdä käytäntölähtöistä tuottajien, neuvojen, tutkijoiden ja tarviketoimittajien yhteistyötä ja tuottaa tietoa ja torjuntaratkaisuja
- Vanhojen keinojen parantamista ja uusia avauksia
- Olemassa olevan tiedon soveltamista mahdollisimman pitkälle
- Joustava fokusointi työpaketti 1:n (viljelijähaastattelut jauhiaistorjunnan nykytilanteesta) tulosten perusteella

Tutkimuskokonaisuus sisälsi lopulta seuraavat osakokonaisuudet:

- 1. Viljelijähaastattelut**
- 2. Ennakkotorjunnan kehittäminen:**
 - a. Macrolophus-jauhiaisluteet ensisijaiseksi torjuntaeliöksi loispistiäisten asemesta
 - b. Jauhiaisten lisääntymiseen vaikuttaminen tomaattien typpilannoitusta vähentämällä – tästä tehtiin yksi koe, jonka jälkeen ohjausryhmä suositteli, että typpitutkimus lopetetaan ja keskitytään suoriin torjuntakeinoihin.
 - c. Massapyynnin tehostaminen kelta-ansanauhojen oikealla sijoittelulla
- 3. Tarkkailun optimointi:**
 - a. Optimaalinen kelta-ansatiheys (työmäärän minimointi ja informaation saannin maksimointi) --> jauhiaispesäkkeiden täsmätorjunta
 - b. Digitaalisen työkalun demonstrointi tarkkailutulosten visualisoimiseksi
- 4. Päätöksenteko:**
 - a. dynaamisten kynnyksarvojen kehittäminen jauhiaisluteille niiden tehon jatkuvaksi seuraamiseksi perustuen optimoituun tarkkailuun kelta-ansoilla
- 5. Biologisen tiedon lisääminen tuhojasta ja torjuntaeliöistä torjuntastrategioiden pohjaksi erityisesti korjaavaa torjuntaa¹ ajatellen:**
 - a. Jauhiaisten vertikaalijakaumat ja eri kehitysasteiden sijainti tomaattikasvien eri osissa
 - b. Alalehtien poiston vaikutus loispistiäisten ja jauhiaisten keskinäiseen populaatiodynamiikkaan
 - c. Valo- ja lämpötilaolosuhteiden vaikutus torjuntaeliöiden käyttäytymiseen eri vuodenaikoina
 - d. Korjaavan torjunnan menetelminä jauhiaisluteiden nuoruusasteet ja biorationaaliset valmisteet
- 6. Jauhiaistorjunnan kustannukset vanhoilla ja uusilla torjuntastrategioilla**
 - a. kaikki kustannukset perustuen kolmeen vanhaan torjuntastrategiaan (data yrityksistä)
 - b. kaikki kustannukset perustuen kolmeen skenaarioon uusia torjuntastrategioita käytettäessä

¹ Korjaavalla torjunnalla tarkoitetaan sitä, että tuhojaa vastaan tehdään lisätoimenpiteitä, jotta saadaan estettyä sen populaatiotiheyden nousu yli taloudellisen tuhon kynnyksen.

7. Oppiminen ja viestintä:

- Jauhiaisklinikat viljelijöille ja neuvoille (kolme klinikkaa 2021-22)
- Yhteistyö tomaattirytysten kanssa (koe- ja havainnointiyhteistyö kuuden yrityksen kanssa, josta kahden kanssa koko ajan 2021-22) sisältäen suunnittelun ja tiedonjaon ja tulosten tarkastelun yhteisissä kokouksissa

8. Suunnittelu:

- Oppaat ja suositukset

Lukemisen helpottamiseksi on kuvassa 1 esitetty jauhiaisten elämänkierron vaiheet. Jauhiaiset munivat tomaattien ylimmille lehdille. Munat ja toukat ovat koko kehitysaikansa samalla lehdellä, koska vain pienimmät toukka-asteet liikkuvat joitakin senttejä, vanhemmat luovat vain nahkansa ja työntävät sitten stiletinsä eli eräänlaisen lankamaisen imukärsänsä suunnilleen samaan paikkaan, missä se oli ennen nahanluontia. Lehtien mukana toukat laskeutuvat kuin vihreässä hississä, kun kasveja lasketaan viikoittain alaspäin niiden latvojen ylitettyä ylänarun, johon kasvit on narulla kiinnitetty. Näin latvat pysyvät koko ajan suunnilleen samalla tasolla. Samalla kun kasveja lasketaan alaspäin, niitä siirretään hieman sivusuunnassa, jotta koko ajan pitenevä varsi mahtuisi lepäämään kasvurännin sivussa vaakatasossa. Varsi saavuttaa lopulta jopa 15 m pituuden (ks. kuva 2).



Kuva 1. Ansarijauhiaisen elämänvaiheet ja sen loisen jauhiaiskiilukaisen (*Encarsia formosa*) loisimat jauhiaisen toukka-asteet (L1-L4, joista L3 ja L4 suosituimmat loisintakohteet). Jauhiaislude (*Macrolophus pygmaeus*) (oikealla ylh.) on peto ja syö sekä aikuisena että toukkana (nymfinä) kaikkia jauhiaisen kehitystasaita, jopa aikuisia, mutta pystyy käyttämään myös kasvinesteitä ravinnokseen, joskin lude-toukat kehittyvät aikuisiksi vain kun saavat hyönteisravintoakin. Kuvat: Irene Vänninen.

Kun tomaatin alimmat hedelmät kypsyvät, niitä lähimmät alimmat 2-3 lehteä poistetaan. Näin kypsät tomaatit on helppo poimia ja kasvien lehtimäärä pidetään halutulla tasolla (14-22 kappaletta riippuen tomaattityypistä ja -lajikkeesta ja vuoden-ajasta). Alalehdiltä näkyy biologisen torjunnan historia lehden koko elinajalta, kun alalehdillä jauhiaiskiilukaisten ylempänä loisimat toukat muuttuvat mustiksi ja jauhiaiskiilukaisten ja petoluteiden syönnistä jäljelle jääneet toukka- tai kotelonahkat ovat edelleen kiinni lehdessä. Lehtien määrä per kasvi ja eri tomaattilajikkeiden kasvatusta (avoin ja

suljettu) vaikuttaa kasvuston mikroilmastoon: valoisa vs. hämärä, kuiva vs. kostea, viileämpi vs. lämpimämpi alaosissa käytettäessä kasvien valotukseen paljon lämpöä tuottavia suurpainenatrium- eli HPS-lamppuja (kuva 3).



Kuva 2. Vas. alaslaskettujen kirsikkatomaattien varsien muodostamaa vyyhtiä. Oik. suurpainenatrium-lamppuja tomaattikasvuston yläpuolella ja kelta-ansa-arkkeja ja - nauhoja jauhiaisten massapyydystämiseen . Kuvat: Irene Vänninen.



Kuva 3. HPS-lamppujen lisäksi käytetään kasvuston puoliväliin sijoitettuja led-välivaloja (vas.). Nykyään ledit voivat olla kasvien ainoakin valolähde (oik.). Kuvat: Irene Vänninen.

2. OSAPUOLET JA YHTEISTYÖT

Hankkeen omistaja oli Österbottens Svenska Producentförbund (ÖSP), tarkemmin sanottuna sen puutarhavalioikunta, joka osarahoitti hanketta kehittämisrahastostaan. ÖSP palkkasi hankkeeseen kokoaikaisen projektityöntekijän (biologi Sandra Blomqvist). ÖSP rahoitti myös projektipäällikön tutkijantyötä 2-3 kuukaudella per vuosi.

Hankepartnerina oli Luonnonvarakeskus (Luke), jonka Makeralta saamalla ja omalla rahoitusosalla kustannettiin osa projektipäällikön työstä, tutkija Timo Kaukorannan työ mallinnettaessa loispistiäisten ja jauhiaisten välistä populaatiodynamiikkaa ja biometrikkojen työpanosta tilastoanalyysien tekemiseksi. Projektipäällikön osa-aikainen työskentely Lukessa oli erittäin hyvä ratkaisu hankkeessa tarvittavan kirjallisuuden saamiseksi käyttöön Luken kirjastopalvelujen kautta sekä yhden kasvihuonekokeen toteuttamiseksi syksyllä 2020.

Kasvihuonekoe toteutettiin Luken ja ÖSP:n yhteistyönä. Sitä varten ÖSP palkkasi Rikalan säätiön rahoituksella opinnäytetyön tekijän Helsingin yliopistosta ja Luke antoi kokeen käyttöön neljä

tutkimuskasvihuonetta sekä tutkimusmestareiden työpanosta Jokioisilla. Tämä järjestely toimi mainiosti.

Jaustra osti konsulttipalveluja SCADS-yritykseltä (Esa Palmujoki). Palmujoki toimi hankkeen aikana Pohjanmaalla myös Biotus Oy:n palkkaamana viljelyneuvojana. Palmujoen suhdeverkostojen avulla Jaustrassa muodostui elävä ja toimiva linkki tutkimuksen ja käytännön tilojen välille. Samaa asiaa palveli hänen viljelijätaustansa: entisenä tomaatin viljelijänä hän tuntee jauhiaisongelmat ja pystyi sen ansiosta tuomaan käytännön ymmärrystä tutkimusten suunnitteluun, kustannuslaskentaan ja tulosten tulkintaan. Hän jalkauttaa parhaillaan hankkeen tuloksia tomaattirytyksiin paraikaakin neuvontatyönsä kautta.

Yritysyhteistyö kasvihuonetuottajien kanssa oli välttämätön osa hanketta. Koe- ja havaintopaikkoina toimineet yritykset haastoivat tutkimusta ja sen kysymyksenasettelua ja siten suorastaan ohjasivat tutkimusta käytäntöä palvelemaan suuntaan. Yritysten, neuvonnan ja tutkimuksen välille muodostunut ”kolmikanta” toimii esimerkkinä siitä, miten tiedon tuottaminen ja innovointitoiminta ja tiedonvaihto parhaimmillaan toimivat puutarha-alalla.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat päärahoittajan eli maa- ja metsätalousministeriön edustajina ohjausryhmän pj. Johanna Nykyri (häntä sijaisti Taina Sahin yhtenä vuonna) ja Tove Jern sekä neuvoo-antavana tahona Veli-Pekka Reskola, Biotus Oy:n toimitusjohtaja Jan Hulshof, kasvihuone-vihannesten tuottaja Tero Juntti, opetuksen edustajana Teo Kanninen Hämeen ammattikorkeakoulusta Lepaalta, erikoistutkija Anne Nissinen Lukesta, ylitarkastaja Jari Poutanen Ruokavirastosta sekä hankkeen omistajan edustajana toiminnanjohtaja Johanna Smith ÖSP:sta (häntä sijaisti tarvittaessa ÖSP:n puutarha-asiamies David Pettersson). Ohjausryhmä, joka kokoontui hankkeen aikana neljä kertaa, osallistui hankkeen tavoitemäärittelyihin ja kommentoi tuloksia aktiivisesti.

Helsingin yliopiston suuntaan Jaustra linkittyi maisteritutkinnon opinnäytetyön kautta (Vigeliu, 2022). Valmistuttuaan keväällä 2022 Vigeliu sai heti tutkimusinsinöörin paikan Luken luonnonvarayksiköstä, mihin varmasti vaikutti hänen työskentelynsä hankkeessa ja sen aikana paljastunut tarkkuus, tunnollisuus ja idearikkaus tutkimustyön toteuttamisessa.

Hankkeen kokonaisbudjetti oli alun perin 403 845 euroa, josta Makera rahoitti 253 000 euroa, ÖSP 25 000 euroa, Luke 35 410 euroa, Rikalan puutarhasäätiö 12 000 euroa ja yritykset (Biotus Oy, Steelmark Oy, Botnia Vihannes Oy ja Yara Oy) yhteensä 4720 euroa. Makeran rahoitus jaettiin ÖSP:n ja Luken kesken suhteessa 71 ja 29 %. Muista lähteistä oli suunniteltu haettavan ja saatavan puu-ttuva osuus budjetista eli 73 715 euroa. Hakemukset eivät kuitenkaan tuottaneet tulosta kuin Rikalan säätiöltä, mutta hankkeen kulut eivät loppujen lopuksi nousseet alun perin ennakoidulle tasolle. Tarvikeostoja ja koronan vuoksi etenkin matkakuluja ei kertynyt budjetoitua määrää. Puuttumaan jäänyttä lisärahoitusta tarvittiin siksi vain 7418 euroa, jonka ÖSP kustansi lisäämällä tällä määrällä omarahoitusosuuttaan hankkeen lopussa, mistä suuri kiitos ÖSP:n puutarhaliokunnalle.

Kiitos kaikille rahoittajille hankkeen toteutuksen mahdollisuudesta ja ohjausryhmälle aktiivisesta hankkeen tavoitteiden täsmentämisestä ja hankkeen etenemistä koskevasta palautteesta.

3. TULOKSET

3.1 Menetelmät ja aineisto

Viljelijähaastattelut antoivat lähtötasotiedon jauhiaisten torjunnan nykytilanteesta Pohjanmaan kasvihuoneissa. Haastatteluja tehtiin 14 kpl, lisäksi haastateltiin viittä neuvojaa ja tehtiin täydentävä webropol-kysely torjuntamenetelmien käytöstä. Aineistot kirjoitettiin auki ja ne tallennettiin atlas.ti -ohjelman pilvipalveluun, jossa niistä voitiin etsiä laadullisin menetelmin tietoja torjuntamenetelmien käyttökokemuksista, yleisyydestä, hankaluuksista, toiveista ja torjuntaa koskevista ideoista.

3.1.1 Ennakkotorjunnan tehostaminen

Jauhiaisluteiden ja pistiäisten aiheuttamaa jauhiaistoukkien ja -koteloiden kuolleisuutta tutkittiin Daltary-kirsikkatomaatilta kahdessa yrityksessä talvella 2022. Näytteiksi kerättiin tomaattien alimpia lehtiä useina perättäisinä kuukausina.

Jauhiaisluteiden käytön tehostamista ennakkotorjunnassa tutkittiin päästämällä luteet Livento-tomaateille jo taimituotantotiloissa eikä vasta tuotantokasvihuoneessa (kuva 4). Tällöin luteet ovat taimissa munina, kun taimet 10 vrk:n kuluttua ”ludeympäyksestä” istutetaan tuotantokasvihuoneeseen. Koska menetelmä on jo käytössä Espanjassa (Calvo et al., 2012) ja Italiassa (Nannini et al., 2014), toteutettiin vain demonstraatiokoe Suomen syksyn olosuhteissa kahdella noin 300 kasvin koeruudulla per käsittely. Yhden hehtaarin kokoisessa kasvihuoneessa oli verranteena tomaattiyrityksen oma strategia luteiden levittämiseksi. Lopulliseen kasvitiheyteen suhteutettuna luteita levitettiin yrityksen omilla käsittelyruuduilla 8 kpl/m², taimet ympättäessä vain 2,8 kpl/m², mutta jälkimmäinen levitystapa varmisti sen, että luteita tuli käytännössä kaikille kasveille. Seitsemän kasvin lehdistä per koeruutu laskettiin luteiden nuoruusasteet, aikuiset ja nahanluonnista jäljelle jääneet nahkat syys-marraskuussa viikoittain, sitten vielä kerran joulukuussa ja kerran tammikuussa.



Kuvat 4A (kuvaaja Marika Peltokoski) ja 4B (kuvaaja Esa Palmujoki). Aikuiset jauhiaisluteet päästettiin vapaaksi harsolla suojatuille taimille, jotta luteita saatiin taimille haluttu määrä per latva. Samalla estettiin luteiden pääsy muille samassa tilassa kasvaneille taimille. Harsoa pidettiin taimien päällä vain 5 päivää, jotta taimet eivät kärsisi valon puutteesta. ”Ludetaimet” merkittiin oransseilla lapuilla ja toimitettiin 10 päivän kuluttua ympäyrykseen.

Ludeympätyillä taimilla luteita ruokittiin joka viikko 6 viikon ajan jauhokoisan munilla, joita ripoteltiin joka kasville. Yrityksen omilla ruuduilla luteita ruokittiin joka toinen viikko Entofood-ruokavalmis- teella (jauhokoisan munia ja Artemis-äyriäisten kystoja), joita puhallettiin yhdelle kasviriville per koeruutu.

Kelta-ansanauhojen oikean ripustuskorkeuden merkitystä tutkittiin tammi-helmikuussa 2022 kolmena perättäisenä viikkona. Massapyydystysansoja ripustettiin latvojen alapuolelle ja kokonaan latvojen yläpuolelle. Viikon kuluttua laskettiin, montako prosenttia ansoihin menneistä jauhiaisista löytyi latvojen alapuolelle ja latvojen yläpuolelle ripustetuista ansoista.

Typpilannoituksen vähentämisen vaikutusta jauhiaisiin tutkittiin Luken neljässä koekasvihuoneessa Jokioisilla elokuun alusta lokakuun puoliväliin (kuvakavalkadi 6). Lannoiteliuksissa oli neljä eri typpitasoa (N1, N2, N3, N4) (taulukko 1). N3 toimi kontrollina eli tyyppiä oli tavanomainen määrä. Typpitasoilla N1 ja N2 typen määrää oli vähennetty 50 ja 70 %:iin. N4 oli ”typpimetodin” mukainen eli tyyppiä oli 119 % kontrolliin verrattuna. Vähennettyä tyyppiä korvattiin kloridilla ja sulfaattilla, jotta lannoiteliuosten johtokyky pysyisi sopivana. Reseptien mukaiset lannoitusvaiheet olivat alkulannoitus, kunnes taimissa oli kaksi terttua; siirtymävaihe, kunnes taimissa oli neljä terttua ja lopullinen lannoitus, kun taimissa oli viisi terttua (kuva 5). Lannoiteliuosten typpipitoisuus väheni alkuvaiheen jälkeen loppua kohden kaikilla typpitasoilla (taulukko 1). (Vigelius, 2022).

Kokeessa mitattiin jauhiaiskoiraiden ja naaraiden kehitysnopeus ja kuolleisuus munavaiheesta aikuistumiseen. Kokeen tarkka toteutus on kuvattu Vigeliuksen pro gradu-työssä.

vk 31	vk 32	vk 33	vk 34	vk 35	vk 36	vk 37	vk 38	vk 39
Alkulannoitus			Siirtymävaihe		Lopullinen lannoitus			
31.7.-16.8.			17.-24.8.		25.8.-			
1. munitus (kuolleisuus ja kehitysaika)					Kuoriutuminen (rasioissa)			
10.8. H54 (1)					3.9.- H54		-14.9. H54	
12.8. H54 (2)					4.9.- H53		-13.9. H53	
13.8. H54 (3)					6.9.- H52		-20.9. H52	
14.8. H53					2. munitus (muninnan määrä)			
16.8. H52					4.9.- H54		-22.9. H54	
					5.9.- H53		-26.9. H53	
					9.9.- H52		-26.9. H52	

Kuva 5. Kasvihuonekokeen ajoitus. Vigeliuksen pro gradu-työ perustuu 1. munitusjaksoon, josta kuorituneet toukat elivät pääosan ajasta alku- ja siirtymävaiheen lannoitusta saaneilla kasveilla. Tuolloin lannoitus-reseptien väliset erot eivät olleet vielä niin suuret kuin lopullisen lannoituksen vaiheessa. Toinen munitusjakso osui siirtymävaiheen lannoitusviikolle, joten munista viikon kuluttua kuorituneet toukat käyttivät ravinnokseen loppulannoitusta saaneita kasveja. Silloin lannoitereseptien väliset erot olivat suurimmillaan. Kuva on Vigeliuksen pro gradu-työstä.

Taulukko 1. Lannoiteliuosten toteutuneet typpipitoisuudet (mg/l) keskiarvona jokaiselle lannoitusvaiheelle ja typpitasolle.

Typпитaso	Alkulannoitus (mg/l)	Siirtymävaihe (mg/l)	Lopullinen lannoitus (mg/l)
N1	317	212	128
N2	318	256	169
N3	372	306	242
N4	406	331	287



Kuvakavalkadi 6. Kasvihuonekokeen toteutuksen vaiheet Luken kasvihuoneissa Jokioisilla 30.7.-9.10.2020. Viimeisenä päivänä toteutettiin makuraati eri huoneista kerättyjen tomaattien maun arvioimiseksi. Kuvat: Irene Vänninen.

3.1.2. Tarkkailun optimointi

Montako ansaa kasvihuoneessa pitää olla, jotta uudet jauhiaispesäkkeet tulevat tehokkaasti havaituiksi? 3250 m²:n kirsikkatomaattihuoneeseen laitettiin eri etäisyyksille toisistaan yhteensä 30 kelta-ansaa (12,5 x 12,5 cm) hiukan latvojen alapuolelle. Ansoihin tulleiden jauhiaisten ja jauhiaisluteiden määriä seurattiin viikoittain kolmen viikon ajan.

Toisessa 5000 m²:n kasvihuoneessa ripustettiin samalla periaatteella yhteensä 84 ansaa eri etäisyyksille toisistaan, ensin yhdelle, sitten toiselle puolelle kasvihuonetta. Näin saatiin kasvihuoneen

kummaltakin puoliskolta data kolmelta perättäiseltä viikolta. Kaikissa huoneissa oli HPS-tekovalotus ja jälkimmäisissä kahdessa myös led-välivalot sekä kelta-ansanauhat massapyydyksinä.

Datat analysoitiin variogrammin menetelmällä. Se laskee optimaalisen etäisyyden vierekkäisille ansoille sillä periaatteella, että naapuriansojen on annettava toisistaan riippumatonta tietoa. Silloin ansat kattavat koko kasvihuoneen alan ja pystyvät osoittamaan uusien pesäkkeiden synnyn ilman, että yksikään ansa kerää jo toisten ansojen kertomaa tietoa.

Variogrammidatojen keräämisen jälkeen ansat (30 kpl) siirrettiin 3250 m²:n kasvihuoneeseen säännölliseen hilamuodostelmaan melko samanlaisille etäisyyksille toisistaan. Näistä ansoista seurattiin jauhiaisten ja jauhiaisluteiden määriä viikoittain reilun vuoden ajan. Ansoista puolet siirrettiin tammikuussa 2022 toiseen samankokoiseen huoneeseen, jossa oli Sweetelliminiluumutomaattia. Näin kummassakin huoneessa tuli ansatiheydeksi 1/250 m² sen jälkeen, kun optimaalinen ansatiheys oli määritetty.

Ansojen optimaalista tiheyttä demonstroitettiin vielä ottamalla käyttöön 3250 m²:n kirsikkatomaatti-huoneessa LetsGrow-yrityksen IPM-moduuli². Se on sovellus, johon ansadata syötetään, kun sovellukselle on ensin kerrottu, miten ansat kasvihuoneessa sijaitsevat. Sovellukselle ilmoitetaan raja-arvo, joka osoittaa jauhiaismäärän ylittäneen sopivan tason; raja-arvoksi valittiin 30 jauhiaista per ansa. Sovellus piirtää sen jälkeen tilastollisen mallin mukaan lämpökartan ansojen jauhiaismäärien perusteella. Punaiset osat kasvihuonetta osoittavat silloin ne alueet, joissa on liikaa jauhiaisia. Vastaava kartta tuotettiin myös jauhiaisluteille; punaiset alueet osoittivat kuitenkin silloin hyvää jauhiaisludetilannetta.

IPM-moduuliin syötettyä dataa tarkasteltiin niin, että ensin katsottiin, millaisia lämpökartat olivat, kun käytettiin vain viiden eri puolille huonetta sijoitetun ansan dataa. Sen jälkeen analyysin otettiin mukaan viisi ansaa lisää kerrallaan ja tarkasteltiin jokaisen lisäyksen jälkeen, miltä lämpökartta nyt näytti. Näin nähtiin visuaalisesti, millaisella ansatiheydellä data alkoi toistaa itseään eli ei enää antanut uutta informaatiota jauhiaisten sijainnista kasvihuoneen eri osissa. Saatuja tuloksia verrattiin variogrammanalyysin avulla määritettyihin optimaalisiin ansatiheyksiin.

3.1.3. Päätöksenteko

Sweetelle-tomaattihuoneesta, jossa seurattiin jauhiaisia ja jauhiaisluteita 6 kk:n ajan viikoittain, saatiin data, joka osoitti, millaisilla jauhiaistiheyksillä tomaatteja jouduttiin pahimmissa pesäkkeissä pesemään puhtaiksi jauhiaisten mesikasteesta ennen myyntiä (kuva 7). Tässä huoneessa jauhiaisluteita oli levitetty elokuussa istutuksen jälkeen 2,3 kpl/m².

² <https://www.letsgrow.com/our-world/taking-ipm-registration-to-the-next-level-with-lets-grow-com/>



Kuvat 7A ja 7B. Jauhiaisten ulosteen eli mesikasteen tahrima tomaatinlehti (vas.). Mesikasteessa kasvavat erilaiset sienet, jotka estävät valon pääsyä lehtiin. Tomaatin hedelmät tahriintuvat vastaavalla tavalla. Kuvat: Irene Vänninen.

Toisessa huoneessa, jossa Daltary-tomaattia viljeltiin väli-istutusmenetelmällä, kasvustoon hyvin asettunutta jauhiaisludepopulaatiota ja jauhiaisia seurattiin viikoittain noin vuoden ajan. Tässä huoneessa tomaatteja ei tarvinnut pestä kertaakaan. Maksimijauhiaismäärät olivat ansojen keskiarvoilla mitattuna vain noin viidesosa Sweetelle-huoneen maksimimäärästä.

Sweetelle-huoneen datan perusteella tuotettiin kaava, jonka avulla saatiin jauhiaismäärien kynnysarvo tahmeiden tomaattien esiintymiselle silloin, kun päätorjuntaeliönä ovat jauhiaisluteet ja taustalla käytetään kohtuullisia määriä pistiäisiä niiden tukena. Kun tätä funktiota sovellettiin Daltary-huoneen dataan, nähtiin, että Sweetelle-huoneen datan avulla kehitetty, tomaattien tahmaisuutta kuvastava kynnysarvo ei ylittynyt kertaakaan.

Kynnysarvon laskentakaavan parametreinä ovat seuraavat muuttujat:

- a. *Macro:jauhiaiset ansoissa* keskimäärin: Eliöiden määräsuhte ansoissa pitää tuntea, jotta tiedetään, milloin luteet ovat voitolla jauhiaisista. Tiedetään, että kun jauhiaisia on vain vähän, luteet saalistavat mieluummin muuta ravintoa, jos sitä on enemmän tarjolla. Alhaisilla jauhiaismäärillä jauhiaisluteita tarvitaan yhtä jauhiaista kohti siksi enemmän kuin suuremmilla jauhiaismäärillä. Määräsuhteen vaikutus jauhiaistorjuntaan ei siis ole lineaarinen, mutta toistaiseksi vaikutus on oletettu lineaariseksi.
- b. *Ansait ilman jauhiaisluteita : Ansait ilman jauhiaisia*: jos on paljon ansoja, joissa ei ole ollenkaan jauhiaisluteita, on luteiden jakautuma kasvustossa ”reikäinen”. Jos suhdeluku on yli 1:n, osoittaa se, että luteita on huoneessa harvemmissa kohdin kuin jauhiaisia. Silloin ne ehtivät paikalle huonommin, kun uusia jauhiaispesäkkeitä syntyy – ei oikein ole, mistä ottaa.
- c. *Macrolophus-luteiden absoluuttinen määrä ansoissa 1000 m² kohti*.
- d. *Jauhiaisluteiden absoluuttinen määrä ansoissa 1000 m² kohti*. Hyönteispopulaatioiden kasvunopeus vaihtelee sen mukaan, mikä on populaation yksilötiheys. Siksi laskuissa on huomioitava paitsi jauhiaisluteiden ja jauhiaisten määräsuhte (kohta a), myös molempien absoluuttiset määrät. Jos vaarallisen jauhiaispopulaatiokoon kynnysarvo ylittyy vasta hieman

samaan aikaan kun jauhiaisluteiden määrät jostain syystä vähenevät tai niiden lisääntyminen ei seuraa jauhiaispopulaation kasvua, on viljelijällä enemmän aikaa reagoida torjunnan tehostamiseksi kuin jos kynnsarvo ylittyisi kerralla roimasti. Siksi päätöksenteon kriteerit koskien korjaavaa torjuntaa ovat erilaiset riippuen siitä, miten paljon yli kynnsarvon jauhiaispopulaatio on mennyt ylityksen tullessa havaituksi.

Kynnsarvoja ei voi käyttää, ellei niiden toimivuutta ole verifioitu eli todennettu toisissa kasvihuoneissa kuin missä kynnsarvot alun perin tuotettiin. Verifointia on alustavasti tehty toisen tomaattiyrityksen viidessä kasvihuoneessa, joissa on sekä klassista pyöreää, kirsikka- että miniluumutomaatteja. Dataa on kerätty yrityksen toimesta lähes vuoden ajan, mutta analysoitu vasta tammikuun 2023 alusta saakka viikolle 13 (maaliskuun puoliväli). Ko. yritys on ottanut käyttöön ansatiheyden 1/250 m² kolmessa suuressa kasvihuoneessa.

3.1.4. Biologisen tiedon lisääminen torjuntamenetelmien tehostamiseksi

Jauhiaisten eri kehitysasteiden jakautuminen tomaattikasvien eri osiin täytyy ymmärtää, jotta tiedettäisiin, mihin torjuntakäsittelyt on suunnattava ja ovatko olosuhteet kaikissa tarvittavissa osissa kasvustoa torjuntaeliöille sopivat. Vertikaalijakaumaa tutkittiin useissa kasvihuoneissa loppukesällä ja syys- ja talvikuukausina ottamalla kolmesta kasvista per kasvihuone 2-3 lehdykkää per lehti koko kasvin pituudelta näytteiksi. Niistä laskettiin munat, toukat ja kotelot. Ennen lehtien keruuta niiltä laskettiin aikuiset.

Lehtien poistamisen vaikutusta loispistiäisten kuoriutumiseen tutkittiin keräämällä viideltä kasvilta kolme alinta lehteä pois juuri ennen lehtien poistoa. Lehdiltä laskettiin jauhiaisten kaikki kehitysasteet ja loisitut kotelot. Viidestä muusta kasvista kerätyt lehdet jätettiin kasvihuoneen lattialle 4 päiväksi ja edelleen viidestä muusta kasvista kerätyt lehdet 7 päiväksi. Näin saatiin selville, miten paljon jauhiaisia ja pistiäisiä kuoriutui kasvihuoneeseen, kun niille annettiin enemmän aikaa kehittyä huoneessa.

Tuloksia yhdessä kirjallisuudesta kerättyjen biologisten muuttujien kanssa käytettiin mallintamaan jauhiaisten ja loispistiäisten välistä populaatiodynamiikkaa. Mallinnuksella verrattiin eliömäärien kehitystä tilanteissa, jossa lehtiä ei jätetä tai jätetään lattialle viikoksi.

Eri vuodenaikoina vallitsevia lämpötilaolosuhteita mitattiin kahdesta kasvihuoneesta lämpötilaloggereilla muutaman kuukauden jaksoissa sekä kasvien latvaosista että alemmaa suunnilleen kypsävien hedelmien korkeudelta. Loggerit olivat aina tarkkailuansojen välittömässä läheisyydessä. Yksi mittauskohteista oli muovikasvihuone ja toinen oli blokkihuone, joka on korkeampi ja jossa olosuhteet ovat tasaisemmat kuin muovihuoneessa.

Valon määrän mittauksia eri korkeuksilta tomaattikasvustoa tehtiin Livento- ja Sweetelle-huoneissa. Livento kasvaa tiheänä, Sweetelle on harvalehtinen ja päästää valoa huomattavasti enemmän kasvuston alaosiin. Mittauksiin käytettiin Apogeen PAR-linjamittauskeppiä, jonka 10 linssiä keräävät valoa laajemmalla alalla kuin perinteinen yhden linssin PAR-mittari³.

3.1.5. Torjuntakustannukset

Kustannuksissa huomioitiin eliöostot, muiden tarvikkeiden ostot ja eri toimenpiteisiin kuluva työaika. Ostokustannuksina käytettiin keskimääräisiä lukuja isoista ostoista per yritys eli paljousalennukset huomioitiin. Ennakoivan ja korjaavan torjunnan kustannukset laskettiin erikseen.

³ PAR-valo tarkoittaa aallonpituuksia 400-700 nm, joita kasvi pääasiassa käyttää yhteyttämiseen.

3.1.7. Oppiminen ja viestintä

Viljelijöille ja neuvojille pidettiin kolme jauhiaisklinikkaa 2021-23. Klinikoissa tarkasteltiin jauhiaistorjunnan edellytyksiä biologisen tiedon ja hankkeen tuottaman uuden tiedon varassa. Päättarkailupaikkana toimineen yrityksen kanssa kommunikointi joka viikko ja viljelijä tarkensi torjuntapäätöksiansä saamansa tarkkailutiedon perusteella. Toisen yrityksen kanssa pidettiin suunnittelu- ja tulosten tarkastelukokouksia aina tarvittaessa. Hankkeen etenemisestä raportointiin Pohjanmaan kasvihuonesektorin konsulenteille pari kertaa vuodessa heidän kuukausittaisissa kokouksissaan.

3.1.7. Torjunnan suunnittelun välineet

Jauhiaistorjunnan suunnittelua palvelemaan tuotettiin ja tuotetaan oppaita, jotka laitettiin/laitetaan jakoon hankkeen nettisivuston <https://vakra.fi/jausta> kautta.

3.2 Tulokset

Tulokset on tiivistetty suosituksiksi, jotka yhdessä muodostuvat jauhiaistorjunnan uudet strategiat. **Hankkeen päätavoite siis toteutui: jauhiaistorjuntaa voidaan tehostaa ja sen kustannuksia samalla jopa pienentää. Tämä edellyttää kuitenkin, että yrityksissä otetaan käyttöön optimoitu tarkkailu ja kynnysarvot tärkeimmän torjuntaeliön eli jauhiaisluteiden käytön onnistumisen seurantaan.**

3.2.1. Suositus 1: Macrolophus-luteet päätorjuntaeliöksi

- Käytä jauhiaistorjunnassa syksy- ja talvikuukausina päätorjuntaeliönä Macrolophus-jauhiaisluteita, älä loispistiäisiä. Loispistiäiset säästetään pääosin korjaavan torjunnan osaksi silloin, kun torjuntaa pitää tehostaa.
- Jauhiaisluteita päätorjuntaeliöinä käytettäessä niitä on levitettävä riittävä määrä, vähintään 8 kpl /m², HETI kasvujakson alussa TAI on käytettävä jauhiaisluteilla jo taimivaiheessa ympättyjä taimia, joista luteet kuoriutuvat kasvihuoneeseen heti ensimmäisen viikon aikana istutuksesta ja muodostavat puskurin jauhiaisia vastaan.
- Jauhiaisluteita täytyy ruokkia säännöllisesti viikon tai kahden välein silloin, kun kasvustossa ei vielä ole tuhoojia niiden ravinnoksi. Ruokintaa on jatkettava 6-8 viikon ajan. Jos tuholaisia ei senkään jälkeen vielä ole ilmaantunut ja petopuskuri halutaan säilyttää, ruokintaa jatketaan, mutta varovasti, jotta ludepopulaatio ei kasva liian suureksi. Suurina määrinä esiintyessään ne voivat nimittäin vahingoittaa kukkia, jotka abortoituvat, ja tehdä imentäjälkiä hedelmiin (Moerkens et al., 2017; Sanchez et al., 2018). Tästä ei Suomen oloissa kuitenkaan näytä olevan kovin suurta vaaraa, mutta riski on olemassa olosuhteista riippuen. Kun ruokinta lopetetaan, ruokinnan vaikutus populaatiotasolla alkaa heiketä tuntuvasti noin 5 viikon jälkeen viimeisestä ruokinnasta. Jauhiaisluteiden kehitysaika munasta aikuiseksi kestää 4-5 viikkoa, mutta ilman hyönteisravintoa vain pieni osa kehittyy aikuisiksi saakka.
- Kahden viikon välein tehty ruokinta riittää, sillä luteiden nuoruusasteet elävät myös tomaateista nestettä imemällä, mutta iso osa niistä ei kehity aikuiseksi. Kahden viikon ajan ne pystyvät kuitenkin elämään kasvimehulla, mutta sen jälkeen niille täytyy tarjota hyönteisravintoa, jotta vanhimmat toukkavaiheet pystyisivät aikuistumaan.

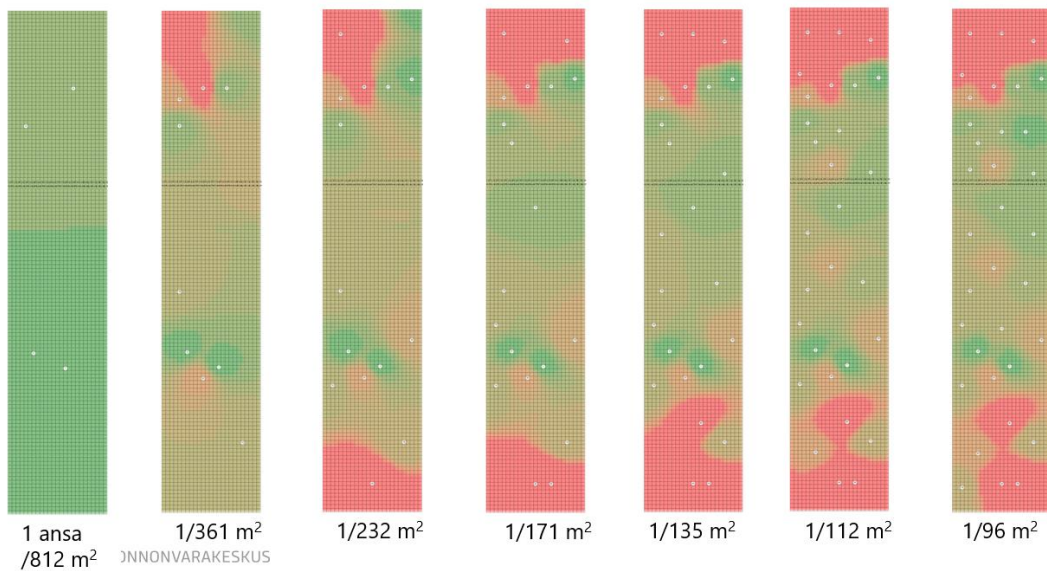
Nämä suositukset perustuvat kokeeseen, jossa verrattiin luteilla taimivaiheessa ympättyjen ja luteilla vasta istutuksen jälkeen käsiteltyjen kasvien ludemääriä 4 kk:n ajan (kuvat 8A-C). Jauhiaisludepopulaation kehitys lähti tuotantokasvihuoneessa odotetusti nopeammin vauhtiin kuin

Kuva 9. Jauhiaisluteiden (vihreä) ja jauhiaiskiilukaisten (musta=loisitut, harmaankirjava = syödyt) tappamat osuudet jauhiaistoukista ja -koteloista Daltary-kirsikkatomaatilla joulukuusta kesäkuun alkuun. Tulokset olivat samanlaiset myös toisen yrityksen Daltary-huoneessa. Torjuntaeliöt verottivat maksimissaan lähes 70 % jauhiaisten nuoruusasteista. Punaiset numerot osoittavat pistiäislevitysten suhteellisen intensiteetin eri viikkoina. Tulokset ovat 15 kasvilta kerätyistä lehtinäytteistä viikoittain.

3.2.2. Suositus 2: Käytä optimaalista ansatiheyttä tarkkailuun eli 1 ansa/250 m².

Variogrammianalyysin mukaan naapuriansojen optimaalinen etäisyys toisistaan on 15-20 metriä eli noin 1 ansa/225 – 300 m², pyöristettynä 1 ansa/250 m². Silloin naapuriansat eivät toista toistensa antamaa informaatiota. Variogrammianalyysin mukaan sama tiheys riittää petoluteiden seurantaan.

Jauhiaisten populaatiotiheydestä saadaan lähes sama tulos käyttämällä 1 ansa/500 m², mutta lämpökartat näyttivät, että tiheydellä 1 ansa/250 m² jauhiaispesäkkeiden sijaintipaikat löytyvät paremmin (kuva 10).



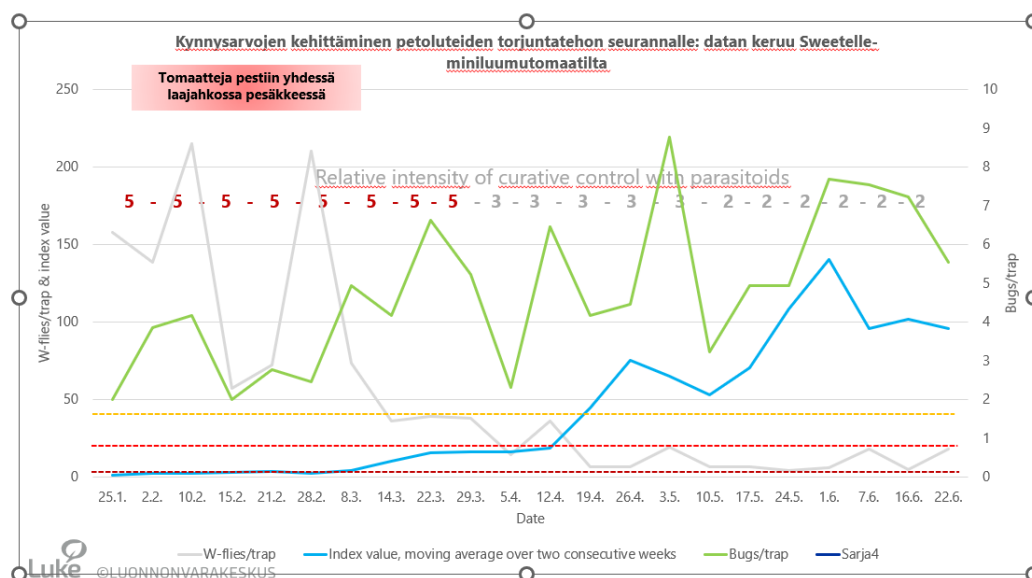
Kuva 10. Variogrammianalyysiiä havainnollisempi tapa esittää optimaalinen ansatiheys. Ansatiheyttä 1 ansa/232 – 250 m² tiheämmällä ansoituksella ei saada enää oleellisesti uutta informaatiota jauhiaispesäkkeiden sijainnista kasvihuoneessa. Sitä harvemmalla ansoituksella jauhiaispesäkkeiden sijainti taas ei paljastu yhtä hyvin.

3.2.3. Suositus 3: Käytä kynnyksarvoja jauhiaisluteiden tehon seurantaan

Sweetelle-tomaatilta saatiin verrannearvo jauhiaistiheydelle, joka johtaa tomaattien tahraantumiseen mesikasteella. Nähtiin myös, millä tiheyksillä tätä ongelmaa ei esiinny (kuva 11). Loispistiäislevityksiä tehtiin huoneessa maltillisesti (10-15 kpl/m²), eniten pahimman jauhiaisongelman viikkoina. Viljelijä reagoi siis korjaavalla torjunnalla viikoittaisen tarkkailun tuloksiin. Tarkkailutulosten ja voitustietojen perusteella kehitettiin laskentakaava ja sen antamille luvuille raja- arvojen tulkinnat taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Alustavat raja-arvot jauhiaisluteiden toiminnan tarkkailun perusteella tehdyille päätöksenteolle.

< 5	Tomaatit tahraantuvat mesikasteesta; luvun oltava < 5 vähintään 3 viikkoa perätysten
5-19	Vaara jauhiasmäärän kasvusta liian suureksi; aloita kuratiivinen torjunta välittömästi, mukaan biorationaaliset aineet (Siltac).
20-39	Tilanne vielä hallinnassa, mutta aloita biologinen kuratiivinen torjuntaohjelma.
>40	Tilanne hallinnassa, jatka tarkkailua.



Kuva 11. Jauhiis- ja ludemäärät kelta-ansoissa tammikuusta kesäkuun loppupuolelle Sweetelle-miniluumutomaatilla 3250 m²:n muovihuoneessa sekä kehitetyn kaavan mukaan laskettu kynnsarvoindeksi eri viikkoina (sininen viiva). Valoina HPS-ylälamput ja led-välivalot. Mekaaninen torjunta kelta-ansoilla taustalla koko ajan. Punaiset numerot: pistiäisleivytysten suhteellinen voimakkuus eri viikkoina.

Taulukon 2 ja kuvan 11 esittämät kynnsarvotulokset ovat vielä alustavia seuraavista syistä:

- dataa tomaattien tahraantumiseen johtavista jauhiastiheyksistä on vasta yhdestä huoneesta
- Punaisen ja oranssin alueelle osuvien arvojen tulkinta on keskeneräinen. Arvo voi tulla punaiseksi silloinkin, kun jauhiaisia on vielä niin vähän, etteivät ne missään tapauksessa aiheuta vielä määränsä takia tomaattien tahraantumista. Punainen arvo ilmentää silloin tilannetta, jossa jauhiaisten ja jauhiaisluteiden määräsuhte ja/tai spatiaalinen jakauma kasvihuoneessa ovat poissa tasapainosta (esim. luteiden määrä on jostain syystä alentunut äkkiä voimakkaasti). Päätöksenteossa on siksi huomioitava myös jauhiaisten absoluuttinen määrä eikä vain kynnsarvokaavan antamaa lukua.
- Korrelaatiosuhteet kaavassa käytettyjen parametrien kesken eivät ole välttämättä lineaarisia kaikilla eliötiheyksillä. Kaavan hienosäätöä näiltä osin ei ole vielä tehty.

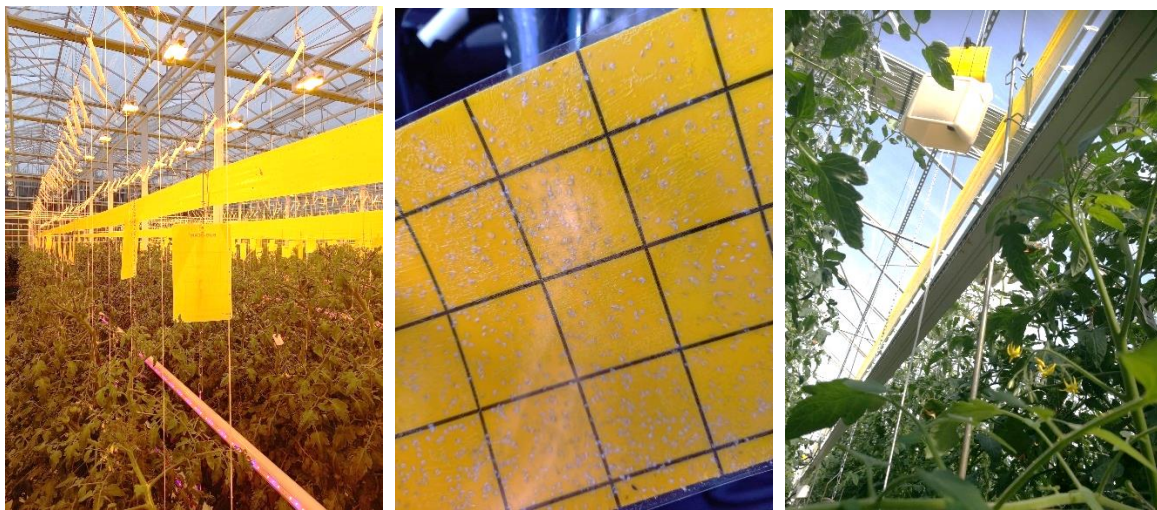
Kuvan 11 perusteella kehitettyä kynnsarvon laskentakaavaa sovellettiin tarkkailudataan, jota kerättiin saman yrityksen Daltary-kirsikkatomaatilta vuoden ajan (kuva 12).

Kynnsarvokaava toimi Daltary-huoneessa sikäli hyvin, että indeksi ei missään vaiheessa laskenut alimmalla "tahratasolle", mutta kävivät punaisella vaaratasolla kahteen otteeseen. Viljelijä reagoi vaaratilanteisiin lisäämällä pistiäisiä kasvustoon, minkä ansiosta tilanne palautui vihreälle, hyvälle tasolle. Vaaratilanteiden syynä oli väli-istutus loppukesällä, joka tuotti suuren häiriön kasvustoon ja poisti jauhiaisluteita vanhojen kasvien mukana. Toinen häiriö syntyi kevättalvella, kun viljelijä vähensi

Jauhiaisludenymfien ja niistä kehittyvien aikuisten luteiden saalistusvaikutus alkaa näkyä kelta-ansojen jauhiaismäärissä kunnolla vasta 3-4 viikon viiveellä. Siltac-käsittelyillä (2 x/vko) poistetaan siksi aikuisia jauhiaisia kasvien latvaosista. Edellyttää ruiskutusten hyvää peittävyttä (oikeanlaiset suuttimet, jotka suuntaavat aineen lehtien alapinnoille). Käsittelyjä voidaan jatkaa 2-4 viikon ajan riippuen jauhiaisten määrästä.

3.2.5. Suositus 5: Käytä aina mekaanista torjuntaa taustalla

Oikealla korkeudella ja jokaisessa rivissä olevat kelta-ansanauhat pyydystävät parhaimmillaan aikuisista jauhiaisista 60-80 % (Park et al., 2012). Pahimpiin pesäkkeisiin voi ripustaa kelta-ansa-arkkeja massapyyntiä tehostamaan (kuva 13). Lisätietoa mekaanisen torjunnan oppaasta sivustolta <https://vakra.fi/jaustra>.



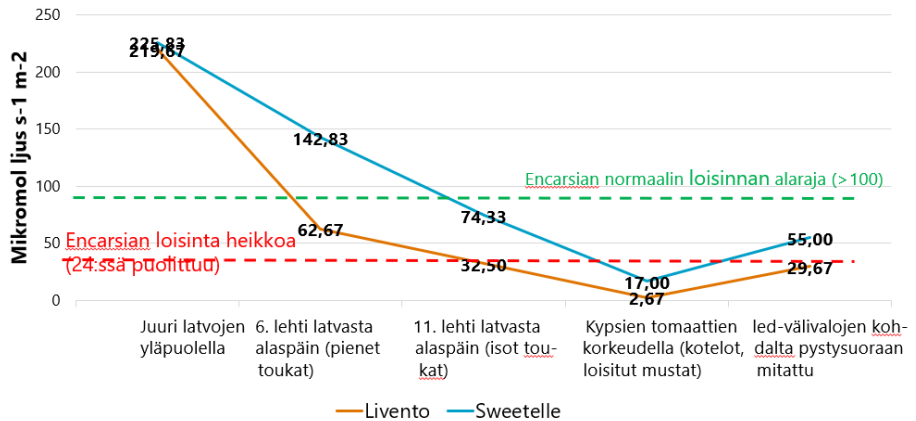
Kuva 13. Vas. kelta-ansanauhoja ja -arkkeja jauhiaisten mekaaniseen torjuntaan. Kuvan kelta-ansanauhat ovat teknisistä syistä johtuen liian korkealla latvojen yläpuolella pyydystääkseen jauhiaisia täydellä teholla. Keskellä jauhiaisia tarkkailuansassa. Oikealla tarkkailuansa ja sen alapuolella lämpötilaloggeri suojakuoren sisällä. Tässä kuvassa kelta-ansanauhat (2 nauhaa alekkain, alempi näkyy tummana juovana latvojen varjossa) ovat juuri oikealla korkeudella jauhiaisten tehokkaaseen massapyyntiin.

3.2.6. Miksi loispistiäiset eivät toimi kunnolla syys- ja talvikuukausina?

Tehtyjen lämpötila- ja valomittausten sekä alalehdiltä kasvihuoneeseen kuoriutuneiden ja sieltä lehtien mukana poisvietyjen pistiäis- ja jauhiaismäärien perusteella tuotettiin hypoteesit syistä, miksi pistiäiset toimivat huonosti syksyllä ja talvella. Kirjallisuudesta selvitettiin vielä jauhiaisluteiden saalistuskäyttäytymistä pistiäisten loisimia jauhiaistoukkia kohtaan. Nämä neljä hypoteesia odottavat testaamistaan:

1. HPS-lamppujen alla kasvustoon muodostuvat jyrkät lämpötilaerot: latvassa lämpötila voi olla 5-6 astetta korkeampi kuin kasvuston alaosassa. Latvoissa lämpötila voi olla jopa 30 oC ja ylikin päiväsaikaan – liian kuumaa jauhiaiskiilukaisille.
2. Valon määrä vähenee tiheässä kasvustoissa kuten Livento- ja Daltary-tomaateilla jyrkästi jo 6. lehden kohdalla latvasta alaspäin lukien (kuva 14). Tällä korkeudella ovat jauhiaisten 1. ja 2. vaiheen toukat (kuva 15). Siitä alempana ovat 3.-4. asteen toukat, joita kiilukaiset loisivat mieluiten. Valon määrä on kuitenkin ko. korkeudella jo lähellä suboptimaalista, vaikka toisaalta lämpötilat olisivat siellä kiilukaisille sopivat. Miten kiilukainen käyttäytyy tällaisessa kerrostuneessa valo- ja lämpötilaympäristössä?

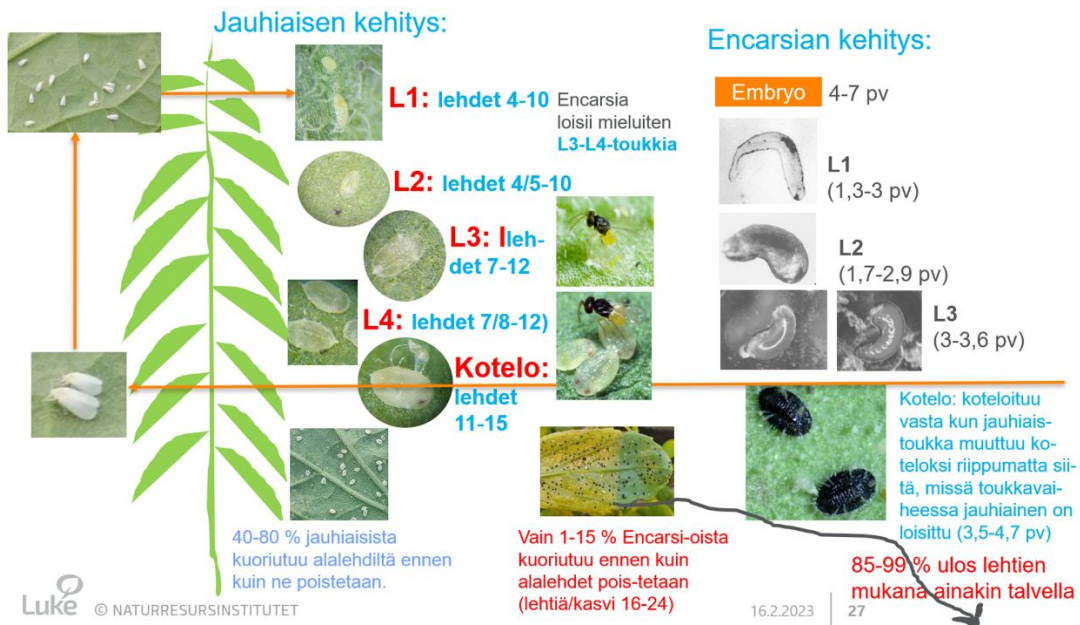
Valon määrä Livo- ja Sweetelle-tomaattikasvustoissa Närpiössä eri korkeuksilla latvasta lukien 1.12.2022



Luke © LUONNONVARAKESKUS

Zilahi-Balogh et al. (2006, 2009) osoittivat kasvihuoneikokeissa Kanadassa, että Encarsian loisinta puolittui 24 μmol:ssa verrattuna 100 μmol:iin.

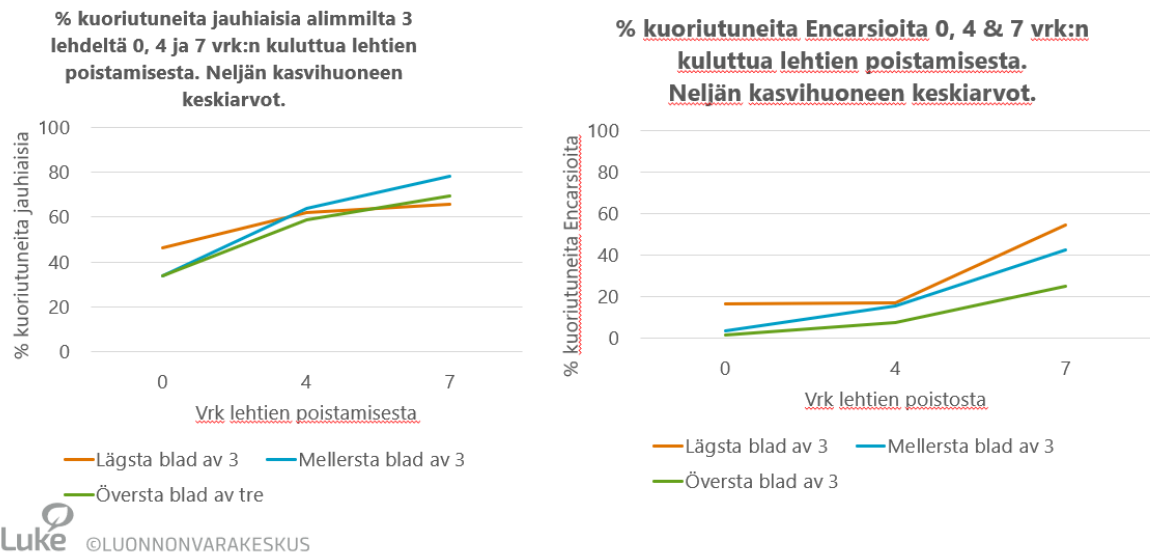
Kuva 14. Valon määrä tiheässä Livo-kasvustossa ja selvästi avoimemmassa Sweetelle-kasvustossa. Mittausajankohtana kaikki valo oli tekovaloa. Luvut ovat kolmen mittauksen keskiarvoja per korkeus kummassakin kasvustossa.



Kuva 15. Vasemmalla jauhiaisten eri kehitysvaiheiden sijainti tomaatin eri korkeuksilla sijaitsevilla lehdillä (1. lehti = latva). Keskellä jauhiaiskiilukaisen suosikkitoukkavaiheet loisimista varten (L3-L4). Oikealla kiilukaisen toukkien kehitysvaiheet ja loisen kuoriutuminen mustaksi muuttuneesta jauhiaiskotelosta. Koska kiilukaisen toukka koteloituu vasta kun sen isäntä muuttuu koteloksi, mikä tapahtuu poistettavilla alalehdillä, suurin osa loisituista kotelosta päätyy ulos kasvihuoneesta ennen kuin ne ehtivät kuoriutua sinne.

3. Suurin osa pistiäisistä poistuu kasvihuoneesta poistettujen alalehtien mukana eikä päädy lisääntymään kasvihuoneessa edelleen. Siksi kasvihuoneisiin on ”pumpattava” koko ajan uusia pistiäisiä (kuva 16). Vaikka lehdet jätettäisiin lattialle viikoksi, siltikin vain noin 60 % kotelosta ehti kuoriutua huoneeseen. Samaan aikaan lehdiltä kuoriutui myös jauhiaisia. Mallintaminen osoitti, että jättämällä lehdet viikoksi lattialle pistiäispopulaatio kasvoi parhaimmillaan vain

noin 20 % verrattuna lehtien välittömään poisvientiin. Kesällä tilanne voi olla parempi korkeampien lämpötilojen takia, mutta tätä emme ehtineet tutkia.



Kuva 16. Ansarijauhiaisten ja pistiäisten kuoriutumisen tomaatin alalehdiltä kasvihuoneeseen ennen lehtien poistamista ja 4 ja 7 vrk:n kuluessa jätettäessä lehdet kasvihuoneen lattialle.

- Jauhiaisluteet saalistavat myös loisittuja jauhiaistoukkia (Malo et al., 2012; Moreno-Ripolli et al., 2012). Jauhiaisluteiden kohdistamaa saalistusta loisittuihin toukkiin ei ole Suomen oloissa tutkittu, mutta muualla se voi kirjallisuustietojen valossa olla huomattavan suurta etenkin alhaisilla jauhiaistiheyksillä, kun jauhiaisluteille on vähemmän ravintoa tarjolla.

3.2.7. Oppiminen ja viestintä

Jauhiaisten torjuntaa käsiteltiin viljelijöiden kanssa kolmessa jauhiaisklinikassa Närpiössä loppukesällä 2021 ja keväällä 2022. Hanke tuotti esityksen Närpiön TrädgårdsExpoon syyskuussa 2022. Hankkeelta pyydettiin esityksiä Biotus Oy:n järjestämiin viljelijätilaisuuksiin 2022 ja 2023 ja Hämeen ammattikorkeakoulun kurssille tutkimuksesta ja tuotekehityksestä tammikuussa 2023. Tuloksia esiteltiin myös Helsingin yliopiston kurssilla ”Integroitu kasvinsuojelu” syysyllä 2022 sekä Luken järjestämässä Forest and Plant Health -seminaarissa 30.3.2023. Hankkeesta kirjoitettiin useita julkaisuja puutarha-alan ammattilehtiin. Hankkeen tuloksia on viety sivustolle <https://vakra.fi/jaustra>. Loppuseminaarit pidettiin suomeksi Salossa helmikuussa 2023 ja ruotsiksi Närpiössä maaliskuussa 2023.

3.2.8. Jauhiaistorjunnan kustannukset

Tomaattirytyksistä saatiin tietoja torjuntaeliöiden käytöstä vallitsevien torjuntastrategioiden mukaisesti. Pistiäisten käyttö suurina määrinä ennako- ja korjaavaan torjuntaan nostaa kustannukset jopa lähes 6 euroon per m² tomaatin ympärivuotisen kasvatusjakson aikana. Jos pistiäisiä ei tarvitse käyttää jauhiaispaineen ollessa pieni, kustannukset voivat jäädä alle puoleen siitä (taulukko 3).

Uudessa strategiassa satsataan jauhiaisluteiden ennakkolevityksiin ja systemaattiseen ruokintaan sekä tarkkailuun tiheämmällä ansoituksella kuin vanhassa. Skenaariosta riippuen ennakkotorjunnan hinnaksi tulee 0,9-1,3 euroa/m². Korjaavan torjunnan kustannukset riippuvat siitä, miten monta kertaa korjaavia ohjelmia joudutaan ajamaan läpi ja millaisella osuudella kasvihuoneen pinta-alasta (taulukko 4). Skenaariosta riippuen kokonaiskustannukset ovat pahimmassakin tapauksessa vain noin 60 %

vanhan strategian mukaisista korkeimmista kustannuksista. Uuden strategian halvin neliökustannus on sekin noin 60 % vanhan strategian halvimmasta kustannuksesta.

Taulukko 3. Jauhiaistorjunnan kokonaiskustannukset nykyisiä torjuntastrategioita käytettäessä: kolme esimerkkiä. Hinnat ovat €/ha (0 % alv) ja vastaavat suurtilausten hintoja.

Vanha strategia	Pistiäisten määrä		
	Alempi	Korkeampi	Ilman pistiäisiä ennakoon
Torjuntatoimenpiteet:			
1. Mekaaninen torjunta liimnanauhoilla, jotka vaihdetaan kerran	2895	2895	2895
2. Keltaiset liima-arkit 1 kpl/5 m ² , ei vaihdeta uusiin	917	917	917
3. Tarkkailuansat 1/500 m ² , tarkistetaan ja vaihdetaan viikoittain	981	981	981
4. Ennakkotorjunta petoluteilla 2 tai 4 kpl/m ²	2994	4274	2994
4. Ennakkotorjunta pistiäisillä (Enermix) 23 tai 31,25 kpl/m ² /vko 11 viikon ajan, tai ilman	15566	18747	0
Ennakkotorjunta yht.	23352	27813	7786
5. Korjaava torjunta pistiäisillä, eri ohjelmia (13,5-28 kpl/m ² /vko, käsittelyviikkoja 7-35 riippuen ohjelmasta)	18534	29455	19580
6. Korjaava torjunta Siltacilla 50 %:lla alasta 10 viikon ajan 2 kertaa viikossa (400 L vettä/ha, laimennos 100 mL/100 L vettä, ruiskutustyö 2 h/ha/kerta)	516	516	516
Korjaava torjunta yht.	19050	29971	20096
KAIKKI YHT./HA	42402	57784	27882

Taulukko 4. Jauhiaistorjunnan kustannukset uuden strategian kolmessa eri skenaariossa, jossa kuratiivisten torjuntaohjelmien määrä ja laajuus ovat erilaiset. Hinnat ovat €/ha (0 % alv) ja vastaavat suurtilausten hintoja.

Uusi strategia	Ennakkotorjuntatapa petoluteilla		
	A ¹	B ²	C ³
Korjaavien torjuntaohjelmien määrä:	1	2	3
% alasta käsitellään korjaavalla torjunnalla:	25 %	50 %	75 %
Torjuntatoimenpiteet			
1. Mekaaninen torjunta liimanauhoilla, jotka vaihdetaan kerran	2895	2895	2895
2. Keltaiset liima-arkit 1 kpl/5 m ² , ei vaihdeta uusiin	917	917	917
3. Tarkkailuansat 1/250 m ² , tarkistetaan ja vaihdetaan viikoittain	1961	1961	1961
4a. Ennakkotorjunta petoluteilla	3978	5174	6876
Ennakkotorjunta yht.	9752	10950	12653
5a. Yksi korjaava torjuntaohjelma 25, 50 tai 75 %:lla pinta-alasta petoludenymfeillä (500 kpl/20 rivimetriä eli 25 kpl/rivimetri, 1-2 levityskertaa) ja pistäisillä (Encarsia+Eretmocerus 10 kpl/m ² /vko 3 perättäisenä viikkona, jos voimakas pesäkesaastunta, sen jälkeen Encarsia 10 kpl/m ² /vko 3 perättäisenä viikkona)	2783	5566	8350
5b. Kaksi korjaavaa torjuntaohjelmakertaa 25, 50 tai 75 %:lla pinta-alasta	5566	11133	16699
5c. Kolme korjaavaa torjuntaohjelmakertaa 25, 50 tai 75 %:lla pinta-alasta	8350	16699	25049
6. Korjaava torjunta Siltacilla 50 %:lla alasta 10 viikon ajan 2 kertaa viikossa (400 L vettä/ha, laimennos 100 mL/100 L vettä, ruiskutustyö 2 h/ha/kerta)	516	516	516
Korjaava torjunta yht., ohjelmakertoja 1	3299	6082	8866
Korjaava torjunta yht., ohjelmakertoja 2	6082	11649	17215
Korjaava torjunta yht., ohjelmakertoja 3	8866	17215	25565
KAIKKI YHT., SKENAARIO 1 (ennakkotorjunta + 1 korjaava ohjelma)	13051	17032	21518
KAIKKI YHT., SKENAARIO 2 (ennakkotorjunta + 2 korjaavaa ohjelmaa)	15835	22598	29868
KAIKKI YHT., SKENAARIO 3 (ennakkotorjunta + 3 korjaavaa ohjelmaa)	18618	28165	38218

¹ Taimien ympppäys petoluteilla 0,75 kpl/latva (=2,1 kpl /m² viljelytiheydessä) + ruokinta 2 x ennen istutusta

² Taimien ympppäys petoluteilla 0,75 kpl/ latva + 4 kpl/ m² istutuksen jälkeen + ruokinta yht. 6 x

³ Vähintään 4+4 kpl/m² istutuksen jälkeen + ruokinta 4 x joka toinen viikko

3.3 Toteutusvaiheen arviointi

Käytännön viljelmillä toteutetun tutkimuksen riskinä on, että datan keruuseen sopivia tilanteita ei löydy ajoissa tai niitä on liian vähän. Jaustra-hanke onnistui löytämään hyvät yhteistyökumppanit kuudesta tomaattirytyksestä: saimme käyttää heidän kasvihuoneitaan käytännön laboratorioina ja havaintojen tekopaikkana. Tässä auttoi tutkimuksen ja neuvonnan välinen tiivis yhteistyö, joka oli täysin välttämätön hankkeen onnistumiselle. Yhteistyöprosessin kulkua on dokumentoitu ja siitä on mahdollista kirjoittaa jopa tieteellinen julkaisu, jonka käsitteellisenä tasona voisivat olla käytännön-läheinen yhteisinnovointi ja eri tietämyslajien (tuottajat, neuvojat, tutkijat) välinen vuorovaikutus ja sen mahdollistajat ja esteet (tuottajat saattavat vierastaa tutkijoiden käyttämiä käsitteitä ja kieltä, jolloin ratkaisuna voi olla juuri neuvojien mukanaolo).

Jotkin viljelijät olivat hankkeen alussa hieman skeptisiä hankkeen tarpeellisuudesta, vaikka hanke oli aloitettu nimenomaan siksi, että jauhiaisongelma säännöllisin väliajoin paheni ja sen hallintaan kuluu paljon rahaa. Löysimme kuitenkin riittävästi viljelijöitä, jotka suostuivat haastatteluun ja jakoivat kokemuksiaan, ajatuksiaan, ideoitaan ja toiveitaan jauhiaistorjunnan haasteista ja onnistumisista.

Haastatteluaineisto muodostaa lähtötilanteen mm. tarkkailun yleisyydelle ja käytetyille menetelmille. Haastatteluaineistojen tarkastelujen kautta löytyi myös tärkeä yritys yhteistyökumppani, joka hankkeen kestäessä ryhtyi käyttämään optimaalista ansatiheyttä ja alkoi painottaa jauhiaisluteita torjuntaeliöinä. Kokeiden ja havainnointien toteuttaminen käytännön tiloilla oli suoraa tutkimustulosten siirtoa käytäntöön.

Kasvihuonekokeessa Jokioisissa tomaatit kasvatettiin samoilla menetelmillä kuin kaupallisilla tiloilla. Työmäärä oli tämän vuoksi todella suuri, koska käytössä ei ollut kaikkia apuvälineitä, joita käytännön tiloilla on. Pienissä ja matalahkoissa huoneissa kasvien alaslasku oli hankalaa, sillä rivien väliin ei voinut jättää tilaa yhtä paljon kuin käytännön tiloilla. Kaikkea koetoimintaa ei voi tehdä käytännön tiloilla. Siksi on valitettavaa, että kokeellisen toiminnan toteuttamiseen tarvittavia tiloja ylläpidetään entistä vähemmän tutkimuslaitoksissa.

Kaikki kerätty aineisto ei ole tilastollisesti niin vahvaa, että niistä voi tuottaa tieteellisiä julkaisuja toistettuihin kokeisiin perustuen. Tämän puutteen korjaamisessa auttoi mallintaminen, mutta osa kokeista jätettiin demonstraatioluontoisiksi, koska vastaavia kokeita oli tehty myös muualla.

Kynnysarvojen kehitystyötä jauhiaisluteiden toimintatehon jatkuvaan arviointiin ei saatu hankkeen aikana viedyksi loppuun. Aika kului datan keruuseen ja analysointiin, joten kynnysarvokaavan verifointia ei ehditty tehdä. Se työ on nyt kuitenkin menossa yhden yhteistyöyrityksen kanssa, jossa kerätään dataa useista huoneista ja sovelletaan siihen kynnysarvokaavaa. Tämä työ on tiedonsiirtoa ja tiedon tuottamista yhdessä käytännön toimijoiden kanssa parhaimmillaan. Rahoitushakemus yhteistyön jatkamiseksi on jo lähetetty kahdelle säätöille.

Dataa kertyi hankkeessa liikaakin, joten jäljellä on ongelma, miten se kaikki saadaan julkaistua. Tässä suhteessa työtä olisi voinut järkevöittää. Esimerkiksi päätös demonstraatiokokeesta jauhiaisluteilla ympätyillä taimilla tehtiin kesän 2022 puolivälissä, kun muu datan keruu oli jo päättynyt. Tuon ajan olisi voinut käyttää jo kerättyjen datojen analysointiin, mutta toisaalta demonstraatiokokeen aikana kiteytyi paremmin ymmärrys siitä, mihin jauhiaisluteet pystyvät ja mihin eivät. Se auttoi myös hahmottamaan, mitä parametrejä kynnysarvon laskukaavaan pitää ottaa mukaan.

3.4 Julkaisut

Hankkeessa tuotettiin katsausartikkeli kansainväliseen kirjaan kasvintuhoojien tarkkailu- ja ennustemenetelmistä puutarhatuotannossa (Vänninen, 2022). Jauhiaisia käytettiin artikkelissa esimerkkinä tarkkailun haasteista ja kehitysaskeleista.

Hankkeelle perustettiin ÖSP:n omistaja nettisivusto <https://vakra.fi/jaustra>. Opas jauhiaisten mekaanisesta torjunnasta on julkaistu sivustolla suomeksi ja ruotsiksi (Blomqvist, Vänninen, Palmujoki, 2022).

Hankkeesta tiedotettiin Puutarha&Kauppa ja Trädgårnsnytt -lehdissä (Vänninen & Blomqvist, 2020; Vänninen, 2021; Vänninen, Blomqvist, Palmujoki, 2021; Vänninen, 2022b). Jauhiaisten uudet torjuntastrategiat ympärivuotiselle tomaatille esiteltiin kummassakin lehdessä vuoden 2023 alussa (Vänninen, Palmujoki, Blomqvist, 2023). Hankkeesta on valmistunut yksi opinnäytetyö (Vigelius, 2022).

4. Tulosten arviointi

4.1. Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus

Uuden strategian komponentteja voidaan ottaa käyttöön yksitellen: Tomaatin viljelijöiden ei tarvitse välttämättä ottaa käyttöön koko uutta ohjelmaa kerralla, vaan he voivat lähteä liikkeelle muuttamalla jotakin osaa tai joitakin osia torjuntastrategiastaan: esimerkiksi systematisoimalla tarkkailua, muuttamalla torjunnan painopistettä pistiäisistä petoluteisiin, kiinnittämällä enemmän huomiota kelta-ansanauhojen ja tarkkailuansojen sijaintiin suhteessa latvustoon ja laskemalla jauhiaistorjunnan kustannuksensa. Kustannusten laskemista varten on nyt saatavissa ”kokonaiskustannusmallina” Excel-muotoinen taulukko. Harva viljelijä tietää tarkkaan ilman laskelmaa, mitä jauhiaistorjunta hänen kasvustoissaan maksaa.

Valmiiksi luteita sisältävien tomaatintaimien käyttäminen on herättänyt kiinnostusta ja närpiöläinen taimituottaja on asiaa harkinnutkin, mutta ei ole vielä tehnyt lopullista päätöstä. Ludeitaimien tuottamisen voisi keskittää syksyyn, jolloin talviviljelyä harjoittavat tuottajat ostavat taimensa ja ludepuskuri olisi saatava muodostumaan nopeasti. Luteiden lisäys taimille lisää taimien hintaa eikä luteiden leviämistä kaikille samassa tilassa oleville taimille voida estää: kaikkien taimien ostajien olisi siksi tuona aikana oltava halukkaita ostamaan ludeympättyjä taimia. Isoina määrinä niitä tuotettaessa taimien suojaaminen harsolla ludeympätyksen ajaksi ei ole mahdollista.

Useiden hehtaarien suuruisissa yrityksissä optimoitu tarkkailu on todennäköisesti kaikkein kannattavinta ja tuottaa suurimman hyödyn. Uutta tarkkailusysteemiä ja jauhiaisluteiden toiminnan tehokkuuden seurantaan parhailaan kokeileva yritys on juuri tällainen. Tarkkailutyöhön käytetty työmäärä kaksinkertaistui heidän entiseen ansatiheyteensä verrattuna, mutta he kokevat hyötyvänsä jauhiaispesäkkeiden paremmasta havaitsemisesta enemmän kuin mitä suurempi ansamäärä lisää työtä. Yhden hehtaarin 40 ansan tarkistamiseen ja ansojen vaihtamiseen kuluu heiltä aikaa noin 2 tuntia, ei sen enempää. Yritys käyttää nyt ensimmäistä vuottaan päätorjuntaeliönä jauhiaisluteita (levitys 4+4 kpl/m² viljelyjakson alussa). Kaikissa viidessä osastossa, jossa seuranta tehdään, on tälläkin hetkellä jauhiaisia, mutta ne ovat pysyneet ”vihreällä tasolla” satunnaisia ”oransseja” viikkoja lukuun ottamatta (ks. kohta 3.2.3.). Tarvitaan kuitenkin kokemuksia useammalta vuodelta, ennen kuin voidaan olla varmoja, että torjunta on onnistunut nimenomaan optimoidun tarkkailun ja jauhiaisludepainotuksen sekä kynnysarvojen soveltamisen ansiosta. Pistiäisten käyttömäärät ovat olleet hyvin maltilliset ja ne sekä pariin huoneeseen lisätyt ludenymfit on kohdistettu alueille, joissa ansat ovat kertoneet jauhiaisten määrän alkaneen lisääntyä. Uuden strategian mukaisista kokonaiskustannuksista saadaan tieto kesän 2023 alkuun mennessä.

Viljelijähaastattelujen mukaan pullonkaula uuden torjuntastrategian kokonaisvaltaisessa käyttöönotossa on juuri tarkkailun tarkentaminen. Systemaattinen tarkkailu vaatii asiaan paneutuneet työntekijän, sillä yrittäjillä ei yleensä riitä aikaa siihen. Pioneeriyrityksistä aikanaan saatavat hyötylaskelmat auttavat tämän pullonkaulan läpäisemisessä ajan myötä. Neuvojien tulisi keskustella tarkemman tarkkailun hyödyistä ja etsiä ratkaisumalleja sen toteuttamiseen tomaatintuottajien kanssa (työntekijöiden vastuutus, tarkkailun ulkoistaminen, uudet keinot hyönteisten laskentaan ja tulosten visualisointiin).

Jauhiaisluteiden kynnysarvokaavan soveltaminen vaatii vielä todentavaa tutkimusta, johon lisärahoitus on jo haussa. Tärkeintä olisi saada todennettua useammasta kasvihuoneesta, millaisilla jauhiaistiheyksillä voidaan vielä yrittää biologista korjaavaa torjuntaa ilman, että jauhiaisten määrä ehtii nousta tahraaviin lukemiin. Kokemusperäisen tiedon mukaan lukema on noin 30 jauhiaista per ansa ja viikko, mitä käytettiin lämpökartoissa raja-arvona liian suurelle jauhiaismäärälle.

Kynnysarvojen laskukaavaa voitaneen nykyisestä hienosäätää perehtymällä tarkemmin jauhiais- ja jauhiaisludepopulaation välisiin määrällisiin vuorovaikutussuhteisiin ja tutkimalla nyt kerätystä

datasta eri parametrien välisten korrelaatio-suhteiden ominaisuuksia (lineaariset vs. ei-lineaariset korrelaatiot). Erityisesti jauhiaisluteiden ja jauhiaisten määräsuhdetta ansoissa ja petojen ja jauhiaisten spatiaalisen jakautumisen ”reikäisyyden” suhdetta toisiinsa pitää tutkia tarkemmin. Näiden tarkennusten jälkeen voidaan **kehittää sovellus tarkkailutulosten dokumentointiin** niin, että sovellus laskee kynnsarvon suoraan siihen syötetystä datasta ja ilmoittaa riskitason liikennevaloväreillä.

Jauhiaisluteisiin painottuva torjunta on pistiäistorjuntaa parempi ratkaisu myös etelänjauhiaisia vastaan, kunhan petoludepuskurin nopeaan muodostumiseen panostetaan. Etelänjauhiaista ei toistaiseksi esiinny Suomen vihannesviljelmillä. Jauhiaiskiilukaiset eivät loisi etelänjauhiaisia yhtä mielellään kuin ansarijauhiaisia (Szabo et al., 1993), joten niiden teho etelänjauhiaiseen jäisi mitä todennäköisimmin pienemmäksi syys- ja talvikuukausina kuin ansarijauhiaisiin, jonka torjunta sekin pistiäisten avulla on vaikeaa ko. vuodenaikoina. Jauhiaiskiilukaiset kehittyvät etelänjauhiaisissa hitaammin kuin ansarijauhiaisissa (Szabo et al., 1993), joten kiilukaiset eivät lisääntyisi etelänjauhiaisipopulaation varassa sitäkään vertaa kuin nyt ansarijauhiaisten varassa (eli niitä tuskin kuoriutuisi alalehdiltä kasvihuoneisiin lainkaan, kun isäntänä olisi etelänjauhiainen).

Muulla saadut tulokset ovat osoittaneet, että etelänjauhiainen syrjäyttää ansarijauhiaisen tomaatilta, jos molemmat lajit esiintyvät kasvustossa yhtä aikaa (Zhang et al., 2011) tai jos etelänjauhiainen pääsee kasvustoon ensin ja ansarijauhiainen saapuu sinne myöhemmin (Zhang et al., 2014). HPS-lamppujen alapuolisessa lämmössä etelänjauhiaiset todennäköisesti lisääntyisivät voimakkaammin kuin ansarijauhiaiset, sillä viimeksimainittujen populaatiokasvu alkaa noin 30 asteessa jo heiketä (Cui et al., 2008; Gamarra et al., 2020), mutta etelänjauhiaisen kehityksen optimilämpötila on peräti 32OC! (Bonato et al., 2007). Kasvihuoneen tyypistä ja olosuhteista riippuen etelänjauhiaisen korjaavassa torjunnassa tulisi jauhiaisluteiden rinnalla painottaa joko jauhiaiskiilukaisia (viileämmät olosuhteet) tai Eretmocerus-pistiäisiä (lämpimämmät olosuhteet).

Jos jauhiaisluteiden käyttö ensisijaisina torjuntaeliöinä yleistyy, tämä vaikuttaa torjuntaeliötuottajien myyntiin ja heidän pitää osata varautua lisääntyneeseen jauhiaisludeaikuisten ja -nymfien kysyntään. Kysynnän suuruus Suomessa riippuu pitkälti siitä, missä laajuudessa tomaattia tullaan jatkossa viljelemään talvisaikaan.

Jauhiaisluteiden käytön lisääntymiseen liittyy myös riskejä. Luteet voivat liian suurina määrinä vioittaa myös tomaatteja imemällä kasvinesteitä nuppujen peristä ja hedelmien pinnasta ja suurina määrinä jopa pienentää tomaattisatoa (Sanchez et al., 2018). Vioitusten syntyyn vaikuttaa kuitenkin moni tekijä kuten tomaattityyppi ja -lajike, ja mitä todennäköisimmin myös kasvuolosuhteet kuten lannoituksen intensiteetti ja vuodenaika. Suomen olosuhteissa syntyvistä vioituksista on vain anekdoottityyppisiä havaintoja, sillä tutkimusta ei ole tehty.

Jauhiaisluteiden aiheuttamista vioituksista tomaatin hedelmissä löytyy kuvia näiden linkkien takaa:

1. <https://joostgeers.jouwweb.nl/ziekten-en-plagen/macrolophus.schade>
2. <https://www.pcgroenteteelt.be/DesktopModules/EasyDNNNews/DocumentDownload.ashx?portalid=0&moduleid=742&articleid=1093&documentid=1082> dokumentin s. 65

Belgian olosuhteissa pyöreillä tomaattilajikkeilla taloudellisen tuhon raja ylittyi, kun luteen nuoruus- ja aikuisasteita oli vähintään 1,6 kpl tai enemmän per lehti (Moerkens et al., 2016). Pepinomosaiikkiviruksen samanaikainen esiintyminen kasveissa herkistää tomaatin hedelmiä luteiden vioituksille (Moerkens et al., 2016). Tämä on huolestuttavaa, koska tomaatteja rokotetaan Suomessakin heikoilla pepinoviruskannoilla haitallisempia kantoja vastaan.

Sanchez et al. (2018) osoittivat, että jauhiaisluteet vähensivät tomaattien satoa, kun luteita oli 24 kpl/kasvi, mutta eivät tiheydellä 14 ludeetta/kasvi. Kummallakaan tiheydellä syöntivioituksia ei tomaatteihin juuri tullut. Sanchez et al. (2018) tutkimus ei ilmoita, kuinka monta lehteä tomaateissa oli, mutta jos lehtimäärä arvioidaan samaksi kuin suomalaisilla viljelykäytännöillä (16-20 per kasvi), luteita olisi ollut lehteä kohti 0,7-0,9 (alempi ludeitiheys) ja 1,2-1,5 kpl (korkeampi tiheys). Jälkimmäinen tiheys on lähellä samaa kuin Moerkens et al. (2016) tutkimuksessa taloudellisen tuhon kynnsarvo.

Jaustrassa tehdyssä taimien Macro-ympäyksessä ja levitettäessä luteita 8 kpl/m² nymfi- ja aikuisten yhteismäärät per lehti olivat valtaosan ajasta maksimissaan 2-2,5 kpl tai vähemmän per lehti. Kokeen aikana ei todettu vioituksia pyöreissä Livento-tomaateissa. Ludepopulaatiot eivät todennäköisesti kasva meidän oloissamme yhtä helposti vioittavalle tasolle kuin etelämpänä. Ludevioitukset ovat kuitenkin mahdollinen riski, jonka syntyy vaikuttavista ludeitiheyksistä eri lajikkeilla meidän oloissamme ei ole olemassa vielä tarkkaa tietoa.

Luteiden lisääntymistä voi hillitä rajaamalla lisäravinnon anto 6-8 perättäiseen viikkoon luteiden levityksen jälkeen. Sitä useammalla ruokintakerralla havaittiin Belgian oloissa niin suuri populaatiokasvu, että hedelmiin tuli imentäjälkiä liikaa, vaikka luteita levitettiin alun perin vain 2,4 kpl/m² (Moerkens et al., 2017) eli vain kolmasosa siitä, mitä Jaustran Macrolophus-kokeessa.

Ruokinnan säätely on siis keino hillitä populaation kasvua silloin, kun kasvustossa ei ole muuten tarjolla hyönteis- tai punkkiravintoa luteille. Kun ruokaa ei laiteta joka viikko samoille kasveille, luteet levittäytyvät tasaisemmin kasvustoon ja vioitusten määrä pienenee. Jauhiasluteet leviävät viikon aikana levityksestä vain alle kolme metriä niiltä kasveilta, joille ne levitettiin ja joille laitettiin samalla lisäravintoa (Moerkens et al., 2017). Kokeissa on havaittu, että vielä toisenkin sukupolven aikuiset naaraat munivat samoille kasveille, joilla niitä on ruokittu. Ruokintakasveilla luteiden tiheys voi silloin nousta helpommin liian korkeaksi vioitusvaaraa ajatellen.

4.2. Tulosten tieteellinen merkitys

Jaustra tuotti uutta tietoa Suomen olosuhteisin jauhiaisten tehostettua tarkkailua ja torjuntaa varten (tekovalotus, mekaaninen torjunta taustalla koko ajan). Kynnsarvot jauhiaisluteiden toiminnan tehon seuraamiseksi kelta-ansojen avulla ovat uutta tietoa, jolla on todennäköisesti käyttöä myös muualla kuin Suomen olosuhteissa.

Kynnsarvot tarvitsevat vielä rinnalleen ansaseurantaa perustuvan tiedon jauhiaisludeitiheyksistä, jotka voivat vioittaa tomaatteja suoraan tai pienentää niiden kokoa vaikuttamalla imennällänsä kasviin. Lisätutkimuksia ja havaintoja käytännöstä siis tarvitaan.

Poistettujen lehtien jättämisestä kasvihuoneen lattialle on suositeltu 1970-luvulta saakka, mutta ainakaan Suomen syys- ja talvioloissa se ei näytä edistävän loispistoisten kuoriutumista kasvihuoneeseen, koska pistiäisten ja jauhiaisten biologia on alaslaskumenetelmässä sellainen, että pistiäiset kuoriutuisivat vasta selvästi myöhemmin kuin jauhiaiset kasvihuoneeseen.

Muista pistiäisten huoneon tehoon vaikuttavista syistä tuotettiin hypoteeseja, joiden paikkansa-pitävyys pitää varmistaa empiirisellä tutkimuksella: millainen on pistiäisten isäntien etsimis- ja loisintakäyttäytyminen silloin, kun tomaattikasvuston lämpötila ja valon määrä muuttuvat voimakkaasti vertikaalisuunnassa tekovalotuksen olosuhteissa? Entä miten paljon loisittuja toukkia ja koteloita jauhiaisluteet syövät kyseisissä olosuhteissa?

Vastauksilla em. kysymyksiin on merkitystä pohjoisilla alueilla, jossa talvilviljely perustuu tekovalotukseen. Led-valojen yleistyessä lämpötilojen kerrostuneisuus tulee kuitenkin muuttumaan ja voi vaikuttaa uudella tavalla sekä tuhoojiin että torjuntaeliöihin – uusia tutkimuskysymyksiä syntyy sitä mukaa kuin tuotantomenetelmät muuttuvat.

Typeä vähentämällä ei kasvihuonekokeessa voitu vaikuttaa jauhiaisiin tomaatin viljelyjakson ensimmäisinä viikkoina, kun typpimäärien erot olivat aloitus- ja siirtymävaiheessa käsittelyjen välillä pienemmät kuin lopullisessa lannoitusvaiheessa. Data toiselta munitusjaksolta, jolta kuoriutuneet toukat elivät lopullisen lannoitusvaiheen kasveilla, on vielä analysoimatta. Kasvihuonekokeen lopussa mitatut typpipitoisuudet eri käsittelyjen kasveista olivat kuitenkin kaikissa niin korkeat, ettei eroilla todennäköisesti ole ollut myöhemmäskään lannoitusvaiheessa vaikutusta jauhiaisten kehitysnopeuteen ja kuolleisuuteen. Tomaateille annettavaa typpilannoitusta on ehkä mahdollista vähentää, mikä olisi hyvä ympäristönsuojelullisista ja ehkä jopa makusyistä, mutta tuloksia satovaikutuksesta koko viljelyjakson ajalta ei meidän olosuhteistamme vielä ole.

Taulukossa 5 on lueteltu hankkeen datasta tuotettavia tieteellisiä julkaisuja ja perusteltu liittyvää tai niistä nousevaa lisätutkimustarvetta.

Taulukko 5. Jaustrassa kerätyn datan jalostaminen tieteellisiksi artikkeleiksi.

Aihe	Perustelut
Vähennetyt typpilannoituksen vaikutus ansarijauhiaisten kuolleisuuteen ja kehitysnopeuteen sekä kasvihuone-tomaatin sadon määrään.	<ul style="list-style-type: none"> Vaikka typpilannoituksen vähentäminen ei hidastaisi jauhiaisten populaatiokehitystä, koska typeä kertyy kasvualustaankin yli kasvien tarpeen, sadontuotanto ei ensimmäisten kuuden tertun aikana huonontunut huolimatta siitä, että typen määrä lähes puolitettiin lopullisen lannoitusvaiheen aikana. Lisätutkimustarve: typen vähentämisen mahdollisuudet koko viljelyjakson – eikä vain sen alkuvaiheen – aikana. Typen vähentämisellä olisi ympäristönsuojelullista ja lannoitteiden hintojen kohottua myös taloudellista merkitystä. Muualla saadut tulokset tukevat kasvihuonekokeessamme saatuja tuloksia siitä, että vähemmälläkin typpellä saadaan sama sato ainakin kuudesta tertusta.
Alalehtien poistamisen vaikutus jauhiaiskiilukaisten ja ansarijauhiaisen keskinäiseen populaatiodynamiikkaan kasvihuonetomaatilla.	<ul style="list-style-type: none"> Aiheesta ei ole aikaisempia julkaistuja tuloksia. Poistettujen lehtien jättäminen lattialle viikoksi on suositeltu 1970-luvulta lähtien jauhiaiskiilukaisten hyväksi, mutta viljelymenetelmä on sen jälkeen muuttunut eikä suositus selvästikään enää päde kuin ehkä kesäaikaan. Lisätutkimustarve: mahdollisuus parantaa pistiäisten lisääntymistä kasvihuoneessa kesäaikaan jättämällä lehdet lattialle viikoksi (mallinnustulosten verifiointi)
Dynaamiset kynnsarvot Macrolophus-jauhiaisluteiden toimintatehon seurantaan kelta-ansojen avulla kasvihuonetomaatilla.	<ul style="list-style-type: none"> Vastaavista biotorjunnan kynnsarvoista ei aikaisempia julkaistuja tuloksia, vaikka kelta-ansoihin tulevat jauhiaisludemäärät korreloivat kasveilla olevien määrien kanssa (Böckmann & Meyhöfer, 2017). Yksinkertaisia automaattisia kännykkäperusteisia menetelmiä hyönteisten laske- miseksi kelta-ansoista on kehitteillä ja ne voivat jo lähitulevaisuudessa nopeuttaa ansojen tarkastamista (Böckmann et al., 2021) ja lisätä kiinnostusta kynnsarvojen soveltamiseen. Lisätutkimustarve: 1) Datojen tarkempi tilastollinen tarkastelu kynnsarvon laskentakaavan hienosäätämiseksi ja mahdollisen sovelluksen kehittämiseksi ja laskentakaavan verifiointi muissa kasvihuoneissa kuin missä se kehitettiin. 2) Kelta-ansoihin tulleiden luteiden määrän korrelaatio tomaateille koituvan ludevioituksen kanssa (vaatii uutta tutkimusta).
Optimaalinen ansatiheys ansarijauhiaisten tarkkailuun.	<ul style="list-style-type: none"> Variogrammiin perustuvia tuloksia on olemassa Etelä-Koreasta (Park et al., 2011), mutta ne on saatu luonnonvalossa eikä jauhiaisia samalla massapyydytetyllä mekaanisesti. Nämä erot voivat vaikuttaa jauhiaisten leviämiseen ja sijoittumiseen kasvustossa.
Mikä estää jauhiaisten tehokasta torjuntaa tekovalotulla kasvihuonetomaatilla?	<ul style="list-style-type: none"> Viljelijä- ja neuvojahaastattelut: jauhiaisten integroidun torjunnan strategiat ja käytänteet tekovalotetussa tomaatin tuotannossa ennen Jaustra-hanketta. Lähtötaso, jonka avulla voidaan tarkastella käytäntöjen muuttumista ajan myötä, mikäli uudet strategiat leviävät laajemmin käyttöön.

Kirjallisuusviitteet

- Blomqvist, S., Vänninen, I., Palmujoki, E. (2022): En kort guide i bekämpning av vita flygare med gula fällor. <https://vakra.fi/wp-content/uploads/Gula-fallor-som-bekampning-av-vita-flygare-FARDIG.pdf> Sama myös suomeksi vakra-sivustolla <https://vakra.fi/jaustra>.
- Bonato, O., Lurette, A., Vidal, C., & Fargues, J. (2007). Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). *Physiological Entomology*, 32(1), 50-55.
- Böckmann, E., & Meyhöfer, R. (2017). Sticky trap monitoring of a pest–predator system in glasshouse tomato crops: are available trap colours sufficient?. *Journal of Applied Entomology*, 141(5), 339-351.
- Böckmann, E., Pfaff, A., Schirrmann, M., & Pflanz, M. (2021). Rapid and low-cost insect detection for analysing species trapped on yellow sticky traps. *Scientific reports*, 11(1), 1-13.
- Calvo, F. J., Bolckmans, K., & Belda, J. E. (2012). Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *BioControl*, 57(6), 809-817.
- Cui, X., Wan, F., Xie, M., & Liu, T. (2008). Effects of heat shock on survival and reproduction of two whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Insect Science*, 8(1), 24.
- Eklund, M. 2020. Kampen mot vita flygare trappas upp. Sydösterbotten 28.7.2020.
- Gamarra, H., Sporleder, M., Carhuapoma, P., Kroschel, J., & Kreuze, J. (2020). A temperature-dependent phenology model for the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Virus research*, 289, 198107.
- Malo, S., Arnó, J., & Gabarra, R. (2012). Intraguild interactions between the predator *Macrolophus pygmaeus* and the parasitoid *Eretmocerus mundus*, natural enemies of *Bemisia tabaci*. *Biocontrol Science and Technology*, 22(9), 1059-1073.
- Moerkens, R., Berckmoes, E., Van Damme, V., Ortega-Parra, N., Hanssen, I., Wuytack, M., ... & De Vis, R. (2016). High population densities of *Macrolophus pygmaeus* on tomato plants can cause economic fruit damage: interaction with Pepino mosaic virus?. *Pest Management Science*, 72(7), 1350-1358.
- Moerkens, R., Berckmoes, E., Van Damme, V., Wittemans, L., Tirry, L., Casteels, H., ... & De Vis, R. (2017). Inoculative release strategies of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) in tomato crops: population dynamics and dispersal. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124, 295-303.
- Moreno-Ripoll, R., Gabarra, R., Symondson, W. O. C., King, R. A., & Agustí, N. (2012). Trophic relationships between predators, whiteflies and their parasitoids in tomato greenhouses: a molecular approach. *Bulletin of Entomological Research*, 102(4), 415-423.
- Nannini, M., Atzori, F., Coinu, M., Murgia, G., Pintore, R., Pisci, R. and Sanna, F. (2014). Developing improved methods for the release of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Heteroptera: Miridae) in Sardinian tomato greenhouses. *Acta Hortic.* 1041, 163-170. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1041.18. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1041.18>
- Park, J. H., Hong, S. J., Han, E. J., Shim, C. K., Lee, M. H., Kim, M. J., & Kim, Y. K. (2012). Effect of yellow sticky trap for controlling whitefly on tomato cultivated in greenhouse. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 20(4), 643-654.
- Park, J. J., Lee, J. H., Shin, K. I., Lee, S. E., & Cho, K. (2011). Geostatistical analysis of the attractive distance of two different sizes of yellow sticky traps for greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)(Homoptera: Aleyrodidae), in cherry tomato greenhouses. *Australian Journal of Entomology*, 50(2), 144-151.
- Sanchez, J. A., Lopez-Gallego, E., Perez-Marcos, M., Perera-Fernandez, L. G., & Ramirez-Soria, M. J. (2018). How safe is it to rely on *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) as a biocontrol agent in tomato crops?. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 132.
- Szabo, P., Van Lenteren, J. C., & Huisman, P. W. T. (1993). Development time, survival and fecundity of *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. *WPRS BULLETIN*, 16, 173-173.

- Vigelius, L. (2022). Typpilannoituksen vaikutus ansarijauhiaisen (*Trialeurodes vaporariorum*) kuolleisuuteen ja kehitysaikaan tomaatilla (*Solanum lycopersicum*). Pro gradu. Helsingin yliopisto. Maatalous- metsätieteellinen tiedekunta. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/345249>
- Vänninen, I. (2021). Svårt att slå fast gränsvärden för bekämpning av vita flygare. Trädgårdsnytt 8/2021.
- Vänninen, I. (2022a). Advances in insect/disease pest monitoring and forecasting in horticulture. Chapter 5 in, Collier, R. Improving integrated pest management (IPM) in horticulture. BDS Publishing. 67 p. <https://shop.bdspublishing.com/store/bds/detail/workgroup/3-190-106510>
- Vänninen, I. (2022b). Massapyydys torjuu jauhiaiset. Puutarha&Kauppa 4/2022: 32.
- Vänninen, I., Blomqvist, S. (2020). Jauhiaistorjunnan uudet strategiat kasvihuonetuotannossa. Puutarha&Kauppa 18/2020: 33. – Sama artikkeli ilmestyi myös lehdessä Trädgårdsnytt.
- Vänninen, I., Blomqvist, S., Palmujoki, E. (2021). Dataplattform tas till hjälp vid övervakning av vita flygare. Trädgårdsnytt 6-7/2021: 14-15.
- Vänninen, I., Palmujoki, E., Blomqvist, S. (2023). Jauhiaisten uusi torjuntastrategia puolittaa torjuntakustannukset. Puutarha&Kauppa 3/2023: 24-25. (10.2.2023). – Sama juttu ilmestynyt myös ruotsiksi lehdessä Trädgårdsnytt helmikuussa 2023.
- Zhang, G. F., Li, D. C., Liu, T. X., Wan, F. H., & Wang, J. J. (2011). Interspecific interactions between *Bemisia tabaci* biotype B and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Environmental entomology*, 40(1), 140-150.
- Zhang, G. F., Lövei, G. L., Hu, M., & Wan, F. H. (2014). Asymmetric consequences of host plant occupation on the competition between the whiteflies *Bemisia tabaci* cryptic species MEAM1 and *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest management science*, 70(12), 1797-1807.