

Nya bekämpningsstrategier för vita flygare i växthusproduktion (Jaustra, 2020–22)

Slutrapport 31.3.2023



Irene Vänninen, special forskare/Naturresursinstitutet, projektledare/ÖSP
(Irene.Vanninen@luke.fi)

Sandra Blomqvist, projektarbetare, ÖSP

Esa Palmujoki, odlingskonsult, SCADS

Sammanfattning: Jaustra-projektet utvecklade effektiva praxisbaserade metoder för att förbättra bekämpningen av vita flygare (VF) i åretruntodling av tomat. Resultaten visar att bekämpningen kan förbättras genom att fokusera på rovtinkflyn (predatorn *Macrolophus pygmaeus*) som den primära bekämpningsorganismen och genom att använda en optimal täthet av gula fällor (1 fälla/250 m²) för att övervaka både VF och predatorer. Denna fälltäthet gör det möjligt att upptäcka VF kolonier i hela växthuset och rikta kontrollen exakt på dem. Observationsfällor samt massfångstfällor (gula limband) måste placeras något under planttopparna för att effektivt fånga vuxna VF.

Den optimala fälltätheten fastställdes på två olika sätt: statistiskt med hjälp av variogramanalys och empiriskt genom att mata in observationsdata i ett program som använder trafikljusfärger för att illustrera antalet VF i olika delar av kulturen som så kallade värmekartor. Genom att börja med VF i fem fällor och öka antalet fällor i omgångar av fem var det möjligt att se från värmekartorna vid vilken fälltäthet informationen började upprepa sig (dvs. att öka fälldensiteten gav inte längre ny information). Båda metoderna kom fram till samma optimala fälltäthet som minimerar arbetsbelastningen för övervakning samtidigt som den fortfarande ger tillräcklig information för beslutsfattande.

Baserat på de veckovisa övervakningsresultaten under 1,5 år i två växthus med specialtomater utvecklades en beräkningsformel som med hjälp av de tröskelindex som tillhandahålls, verkar möjliggöra en kontinuerlig övervakning av graden av framgång av biologisk bekämpning mot VF. Indexen har gränsvärden för att vägleda beslutsfattandet och varna när kurativa åtgärder mot VF krävs. Gränsvärden för att vägleda beslutsfattande inom biologisk bekämpning är ännu inte vanliga så den metod som utvecklats är helt ny.

Det visades att etableringen av en buffertpopulation av *Macrolophus* rovtinkflyn kunde påskyndas med 3–4 veckor genom att applicera dem på små tomatplantor 10 dagar innan planteringen i växthuset. Samma antal predatorer kunde dock uppnås, men med en fördröjning på 3–4 veckor, genom att applicera 8 predatorer per m² efter plantering, uppdelat i två satser. I båda behandlingarna matades larverna med insektsfoder varje eller varannan vecka under en period om 6 eller 8 veckor. Antalet larver och vuxna rovtinkflyn per blad var mellan 2 och 2,5 under större delen av tiden. Det har observerats under sydligare förhållanden att sådana mängder kan också skada tomatfrukterna och till och med minska tomatskörden, uppenbart på grund av att *Macrolophus* både suger växtsaft och inducerar ett slags resistens i växten (resistensutbildning kräver alltid energi av plantan). I Jaustra-försöken observerades dock inga skador. Misslyckade blomningar och sugningsskador på frukter är dock en potentiell risk och de förhållanden som leder till detta måste förstås bättre under de specifika vinterodlingsförhållandena i Finland. Förekomsten av skador verkar vara lägre här än i sydligare förhållanden, som gynnar reproduktion och utvecklingshastighet av *Macrolophus*.

Hypoteser genererades för den dåliga prestandan hos parasitsteklar under höst- och vintermånaderna; hypoteser kan testas i framtiden. De gäller stratifieringen av temperatur- och ljusförhållanden i tomathuset under högtrycksnatriumlampor, steklarnas borttagning

med veckovis bladning av de tre nedersta bladen (så att steklarna inte hinner kläckas i växthuset för att fortsätta reproduktionen) samt predation av parasiterade mjöllöss av *Macrolophus*. Att lämna bladen på golvet förbättrade inte tillräckligt steklarnas kläckning under en vecka. Å andra sidan kläcks även en del VF i växthuset samtidigt från bladade bladen, även om de flesta av dem kläcks före bladningen.

Inte ens en halverad kvävegödsling jämfört med den rådande standarden påverkade negativt utvecklingshastigheten och dödligheten av VF i faser av start och övergångsgödsling, vilka täcker fyra veckor efter planteringen. Detta eftersom växterna ackumulerade kväve över den så kallade kritiska gränsen (som möjliggör normala skörden) i alla behandlingar. Nedsläppningsmetoden av tomat och associerad kvävegödning i Finland är således ganska intensiva och mycket gynnsamma för växterna. Avkastningen minskade inte ens vid den lägsta gödslingsnivån (där en del kväve ersattes med klorid och sulfat). Det skulle vara värt att under hela säsongen undersöka möjligheten att minska kvävehalten i tomatodlingen för miljöskäl; resultat i Jaustra täcker ju bara 2 månader från början av odlingscykeln.

De tre olika kostnadsscenarierna för de nya kontrollstrategierna jämfördes med kostnaderna för de befintliga strategierna, för vilka information har hämtats från företagen. Scenarierna tyder på att kostnaderna kan, som bäst, så mycket som halveras om de nya strategierna används. Den främsta orsaken är att användningen av parasitsteklar begränsas och att de i stället används för korrektiv bekämpning tillsammans med *Macrolophus* larver och Siltac behandlingarna. Intensifierad övervakning (p.g.a. en större täthet av gula fällor) ökar kostnaderna bara något, men det kan också vara det största hindret för att företagen ska ta upp nya strategier. Beräkningar av fördelarna med förbättrad övervakning och användning av gränsvärden, som tagits fram av pionjäranvändare, kan med tiden förändra attityder och praxis när det gäller övervakning.

Projektet gav resultat för effektivare kontroll trots att forskningen nästan uteslutande utfördes i kommersiella odlingar, vilket alltid innebär utmaningar när det gäller datatillgänglighet och integritet. Samarbetet mellan växthusföretag, rådgivning och forskning fungerade mycket bra och var en förutsättning för framgång. Samarbetet fortsätter med ett stort tomatföretag som tillämpar de nya metoderna, inkluderande gränsvärden för prestanda av biologisk bekämpning med *Macrolophus*, som utvecklades i projektet.

Innehållsförteckning

1. PROJEKTETS MÅL	5
2. PARTERNA OCH SAMARBETET	8
3. RESULTAT	9
3.1 METODER OCH MATERIAL	9
3.1.1 Effektivisering av förebyggande bekämpning.....	10
3.1.2. Optimering av övervakning.....	13
3.1.3. Beslutsfattande om prestanda av biologisk bekämpning	14
3.1.4. Biologisk information om insekter för förbättring av biologisk bekämpning.....	16
3.1.5. Bekämpningskostnader	17
3.1.7. Inläring och kommunikation	17
3.1.7. Planering av bekämpningen som en del av integrerad bekämpning	17
3.2 RESULTAT	18
3.2.1. Rekommendation 1: Macrolophus som den huvudsakliga bekämpningsorganismen	18
3.2.2. Rekommendation 2: Använd en optimal täthet av fällor för övervakning av VF och Macrolophus (1 fälla/250 m ²).....	20
3.2.3. Rekommendation 3: Använd gränsvärden för att övervaka prestanda av Macrolophus som bekämpningsorganism.....	21
3.2.4. Rekommendation 4. För korrektiv bekämpning använd Macrolophus larver och parasitsteklar... ..	24
3.2.5. Rekommendation 5: Alltid använd mekanisk bekämpning i bakgrunden	24
3.2.6. Varför fungerar parasitsteklar inte bra under höst och vintermånaderna?.....	25
3.2.7. Inläring och kommunikation	27
3.2.8. Kostnader för bekämpningen.....	28
3.3 Utvärdering av genomföring	30
3.4 Publikationer	31
4. URVÄRDERING AV RESULTAT	32
4.1. Möjligheter för praktisk tillämpning av resultat	32
4.2. Vetenskaplig betydelse av resultat.....	35
Litteratur.....	37

1. PROJEKTETS MÅL

I linje med den reviderade forskningsplanen som godkändes av styrgruppen den 15 maj 2020 var målen för Jaustra-projektet inriktade på att utveckla effektiva sätt att förbättra bekämpningen av VF i växthusproduktion. I praktiken begränsades forskningen till bekämpning av VF på året runt tomat, eftersom denna gröda upprepade gånger hade visat den högsta förekomsten av problem med VF.

Tillvägagångssättet och de mer detaljerade målen för delprojekten var följande:

- Att förbättra den tekniska och ekonomiska effektiviteten i bekämpningen av VF i tomat på ett heltäckande sätt
- Att etablera ett praktiskt orienterat samarbete mellan producenter, rådgivare, forskare och utrustningsleverantörer och att tillhandahålla information och kontroll lösningar
- Förfining av gamla metoder och nya tillvägagångssätt
- Tillämpa befintlig kunskap så långt som möjligt
- Flexibelt fokus baserat på resultaten från arbetspaket 1 (intervjuer med odlare om det aktuella läget för bekämpning av VF)

Forskningshelheten bestod i slutändan av följande:

1. Intervjuer med odlare

2. Utveckling av förebyggande bekämpning:

- a. Macrolophus rovtinkflyn som den föredragna naturliga fienden istället för parasitsteklar.
- b. Påverka VF:s reproduktion genom att minska kvävegödslingen av tomater - ett försök genomfördes på detta, varefter styrgruppen rekommenderade att kväveforskningen skulle avbrytas och fokus riktas på direkta bekämpningsmetoder.
- c. Förbättra effektiviteten av massfångst genom korrekt placering av gula limband.

3. Optimering av övervakningen:

- a. Optimal fälltäthet (för att minimera arbetsbelastningen och maximera informationen) --> precisionskontroll av mjölluskolonier.
- b. Demonstration av ett digitalt verktyg för att visualisera övervakningsresultaten.

4. Beslutsfattande:

- a. Utveckling av dynamiska gränsvärden för Macrolophus för att kontinuerligt övervaka deras effektivitet baserat på optimerad övervakning med gula fällor.

5. Ökad biologisk kunskap om skadegörare och dess naturliga fiender som en grund för kontrollstrategier, i synnerhet för kurativ (återställande) kontroll:

- a. Vertikal fördelning av VF och lokalisering av olika utvecklingsstadier i olika delar av tomatplantan.
- b. Effekten av bladningen på populationsdynamiken hos Encarsia-steklar och VF.
- c. Effekten av ljus- och temperaturförhållanden på skadedjurens beteende under olika säsonger.

d. Larver av *Macrolophus* för kurativ kontroll i kombination med behandlingar med biorationella metoder (Siltac).

6. Kostnader för bekämpning av VF med gamla och nya bekämpningsstrategier

- a. Alla kostnader baserade på tre gamla bekämpningsstrategier (data från företag).
- b. Alla kostnader baserade på tre scenarier med de nya bekämpningsstrategierna.

7. Lärande och kommunikation:

- a. Kliniker om VF för odlare och rådgivare (tre kliniker 2021–22).
- b. Samarbete med tomatföretag (försöks- och observationssamarbete med sex företag, inklusive heltidssamarbete med två företag under åren 2021–2022): planering och informationsutbyte samt granskning av resultat på gemensamma möten.

8. Planering av bekämpningen

- a. Vägledningar och rekommendationer.

För att underlätta läsningen visas stegen i VF:s livscykel i bild 1. VF lägger sina ägg på de övre bladen av tomatplantan. Ägg och larver stannar på samma blad under hela sin utveckling, eftersom endast de minsta larvstadierna rör sig några centimeter, de äldre ömsar sitt skinn och trycker sedan igen in sin stilett i bladet, ett slags trådliknande sug, på ungefär samma plats där den var innan ömsningen. Tillsammans med bladen åker larverna neråt som på en grön hiss när växterna släpps neråt veckovis efter att deras toppar har passerat övre tråden, som växterna är fästa vid med ett snöre. På så sätt hålls planttopparna på ungefär samma nivå hela tiden. När plantan släpps neråt flyttas dess topp något i sidled så att den allt längre stammen kan vila horisontellt på sidan av växtrännan. Stammen når så småningom en längd på upp till 15 m (se bild 2).

När de lägsta frukterna på tomaten mognar tas de 2–3 lägsta bladen närmast dem bort. Detta gör det enkelt att plocka mogna tomater och antalet blad på plantan hålls på önskad nivå (14–22 beroende på typ och sort av tomat och tid på året). På de lägsta bladen syns hela historien av biologisk bekämpning från bladens livstid. Mjöllöss som parasiterats av *Encarsia* blir svarta. Skinnen av mjöllöss som blivit dödade av *Macrolophus* sitter kvar på bladen och kan igenkännas som dödade av predatorer. Antalet blad per planta och typen av tillväxt (öppen eller sluten) hos de olika tomat-sorterna påverkar tomatkulturens mikroklimat: ljus kontra mörkt, torrt kontra fuktigt, varmare eller svalare i de nedre delarna av plantorna vid användning av högtrycksnatriumlampor eller respektive LED-lampor för växtbelysning (bild 3).



Bild 1: Livsstadier hos VF och de larvstadiet som parasiteras av stekeln *Encarsia formosa* (L1-L4, medan L3 och L4 är de prefererade larvstadiet för parasitering). Både vuxna och larver av rovtinkflyn *Macrolophus pygmaeus* (övre hörnan till höger), som är ett rovdjur, äter alla livsstadier av vita flygare, inklusive vuxna. *Macrolophus* kan även äta växtmaterial, men de flesta behöver insektföda för att bli fullvuxna. Foton av Irene Vänninen.



Bild 2. Vänster: En härva av nedsläppta körsbärstomatstammar. Höger: högtrycksnatriumlampor för toppbelysning ovanför tomatplantorna och gula limfällor och limremmar för massfångst av mjöllöss. Foton av Irene Vänninen.

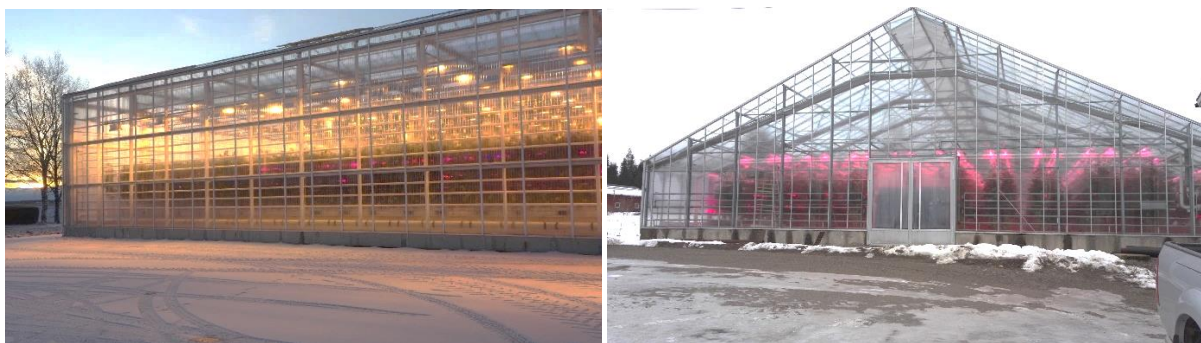


Bild 3. HPS-lampor kompletteras med LED-mellanljus, som placeras ungefär i mitten av plantorna (vänster). Idag kan LED-lampor vara den enda ljuskällan för växter (höger). Foton av Irene Vänninen.

2. PARTERNA OCH SAMARBETET

Projektägare var Österbottens Svenska Producentförbund (ÖSP), närmare bestämt dess trädgårdsutskott, som medfinansierade projektet genom sin Utvecklingsfond. ÖSP rekryterade en heltidsanställd projektarbetare (biolog Sandra Blomqvist). ÖSP finansierade också projektledarens forskningsarbete under 2–3 månader per år.

Projektpartner var Naturresursinstitutet (Luke), vars Makera andel kombinerad med egen finansiering täckte en del av projektledarens arbete, forskare Timo Kaukorantas arbete om modellering av populationsdynamiken mellan parasitsteklar och VF samt biometrikerns arbete om statistiska analyser. Projektledarens deltidsarbete vid Luke var en mycket bra lösning för att skaffa den litteratur som behövdes för projektet via Lukes bibliotekstjänster och för att genomföra ett växthusförsök på hösten 2020.

Växthusförsöket genomfördes i samarbete mellan Luke och ÖSP. ÖSP anställde en avhandlingsstudent från Helsingfors universitet med finansiering från Rikalastiftelsen och Luke tillhandahöll fyra forskningsväxthus och tekniskt arbete i Jockis för experimentet. Detta arrangemang fungerade mycket bra.

Jaustra köpte konsulttjänster från SCADS (Esa Palmujoki). Palmujoki arbetade under projektiden även i Österbotten som växtodlingsrådgivare anställd av Biotus Oy. Genom Palmujokis nätverkande skapade Jaustra en levande och fungerande länk mellan forskning och praktiska gårdar. Hans bakgrund som grönsaksodlare tjänade samma syfte: han var bekant med problemen med VF och kunde därför tillföra praktisk förståelse för utformningen av forskningsfrågor, kostnadsberäkning och tolkning av resultat. Han spred efter projektet dess resultat till tomatföretag genom sitt konsultarbete.

Samarbetet med växthusodlare var en viktig del av projektet. Försöks- och observationsplatserna utmanade forskningen och dess frågeställningar och styrde därmed direkt forskningen i en praktisk riktning. "Triangeln" mellan företag, rådgivning och forskning är ett

exempel på hur kunskapsgenerering, innovation och kunskapsutbyte som bäst kan fungera inom trädgårdssektorn.

Projektets styrgrupp bestod av representanter för den huvudsakliga finansiären, jord- och skogsbruksministeriet: styrgruppens ordförande, Johanna Nykyri (ersatt av Taina Sahin under ett år) och överinspektör Tove Jern samt överinspektör Veli-Pekka Reskola som rådgivande medlem vid behov. Trädgårdssektorn var representerad av VD Jan Hulshof från Biotus Oy, växthusodlare Tero Juntti, seniorlärare Teo Kanninen från Häme Yrkeshögskola, specialforskare Anne Nissinen från Luke, överinspektör Jari Poutanen från Livsmedelsverket, samt som representant för projektägaren Johanna Smith, verksamhetsledare för ÖSP, (ersatt av David Pettersson, ÖSP:s trädgårdsombudsman, på ett par möten). Styrgruppen, som sammanträdde fyra gånger under projektet, var delaktig i att definiera projektets mål och kommenterade aktivt resultaten.

Jaustra var kopplat till Helsingfors universitet genom en magisteruppsats (Vigelius, 2022). Efter att ha gjort sin examen på våren 2022 erbjöds Vigelius omedelbart en tjänst som forskningsingenjör vid Lukes enhet för naturresurser, vilket säkert påverkades av den noggrannhet, samvetsgrannhet och uppfinningsförmåga som hon visade under sitt arbete med projektet.

Den totala budgeten för projektet var ursprungligen 403 845 euro, varav Makera bidrog med 253 000 euro, ÖSP 25 000 euro, Luke 35 410 euro, Rikalas trädgårdsstiftelse 12 000 euro och företagen (Biotus Oy, Steelmark Oy, Botnia Grönsaker Ab och Yara Oy) med sammanlagt 4720 euro. Makeras finansiering delades mellan ÖSP och Luke i proportionerna 71% respektive 29%. En del av budgeten, dvs 73 715 euro, planerades att sökas och erhållas från andra källor. Ansökningarna till stiftelser var dock inte framgångsrika, med undantag för Rikala stiftelsen, men i slutändan nådde projektkostnaderna inte den nivå som ursprungligen planerats. Den ytterligare finansiering som uteblev behövdes därför endast till ett belopp av drygt 7000 euro, vilket ÖSP täckte genom att öka sin självfinansiering med detta belopp i slutet av projektet, tack vare ÖSP:s trädgårdsutskott.

Tack till alla bidragsgivare för att ha gjort projektet möjligt och till styrgruppen för att aktivt ha förfinat projektmålen och gett feedback om hur projektet fortskrider.

3. RESULTAT

3.1 METODER OCH MATERIAL

Intervjuerna med odlarna gav en baslinje över den nuvarande situationen för bekämpning av VF i växthus i Österbotten. 14 intervjuer med odlare och 5 med rådgivare genomfördes. De kompletterades med en webropol-undersökning om användningen av bekämpnings-

metoder. Intervjuerna spelades in och transkriberades och lagrades i molntjänsten atlas.ti, där de kunde användas för att kvalitativt söka efter information om erfarenheter, svårigheter, önskemål och idéer om användningen av bekämpningsmetoder.

3.1.1 Effektivisering av förebyggande bekämpning

Dödligheten hos VF orsakad av steklar och *Macrolophus* undersöktes på Daltary körsbärstomater i två försök under vintern 2022. Prover togs på plantans nedre blad under flera veckor i rad.

Effektiviteten av att behandla små tomatplantor med *Macrolophus* redan hos plant-drivaren i stället för i växthuset undersöktes genom att sätta ut rovtinkflyn på Livento-tomater 10 dagar före leverans av småplantor (bild 4). I detta fall var predatorer närvarande på plantorna som ägg redan när de planterades i växthuset. Eftersom metoden redan används i Spanien (Calvo et al., 2012) och Italien (Nannini et al., 2014), utfördes endast ett demonstrationsförsök under finländska höst- och vinterförhållanden med två provrutor med cirka 300 plantor. Plantorna som "inokulerades" med *Macrolophus* fick 2,8 st. fullvuxna rovtinkflyn per m² av den slutliga planttätheten. Denna appliceringsmetod säkerställde att *Macrolophus* etablerade sig på praktiskt taget alla plantor. *Macrolophus* matades med fjärilsägg vid utsättning samt en gång efter leverans av småplantor.

Den andra behandlingen var tomatföretagets egen strategi för applicering av *Macrolophus*: 4 + 4 rovtinkflyn per en m² efter en och två veckor från planteringen. Antalet utsatta predatorer var således totalt 8 per m², räknad för den slutliga planttätheten. Från bladen på sju plantor per provruta räknades veckovis larver, fullvuxna och även skinn som återstod efter ömsning av *Macrolophus*. Granskningen pågick från september till november, sedan ytterligare en gång i december och en gång i januari. Företagets anställda följde upp förekomsten av VF i växthus med gula fällor.



Bild 4A (fotograf Marika Peltokoski) och 5B (fotograf Esa Palmujoki). Vuxna Macrolophus släpptes ut på de dukskyddade småplantorna för att få det önskade antalet rovtinkflyn per topp (0,75 st./topp). Duken hindrade Macrolophus från att nå andra plantor som växte i samma växthus. Duken behölls på plantorna i endast 5 dagar så att plantorna inte skulle lida av brist på ljus. Plantorna med Macrolophus behandling märktes med orange taggar och levererades till det köpande företaget 10 dagar efter rovtinkflyna släpptes på plantorna.

På plantorna som behandlades med Macrolophus hos plantdrivaren matades rovtinkflyn veckovis i 6 veckor (från planteringen) med fjärilsägg som ströks på varje planta i små mängder. I företagets egna provrutor matades Macrolophus varannan vecka med Entofood (fjärilsägg och Artemis-kräftdjurskristaller), som sprutades på en rad plantor per provruta (alla provrutor hade 4 rader av plantor).

Betydelsen av rätt upphängningshöjd för gula fällor undersöktes under tre veckor i rad i januari-februari 2022. Tio massfångstfällor hängdes något under planttopparna (avståndet från planttopparna till övre kanten av fällorna) och tio fällor hängdes cirka 20 cm ovanför topparna (avståndet från topparna till nedre kanten av fällorna). Efter en vecka räknades antalet VF i båda fällorna och andelen VF i de två fällorna kalkylerades.

Effekten av minskad kvävegödsling på mjöllöss studerades i fyra av Lukes försöksväxthus i Jockis från början av augusti till mitten av oktober (bild 6). Gödsellösningarna innehöll fyra olika kvävenivåer (N1, N2, N3, N4) (tabell 1). N3 användes som kontroll, dvs. kväve tillfördes i normal mängd som motsvarar kommersiella odlingars standardrecept. För N1 och N2 reducerades kvävenivåerna till 50 respektive 70 % av standarden. N4 var "kvävet metoden", dvs. 119 % kväve jämfört med kontrollen. Det reducerade kvävet ersattes med klorid och sulfat för att bibehålla konduktiviteten i växtunderlaget. Det första gödslingssteget var startgödsling tills

plantorna hade två klasar; övergångsgödslingen gjordes tills plantorna hade fyra klasar och slutgödslingen började när plantorna hade fem klasar (bild 5). Efter den inledande fasen mot slutet minskades kväveinnehållet i gödsellösningarna vid alla kvävenivåer (Tabell 1) (Vigelius, 2022).

I detta försök mättes utvecklingshastigheten och dödligheten hos mjöllöss från äggläggning till kläckning av fullvuxna VF. Den exakta genomföringen av försöket beskrivs i Vigelius (2022) pro gradu-avhandling.

Vecka	33	34	35	36	37	38	39
Startgödning 31.7.-16.8.		Övergångsgödning 17.-24.8.	Slutlig gödning 25.8.-				
Ägglägg. 1:	10.-16.8.	Ägg & L1 – L4			3.-21.9. kläckning av fullvuxna		
Ägglägg. 2:		18.-22.8. Ägg & L1 - L4				10.-26.9. kläckning av fullvuxna	

Bild 5. Ungefärlig tidtabell på veckonivå för växthuset försök. Vigelius magisteravhandling är baserad på den första äggläggingsperioden, i vilket sammanhang larverna levde den första hälften av sitt liv på bladen som fick gödning enligt startgödningsreceptet och sedan enligt övergångsreceptet. Vid dessa tidpunkter var skillnaderna mellan gödningsrecepten ännu inte lika stora som vid den slutliga gödningsfasen. Den andra äggläggingsperioden sammanföll med veckan för övergångsgödningsfasen, så att larver åt från bladen av de slutgödslade plantorna. Det var då skillnaden mellan gödslingsrecepten var som störst.

Tabell 1. Halten av nitratkväve i olika gödningsrecept. Procent ger halten jämfört med standarden (N3) i slutgödningsfasen.

Kvävenivå	Startgödning (mg NO ₃ -N/L)	Övergångsgödning (mg NO ₃ -N/L)	Slutgödning (mg NO ₃ -N/L)
N1 (50 %)	317	212	128
N2 (70 %)	318	256	169
N3 (100 %)	372	306	242
N4 (119 %)	406	331	287

Kväveförsök i Jockis: plantering 31.7, försöket avslutat 9.10.2020



Bildkavalkad 6. Faser av genomförande av växthuset i Jockis, Luke från 30.7 till 9.10.2020. På den sista dagen genomfördes en smakjury som smakade på tomaterna från de tre växthuset. Foton av Irene Vänninen.

3.1.2. Optimering av övervakning

Hur många fällor måste det finnas i ett växthus för att effektivt upptäcka nya VF-kolonier? I ett 3250 m² stort växthus med körsbärstomater placerades totalt 30 gula fällor (12,5 x 12,5 cm) ut

på olika avstånd från varandra, med överkanten i nivå med topparna. Antalet VF och *Macrolophus* som fastnade på fällorna övervakades veckovis under tre veckor.

I ett annat växthus på 5 000 m² hängdes totalt 84 fällor upp på olika avstånd från varandra, först på ena sidan av växthuset och sedan på den andra, enligt samma princip. På detta sätt erhöles data från varje halva av växthuset från tre olika veckor. Alla växthus hade artificiell HPS-belysning och led-ljus som mellanbelysning. I bakgrunden bekämpades VF med gula limband i alla växtrader.

Data analyserades med hjälp av variogrammetoden. Denna statistiska metod beräknar det optimala avståndet mellan närliggande fällor baserat på principen att närliggande fällor måste ge oberoende information. Då täcker fällornas fångstförmåga hela växthusets yta och upptäckten av nya kolonier blir effektiv.

Efter insamling av variogramdata placerades fällorna (30) i ett 3250 m² stort växthus i ett regelbundet rutmönster på ungefär likadana avstånd från varandra. Från dessa fällor övervakades antalet VF och *Macrolophus* varje vecka i över ett år. Hälften av fällorna flyttades i januari 2022 till ett annat växthus av liknande storlek och Sweetelle tomatsorten. Detta resulterade i en fälltäthet på 1/250 m² i båda husen efter att den här optimala fälltätheten hade fastställts.

Den optimala fälltätheten demonstrerades ytterligare genom att introducera en IPM-modul från LetsGrow (<https://letsgrow.com>) i ett 3250 m² stort växthus med körsbärstomater. Detta är en applikation som matas med fälldata enligt placering av fällorna i växthuset. Programmet informeras om ett tröskelvärde som indikerar om antalet VF överskridit en lämplig nivå. Tröskelvärdet fastställdes till 30 VF per fälla. Applikationen använder sedan en statistisk modell för att rita en värmekarta baserad på antalet VF (och *Macrolophus*) i fällorna. De röda delarna av växthuset på värmekartan indikerar sedan de områden där det finns för många VF. En liknande karta togs också fram för *Macrolophus*, men de röda områdena indikerade då att det fanns mycket av rovtinkflyn (bra situation) och gröna att de fanns färre (dålig).

Optimal fälltäthet med IPM-modulen undersöktes genom att först skapa värmekartor med endast data från fem fällor placerade i olika delar av växthuset. Analysen inkluderade sedan ytterligare fem fällor åt gången, och efter varje tillägg tittade man på hur värmekartan nu såg ut. Detta gav en visuell indikation på den fälldensitet vid vilken data började upprepa sig, dvs. inte längre gav ny information om placeringen och mängden av VF och *Macrolophus* i olika delar av växthuset. De erhållna resultaten jämfördes med de optimala fälltätheterna som fastställdes genom variogramanalys.

3.1.3. Beslutsfattande om prestanda av biologisk bekämpning

I Sweetelle-tomathuset, där angrepp av VF och mängder *Macrolophus* övervakades varje vecka i 6 månader, erhöles data som visade den tätheten av VF vid vilken tomater i de värsta

kolonierna måste tvättas rena från honungsdagg före försäljning (bild 7). I detta växthus hade 2,3 *Macrolophus*/m² applicerats i augusti efter planteringen.



Bilder 7A och 7B. Ett tomatblad (vänster) fläckat av honungsdagg, dvs. vita flygarnas och deras larvers exkrementer. Olika svampar växer i honungsdaggen (bild till höger) och hindrar ljuset från att tränga in i bladen. Tomatfrukterna blir missfärgade på samma sätt. Foton av Irene Vänninen.

I det andra huset, där Daltary-tomater hade mellanplanterats, övervakades den väletablerade VF och *Macrolophus*-populationerna varje vecka under ungefär ett år. I detta hus behövde tomaterna inte tvättas. Det maximala antalet VF, mätt genom medelvärden för fällor, var bara ungefär en femtedel av det maximala antalet i Sweetelle-huset.

Baserat på Sweetelle-data genererades en formel för att härleda gränsvärden för förekomsten av VF i fällorna när den huvudsakliga kontrollorganismen är *Macrolophus* och rimligt antal steklar används i bakgrunden för att stödja dem. När denna funktion tillämpades på Daltary-data visade det sig att det tröskelvärde för tomaters klubbighet som tagits fram med hjälp av Sweetelle-data inte överskreds en enda gång.

Parametrarna i formeln för beräkning av gränsvärden är följande variabler:

a. **Relation mellan *Macrolophus* och VF i fällorna:** relationen mellan antalet insekter i fällorna måste vara känt för att veta när antalet VF är större än antalet *Macrolophus*. Det är känt att när det är ont om mjöllöss på bladen föredrar *Macrolophus* att äta annan föda om den bara är tillgänglig. Vid låga VF nivåer behövs därför mer *Macrolophus* per VF än vid högre VF nivåer. Effekten av den ovannämnda relationen på bekämpningsresultatet är alltså inte linjär, men för nu, i brist på exaktare information, antar vi att den är linjär.

b. **Fällor utan *Macrolophus* och fällor utan VF:** om det finns många fällor utan några *Macrolophus* alls, är deras fördelning i grödan ojämn eller hålig. Om relationen är större än 1 tyder det på att det finns färre fällor med *Macrolophus* i växthuset än med VF. Då är det mindre troligt att *Macrolophus* anländer i tid när nya kolonier av VF bildas - det finns färre platser att ta dem från till nya kolonier.

c. **Absolut antal *Macrolophus* i fällor per 1000 m²**

d. **Absolut antal VF i fällor per 1000 m².** Tillväxthastigheten för insektspopulationer varierar beroende på tätheten av individer i populationen. Därför måste beräkningarna inte bara ta hänsyn till förhållandet mellan antalet *Macrolophus* och VF (punkt a), utan också till det absoluta antalet av båda. Om gränsvärdet för storleken på den farliga populationen av VF överskrids endast något, samtidigt som antalet *Macrolophus* minskar av någon anledning eller deras ökning inte följer ökningen av populationen av VF, har odlaren mer tid att reagera för att förbättra bekämpningen än om tröskelvärdet överskrids dramatiskt på en gång. Därför kommer kriterierna för att fatta beslut om kurativ bekämpning att skilja sig beroende på hur långt över tröskelvärdet VF går när ett överskridande upptäcks.

Tröskelvärden kan inte användas om inte deras prestanda har verifierats i andra växthus än där de ursprungligen genererades. Verifiering har utförts på preliminär basis i fem växthus av ett annat tomatföretag, med både klassiska runda tomater, körsbärstomater och miniplommontomater. Data har samlats in av företaget under nästan ett år, men analyserades hittills endast från början av januari 2023 till vecka 13 (mitten av mars). Detta företag har antagit en fälltäthet på 1/250 m² i tre stora växthus.

3.1.4. Biologisk information om insekter för förbättring av biologisk bekämpning

Fördelningen av de olika utvecklingsstadierna av VF i olika delar av tomatbeståndet måste kännas till så att man kan rikta bekämpningsbehandlingarna rätt. Informationen är nödvändig även för att förstå om förhållandena i olika delar av plantorna är lämpliga för bekämpningsorganismer. Den vertikala fördelningen studerades i flera växthus under sensommaren och under höst- och vintermånaderna genom provtagning av 2–3 småblad per blad från tre plantor per växthus längs hela plantans längd. Ägg, larver och puppor räknades. Vuxna VF räknades innan småbladen samlades in.

Effekten av bladningen på de parasiterandes kläckning studerades genom att samla in de tre nedersta bladen från fem plantor strax före bladningen. Alla utvecklingsstadier av VF samt svarta parasiterade puppor räknades från bladen. Bladen från de övriga fem plantorna lämnades kvar på växthusmarken i 4 dagar och från en annan sats av fem plantor i 7 dagar. Detta gjordes för att se hur många VF och steklar skulle kläckas i växthuset när de fick mer tid att utvecklas där.

Resultaten, tillsammans med information från litteraturen, användes för att modellera populationsdynamiken mellan VF och *Encarsia*. Modelleringen jämförde utvecklingen av antalet organismer i situationer där bladen inte lämnas respektive lämnas på marken i en vecka.

Temperaturförhållanden vid olika tidpunkter på året mättes i två växthus med hjälp av temperaturloggare både i toppen av växterna och i höjd med mogna frukter. Loggare var alltid placerade i omedelbar närhet av observationsfällorna. En av mätplatserna var ett plastväxthus och det andra ett blockhus, som är högre och där förhållandena är mer enhetliga än i plastväxthuset.

Mätningar av ljusnivåer på olika höjder av tomatplantorna gjordes i Livento- och Sweetelle-husen. Livento växer tätt, medan Sweetelle har glest bladverk och tillåter mycket mer ljus att nå de nedre delarna av plantan. Mätningarna gjordes med en Apogen PAR-linjemätare, som har 10 linser som samlar in ljus över ett större område än en traditionell PAR-mätare som har bara en lins.

3.1.5. Bekämpningskostnader

Kostnaderna inkluderade inköp av organismer, andra förnödenheter och arbetstid för de olika verksamheterna. Inköpskostnaderna baserades på genomsnittliga siffror för stora inköp per företag, dvs. mängdrabatter beaktades. Kostnaderna för förebyggande och kurativ kontroll beräknades separat.

3.1.7. Inläring och kommunikation

Tre kliniker om VF hölls för odlare och rådgivare under 2021–23. Klinikerna behandlade kraven för bekämpning av VF baserat på biologiska data och ny kunskap som genererats av projektet. De odlare som lät oss övervaka populationsdynamiken och ta prover informerades veckovis om utvecklingen av insektpopulationerna, vilket bidrog till beslutsfattande om behovet av kurativ bekämpning. Planerings- och resultatgranskningsmöten hölls med dem vid behov. Projektets framsteg rapporterades till de lokala konsulenterna ett par gånger om året vid deras månatliga möten. Artiklar skrevs för trädgårdstidningar och materialet laddades upp även på vakra.fi/jaustra sidor och [vakra-Instagram](#).

3.1.7. Planering av bekämpningen som en del av integrerad bekämpning

För att underlätta planeringen av bekämpningen av VF lades guiden och annat material ut på projektets webbplats <https://vakra.fi/jausta>.

3.2 RESULTAT

Resultaten sammanfattas som rekommendationer. Tillsammans bildar de nya strategier för bekämpning av VF. Huvudsyftet med projektet uppnåddes: att göra bekämpningen av VF mer effektiv och till och med minska dess kostnader. Detta kräver dock att man inför optimerad övervakning och använder gränsvärden för att övervaka hur framgångsrik användningen av *Macrolophus* är.

3.2.1. Rekommendation 1: *Macrolophus* som den huvudsakliga bekämpningsorganismen

Använd *Macrolophus* rovtinkflyn, inte parasitoider, som den huvudsakliga predatoren under höst- och vintermånaderna. Steklar sparas huvudsakligen för kurativ bekämpning vid behov.

- Vid användning av *Macrolophus* som huvudbekämpningsorganism, applicera en tillräcklig mängd av dem, minst 8 per m², ANTINGEN strax efter planteringen i 2–3 satser för att uppnå den totala mängden, ELLER köp småplantor – om de är tillgängliga – som redan har *Macrolophus* på sig. Från sådana småplantor kläcks *Macrolophus* i växthuset inom den första veckan efter plantering och bildar snabbare en buffert mot VF.
- *Macrolophus* måste matas regelbundet varje eller varannan vecka när det inte finns några skadedjur i kulturen att äta på. Matningen bör fortsätta i 6–8 veckor. Om skadedjuren ännu inte har dykt upp efter denna period och bufferten mot rovdjur ska bibehållas, bör matningen fortsätta, men försiktigt så att *Macrolophus*-populationen inte blir för stor. När de finns i stort antal kan de skada blommor, som aborterar, och orsaka sugskador på frukter (Moerkens et al., 2017; Sanchez et al., 2018). **Detta verkar dock inte vara en stor risk under finländska förhållanden**, utan beror på omständigheterna. När matningen upphör börjar dess effekt på populationsnivån av *Macrolophus* minska betydligt cirka 5 veckor efter den sista matningen. Utvecklingstiden för *Macrolophus* från ägg till vuxen är 4–5 veckor, men utan insektsmat kommer endast en liten andel att utvecklas till vuxna.
- Matning varannan vecka är tillräcklig, eftersom larver av *Macrolophus* också lever genom att suga vätska från tomater, men en stor del av dem utvecklas inte till vuxna enbart på växtföda. Under två veckor kan de dock leva på växtsaft, men efter det måste de matas med insektsföda för att de äldsta larvstadierna ska kunna utvecklas till fullvuxna predatorer. Matning bara var tredje vecka innebär en risk för att detta inte händer.

Dessa rekommendationer baseras på ett försök där antalet *Macrolophus* jämfördes i plantor som hade behandlats (inokulerats) med predatorer i småplantstadiet och i plantor som

behandlats med *Macrolophus* 1 och 2 veckor efter plantering (bild 8A-C). Försöket pågick i 4 månader. Som förväntat gick utvecklingen av *Macrolophus*-populationen i växthuset en månad snabbare i de inokulerade plantorna (gröna kurvor i bild 8A-C) än i referensbehandlingen (röd och orange kurva) som behandlades med *Macrolophus* efter plantering. I slutändan nådde antalet larver i båda behandlingarna samma nivå. Detta hände efter ungefär 6 veckor från planteringen. Inokulerade plantor fick alltså en snabbare buffert mot VF. VF förekom bara i små mängder i ett par rader i växthuset under loppet av försöket och inte alls i testrutorna. Bild 8C visar tydligt hur larvantalet av *Macrolophus* förblev högt i flera veckor efter att matningen upphört i M1-testrutan vecka 6. M1-rutan hade en infektion av spinnkvalster, som duger som föda för *Macrolophus*. I de andra testrutorna sjönk antalet larver efter fem veckor efter att matningen upphörde därför att det inte fanns någon insekt- eller kvalsterföda för *Macrolophus*.



*Bilder 8A-C. Förekomst av *Macrolophus* på tomatplantor och blad i försök där de tillsattes i plantorna vid småplantstadiet (M1 och M2) eller endast i växthuset efter plantering (R1 och R2). Obs: Antalet larver per blad inkluderar även de skinn som hittades på bladen; deras andel var minst hälften av det totala antalet. Det totala antalet levande nymfer och vuxna var därför högst 2-2,5 per blad under större delen av tiden, de resta var skinn.*

Mjöllössens dödlighet beräknad från bladprover visade tydligt att under vintermånaderna dödade *Macrolophus* en större andel av mjöllöss än parasitsteklar (Bild 9).

Macrolophus och steklar som dödare av VF i Daltary-tomat, plast-hus, Närpes dec-juni 2022

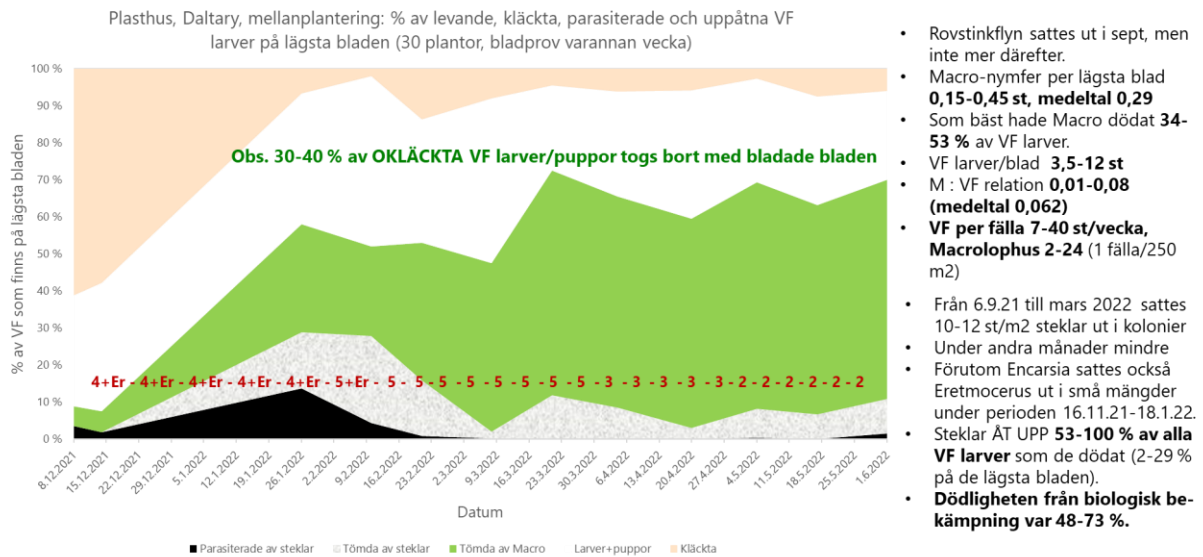


Bild 9. Andel mjöllöss som dödade av *Macrolophus* (grön) och *Encarsia* (svart=parasiterad, gråmelerad=uppåtta) på Daltary körsbärstomater från december till början av juni. Resultaten var också liknande i ett annat företags Daltary-hus. Som mest dödade de två naturliga fienderna nästan 70 % av mjöllöss. De röda siffrorna visar den relativa intensiteten av användningen av steklar under olika veckor (Er = *Eretmocerus*, annars *Encarsia*). Resultaten är från veckobladsprover som samlats in från 15 plantor per hus.

3.2.2. Rekommendation 2: Använd en optimal täthet av fällor för övervakning av VF och *Macrolophus* (1 fälla/250 m²)

Enligt den statistiska analysen är det optimala avståndet mellan närliggande fällor 15–20 meter, det vill säga ca. 1 fälla/225 – 300 m², avrundat till 1 fälla/250 m². Då upprepar inte grannfällor den information som var och en ger. Enligt analysen är samma fälltäthet tillräcklig för att också övervaka *Macrolophus*.

Vad som gäller populationsdensiteten av VF så ger fälltätheten 1/500 m² nästan samma resultat som 1 fälla/250 m². Men värmekartans analys visade att med en densitet på 1 fälla/250 m² hittas kolonierna bättre (bild 10).

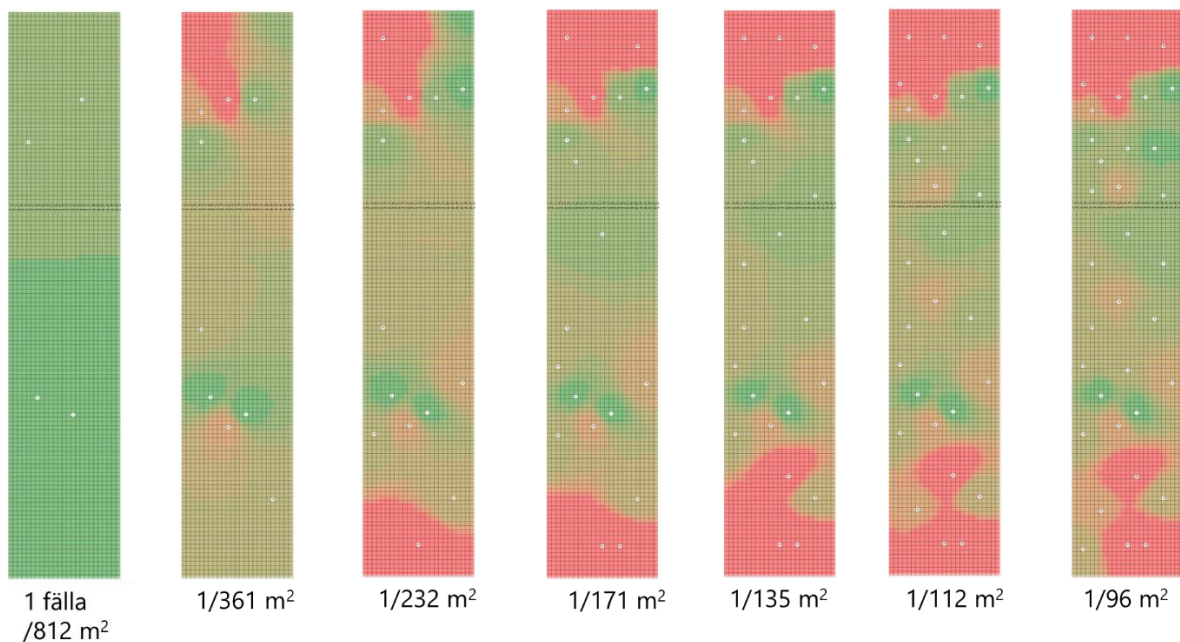


Bild 10. Ett visuellt sätt att presentera och analysera den optimala fälltätheten. Om tätheten av fällor är högre än 1 fälla/232 – 250 m², så får man inte väsentlig ny information om lokaliseringen av kolonier av VF i växthuset, bara finjustering. Om fälltätheten är mindre än 1 fälla/232–250 m², försämrar lokalisering av kolonierna betydligt.

3.2.3. Rekommendation 3: Använd gränsvärden för att övervaka prestanda av *Macrolophus* som bekämpningsorganism

Ett ungefärligt gränsvärde erhöles från Sweetelle-tomaten för vita flygarnas densitet, vilket ledde till kladdiga tomater med honungsdagg. Det var 200 eller mer VF per fälla i medeltal i hotspottarna, när problemet med kladdiga tomater uppstod och förblev innan kurativ bekämpning började fungera. Man såg också vid vilka tätheter att problem med kladdiga tomater inte uppstod (bild 11). Med densiteten 50 eller färre VF per fälla var situationen under kontroll i detta hänseende.

Men ovannämnda gränsvärden är ungefärliga och kan inte tillämpas utan att veta hur många *Macrolophus* som finns samtidigt på plantorna. Baserat på observationsresultaten och skadedata (kladdiga tomater) utvecklades en beräkningsformel och tolkningar av gränsvärden enligt tabell 2. För att undvika upp-och-ner fenomen med gränsvärden på varandra följande veckor kalkyleras det veckovisa indexet så att det är ett medeltal av pågående och föregående veckans index. Vi ger inte ännu den exakta beräkningsformeln r att indexet ska verifieras ännu i andra växthus och andra sorter förutom Daltary och Sweetelle.

När korrektiv bekämpning pågick i Sweetelle-huset gjordes parasitapplicering i måttliga mängder (10–15 st/m²), mestadels under veckorna med de högsta VF mängder per fälla. Odlaren reagerade alltså med kurativ kontroll på resultaten av veckoövervakningen.

Tabell 2. Preliminära gränsvärden för beslutsfattande baserade på observationer av vita flygare och *Macrolophus* i observationsfällor.

Tolkning	Index
Kladdiga tomater i hotspots när indexet är <5 i tre veckor i rad	<5
Fara med kladdiga tomater, börja kurativ bekämpning omedelbart	5-19
Förbered dig för kurativ bekämpning under de kommande veckorna, fortsätt övervakning noggrant	20-40
Situationen under kontroll, fortsätt övervakning	>40

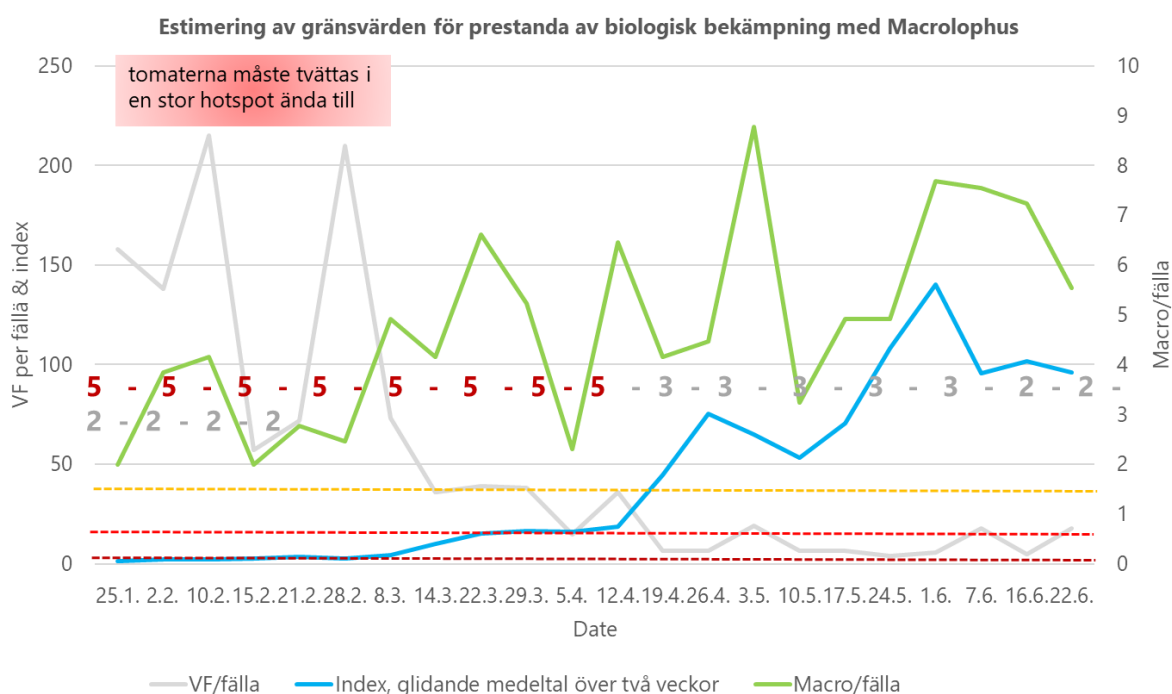


Bild 11. Vita flygare och *Macrolophus* i gula fällor från januari till slutet av juni i Sweetelle miniplommontomater i ett 3250 m² stort plasthus. Gränsvärdeindex beräknat enligt den utvecklade formeln (blå linje). Mekanisk bekämpning med gula fällor fungerade i bakgrunden hela tiden. Röda och gråa siffror i mitten: relativa mängder av tillsatta steklar under olika veckor.

Gränsvärdesresultaten som presenteras i tabell 2 och bild 11 är fortfarande preliminära av följande skäl:

- Data om VF densiteten som ledde till kladdiga tomater finns hittills bara från ett växthus och en tomat-sort.
- Tolkningen av värdena som faller i det röda och orange området i tabell 2 är fortfarande lite ofullständig. Ett rött värde indikerar en situation där kvantitetsförhållandet och/eller fördelningen av vita flygare och *Macrolophus* i

växthuset är ur balans (t.ex. antalet *Macrolophus* har plötsligt minskat kraftigt av någon anledning utan förändringar i vita flygarnas antal per fälla). I beslutsfattandet måste därför det absoluta antalet vita flygare också beaktas och inte bara siffran som ges av gränsvärdesformeln. Vi behöver mer data från praktiken om sådana situationer. Det verkar som att kalkylering av indexet som medeltal över två på varandra följande veckor ger en bättre tolkning av bekämpningssituationen än bara pågående veckas index.

- Korrelationsrelationer mellan parametrarna som används i formeln är inte nödvändigtvis linjära vid alla insektdensiteter. Formeln har inte finjusterats i dessa avseenden ännu.

Formeln för beräkning av gränsvärde som utvecklats på basis av bild 11 i Sweetelle tomater tillämpades på observationsdata som samlats in från Daltary körsbärstomater från samma företag under ett år (Bild 12).

Gränsvärdesformeln fungerade bra i Daltary-växthuset som hade mellanplantering. Där behövdes tomaterna inte tvättas alls. Indexet sjönk aldrig till den lägsta, farliga, mörkröda nivån, fastän det gick till röd faronivå vid två tillfällen. Odlaren reagerade på de röda situationerna genom att sätta ut lite mer steklar i huset, och tack vare detta återgick indexet till en grön, bra nivå. En orsak till de farliga situationerna var mellanplanteringen i slutet av sommaren. Mellanplantering orsakade stor störning i växtligheten och både VF och *Macrolophus* fördes bort med de gamla plantorna. Inverkan var värre på *Macrolophus* än på VF. En annan störning inträffade under våren och vintern, då odlaren två gånger minskade antalet *Macrolophus* genom att bespruta med Neem Azal (av rädsla för skador på skörden). I dessa fall hittades i genomsnitt 28 *Macrolophus* per fälla. Huruvida denna täthet av rovtinkflyn verkligen är farlig för grödan kräver mer detaljerade studier.

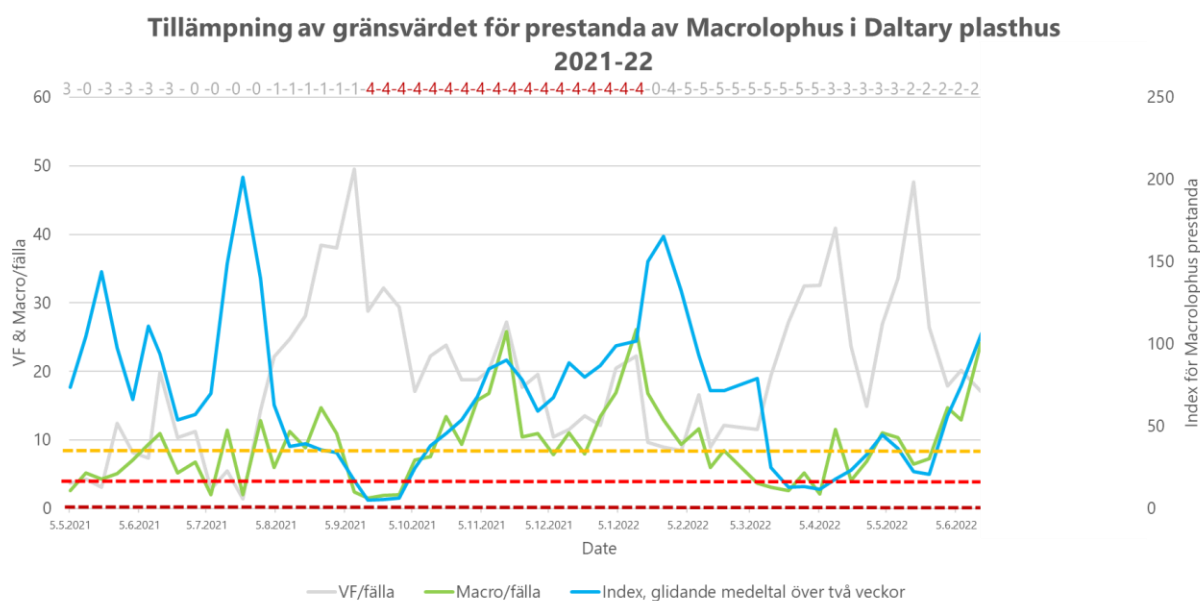


Bild12. Tillämpning av gränsvärdesformeln utvecklad på basis av data från Sweetelle-huset (Bild 1) till Daltary körsbärstomat i samma växthusföretag. Biologisk bekämpning med Macrolophus går bra när den blåa linjen stannar ovanför den orange streckade linjen. Obs. de två punkter då den blåa linjen nästan sjönk ner till den farligaste mörkröda nivån på grund av störningar i växtbeståndet, men antalet VF i medeltal förblev under 50 i alla veckor och tomaterna behövde inte tvättas.

Gränsvärdesformeln har tillämpats på observationsdata som samlats in från fem växthus hos ett annat företag i januari-mars 2023 i verifieringssyfte. Optimal fälltäthet har använts i tre växthus och en densitet på 1 fälla/500 m² i två hus. Gränsvärdet har visat grönt läge i alla hus där fälltätheten är optimal. I de andra två har det varit röda och orange situationer i 2–5 veckor, trots att VF mängderna varit väldigt måttliga även i dem. I det här skedet är det svårt att säga om de farliga situationerna beror på att fälltätheten inte är optimal eller på att utvecklingen av Macrolophus-populationen i båda husen "bromsades" i flera veckor innan den började stiga. Under de första veckorna började antalet VF öka och situationen korrigerades med måttliga mängder av steklar.

3.2.4. Rekommendation 4. För korrektiv bekämpning använd Macrolophus larver och parasitsteklar...

...då antalet VF per fälla är maximalt 30–50 per fälla och gränsvärdet visar orange. Om gränsvärdet visar rött, måste antalet fullvuxna VF fås ner med biorationella medel (t.ex. Siltac). Denna rekommendation är preliminär, eftersom gränsvärdeindexet kan visa orange eller rött under ett par veckor även när det är mindre än 30–50 stycken VF/fälla i genomsnitt. Hur ofta detta händer när optimala fälltätheten används för övervakning är för närvarande oklart och kräver ytterligare undersökning.

Larver av Macrolophus sätts ut 500 st. per 20 radmeter i kolonier av VF. Appliceringen upprepas efter en eller två veckor. Användningen av Macrolophus stöds av steklar i minst 6 veckor: appliceringsmängder av steklar är 10–15 st./m² och de riktas i de värsta kolonierna.

Den predatoriska effekten av Macrolophus börjar synas ordentligt i VF mängder i gula fällorna först efter en fördröjning på 3–4 veckor. Med Siltac-behandlingar (2 ggr/vecka) tas därför vuxna vita flygare bort från växttopparna om de är för många. Det kräver bra täckning av nedre bladtytor med Siltac (rätt sorts munstycken som leder ämnet till bladens nedre ytor). Behandlingarna kan fortsätta i 2–4 veckor, beroende på antalet vita flygare.

3.2.5. Rekommendation 5: Alltid använd mekanisk bekämpning i bakgrunden

Gula limband på rätt höjd och i varje rad fångar som bäst 60–80 % av de vuxna vita flygarna (Park et al., 2012). I de värsta kolonierna kan man hänga upp gula fällark för att göra massfångsten mer effektiv (bild 13). Mer information i guiden till mekanisk bekämpning på hemsidan <https://vakra.fi/jaustra>.



Bild 13. Vänster: gula limband och ark för mekanisk bekämpning av VF. På grund av tekniska skäl är de gula limbanden på bilden för högt ovanför topparna för att fånga VF med full kraft. I mittenbilden är vita flygare i en observationsfälla. Till höger syns en observationsfälla högst uppe och strax under den en temperaturloggare inuti skyddslådan. På den här bilden är de gula limbanden (2 band, det nedre syns inte så bra p.g.a. skuggan) i lagom höjd för effektiv massfångst av vita flygare.

3.2.6. Varför fungerar parasitsteklar inte bra under höst och vintermånaderna?

Baserat på temperatur- och ljusmätningarna samt mängden VF och steklar som kläcks från de nedre bladen i växthuset eller tas bort med bladade bladen genererades hypoteser om orsakerna till att steklarna klarar sig dåligt under höst och vinter. Rovdjursbeteendet av *Macrolophus* gentemot parasiterade mjöllöss undersöktes i litteraturen. Dessa fyra hypoteser genererades och väntar på att testas:

1. Skarpa temperaturskillnader bildas i växtbeståndet under HPS-lampor: temperaturen i toppen kan vara 5–6 grader högre än i den nedre delen av plantorna. I topparna kan temperaturen bli upp till 30 grader och ännu mer under dagen – det är för varmt för steklarna.
2. Ljushet mängden minskar kraftigt redan vid det sjätte bladet uppifrån i plantrader med täta bladverk (som med Livento- och Daltary-tomater) (bild 14). På denna höjd finns första och andra stadiets larver av VF (bild 15). Under dem finns larver av tredje och fjärde stadiet, som steklar helst vill parasitera. Där de sistnämnda sitter på bladen är mängden ljus dock på en suboptimal nivå för steklar, däremot är temperaturerna där lämpligast för dem. Hur beter sig steklar i en sådan skiktad ljus- och temperaturmiljö? Inte optimalt, verkar det.

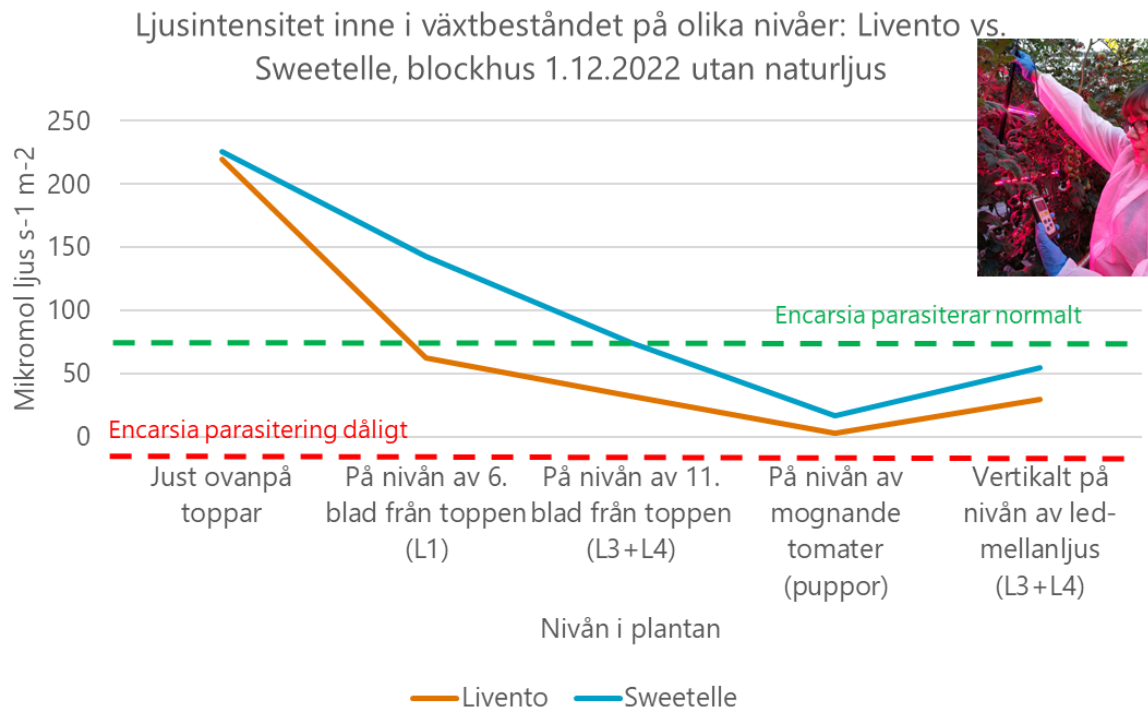


Bild 14. Mängden ljus i den täta Livento och i den öppnare Sweetelle-kulturen. Vid tidpunkten för mätningen var allt ljus konstljus. Siffrorna är medelvärden av tre mätningar per höjd i varje planta. L1-L4 tyder på olika larvstadier av VF som *Encarsia* parasiterar; de prefererar L3-L4.

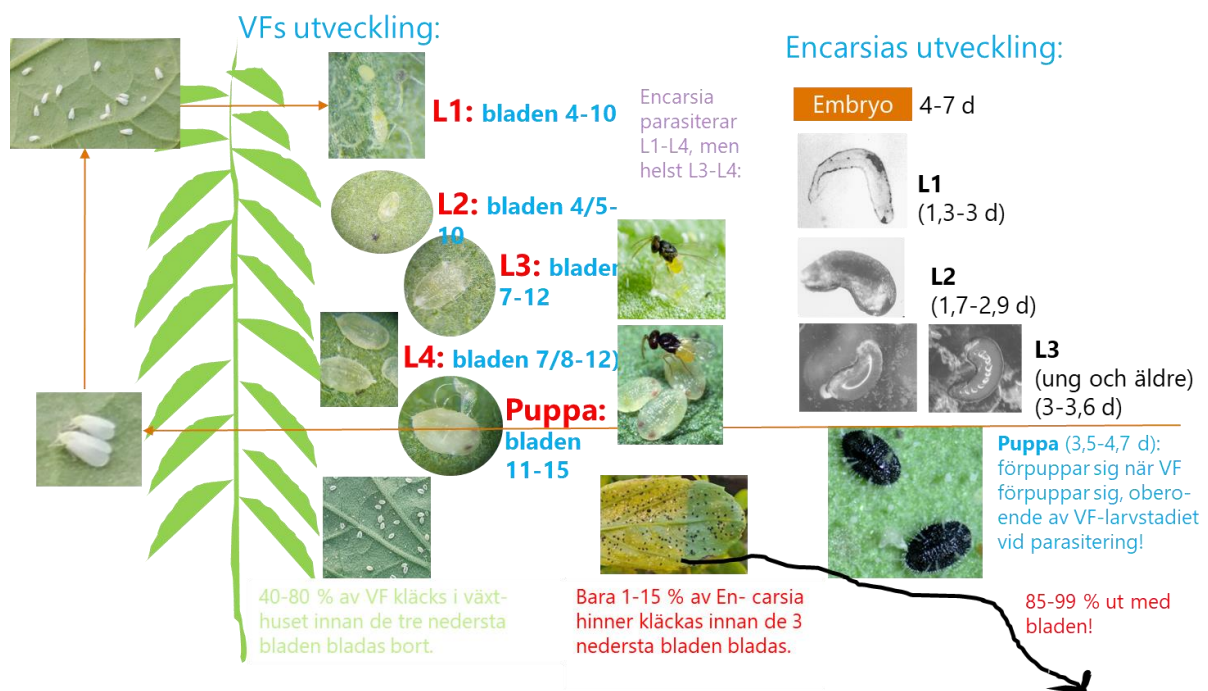


Bild 15. Till vänster: platser för de olika utvecklingsstadierna av VF på bladen som ligger på olika höjder av tomatplantan (1. blad = topp). I mitten, *Encarsia*s favoritlarvstadier (L3-L4) för parasitism. Till höger: stadierna av larvutvecklingen av *Encarsia* och kläckningen av parasiten från svarta puppor. Eftersom

Encarsias larv blir en puppa (vilket sker på de nedre bladen som bladas bort veckovis) bara när dess värd förvandlas till en puppa, hamnar de flesta av de parasiterade svarta pupporna ut ur växthuset innan de kläcks.

3. De flesta *Encarsia* lämnar växthuset med de borttagna nedre bladen och fortsätter inte reproducera i växthuset. Därför måste växthuset "pumpas" med nya steklar hela tiden även om det finns mycket av parasiterade puppor av VF på bladen (bild 16). Även om bladen fick ligga på marken i växthuset i en vecka var det fortfarande bara cirka 60 % av de svarta pupporna som hann kläckas i huset. Samtidigt kläcktes också VF på bladen. Modellering visade att genom att lämna blad på golvet i en vecka ökade stekelpopulationen bara med cirka 20 % i bästa fall jämfört med att kasta ut bladen omedelbart. Sommartid kan läget vara bättre på grund av högre temperaturer, men det hann vi inte undersöka.

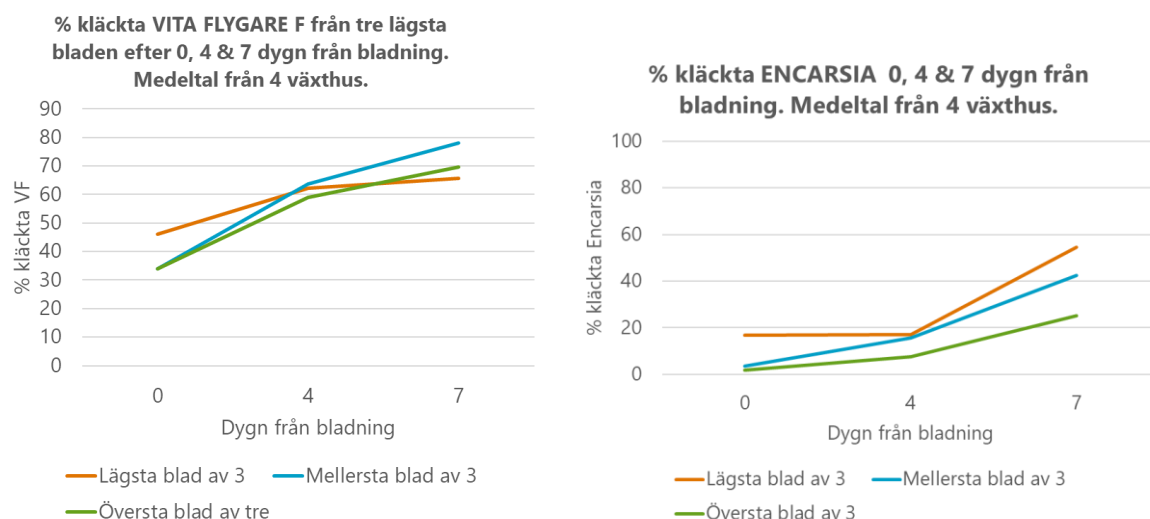


Bild 16. Kläckning av VF och Encarsia från de nedre bladen på tomatplantor i växthuset just före bladen bladas bort och efter 4 och 7 dagar när de lämnats på marken i växthus.

4. *Macrolophus* äter även parasiterade mjöllöss (Malo et al., 2012; Moreno-Ripolli et al., 2012). Denna predation har inte forskats under finländska förhållanden, men enligt litteratur kan den vara avsevärt hög, särskilt vid låg täthet av mjöllöss om *Macrolophus* inte har någon annan insektföda.

3.2.7. Inlärning och kommunikation

Bekämpning av VF diskuterades med odlare på tre kliniker i Närpes under sensommaren 2021 och våren 2022. Resultaten presenterades på Närpes TrädgårdsExpo i september 2022. Resultaten efterfrågades även för presentationer på odlarkvällar som anordnades av Biotus Oy under 2022 och 2023 samt för en kurs om forskning och produktutveckling vid Tavastehus yrkeshögskola i januari 2023. Resultaten presenterades också vid Helsingfors universitet på

kursen "Integrerat växtskydd" hösten 2022 samt på ett seminarium anordnat av Naturresursinstitutet i mars 2023.

Flera publikationer skrevs om projektet i professionella trädgårdstidningar. Resultatet av projektet har laddats upp på webbplatsen <https://vakra.fi/jaustra> och det har också informerats om projektet via vakras Instagram. De avslutande seminarierna hölls på finska i Salo i februari 2023 och på svenska i Närpes i mars 2023.

Under försökens gång i samarbetsföretagen hölls flera möten med företagets personal och odlare informerades regelbundet om resultaten av de veckovisa övervakningarna.

3.2.8. Kostnader för bekämpningen

Information inhämtades från tomatföretag om användningen av bekämpningsorganismer i enlighet med rådande bekämpningsstrategier. Användningen av stora mängder steklar för förebyggande och kurativ bekämpning kan öka kostnaderna upp till nästan 6 euro per m² i året runt odling av tomat. Om det inte finns något behov av att använda steklar när VF-trycket är lågt kan kostnaderna vara mindre än hälften av de maximala kostnaderna (tabell 3).

Den nya strategin satsar på förebyggande spridning och systematisk matning av *Macrolophus*, samt övervakning med tätare fälltäthet än i den gamla. Beroende på scenariot blir priset på förebyggande bekämpning 0,9–1,3 euro/m². Kostnaderna för kurativ bekämpning beror på hur många gånger programmet måste genomföras och på vilken del av växthusarealen (tabell 4). Beroende på scenario, även i värsta fall är de totala kostnaderna endast cirka 60 % av de högsta kostnaderna av den gamla strategin. Den billigaste kostnaden per m² med den nya strategin är också cirka 60 % av den billigaste kostnaden per m² med den gamla strategin.

Tabell 3. Kostnader (€/ha, 0 % moms, tillbehör och arbete) för bekämpningsprogram mot vita flygare enligt utvalda gamla strategier, som har använts i ett relativt stort växthusföretag. Priser för bekämpningsorganismer enligt den nivå som större brukare betalar.

Gamla strategi	Antalet steklar per m ²		Inga steklar som förebyggande
	Lägre	Högre	
Bekämpningsåtgärder			
1. Mekanisk bekämpning med gula limband som byts en gång.	2895	2895	2895
2. Gula arkar 1/5 m2, byts inte.	917	917	917
3. Observationsfällor 1/500 m2, granskas och byts veckovis.	981	981	981
4. Förebyggande biokontroll med Macro 2 eller 4 st/m2	2994	4274	2994
4. Förebyggande biokontroll med Enermix 23 eller 31,25 st/m2/vecka i 11 veckor, eller inga steklar.	15566	18747	0
Totalt förebyggande åtgärder	23352	27813	7786
5. Kurativ bekämpning med steklar. Olika program med 13,5-28 st./m2/vecka, behandlingsveckornas antal 7-35 beroende på program	18534	29455	19580
6. Kurativ med Siltac på 50 % av arealet i 10 veckor (400 L vatten/ha, utspädning av Siltac 100 mL/100 L vatten, arbetstid 2 h/ha per besprutningsgång)	516	516	516
Totalt kurativ bekämpning	19050	29971	20096
TOTALT FÖREBYGGANDE + KURATIV	42402	57784	27882

Tabell 4. Kostnader (€/ha, 0 % moms, tillbehör och arbete) för bekämpningsprogram mot vita flygare enligt utvalda scenarier av den nya bekämpningsstrategin mot vita flygare i året runt odling. Priserna är enligt de nivåer som större brukare betalar.

Ny strategi	A ¹	B ²	C ³
Antalet kurativa behandlingsgångar:	1	2	3
% av kurativt behandlat växthusareal:	25 %	50 %	75 %
Bekämpningsåtgärder:			
1. Mekanisk bekämpning med gula limband som byts en gång	2895	2895	2895
2. Gula arkar 1 per 5 m ² , byts inte	917	917	917
3. Observationsfällor 1/250 m ² , granskas och byts veckovis	1961	1961	1961
4a. Förebyggande biokontroll med Macro	3978	5174	6876
Totalt förebyggande åtgärder	9752	10950	12653
5a. En kurativ bekämpningsgång med Macro och steklar (Macro 500 st/20 radmeter; Encarsia+Eretmocerus totalt 10 st/m ² /vecka i 3 veckor i rad om infestationen är hög, därefter Encarsia minst 10 st/m ² /vecka i 3 veckor på rad)	2783	5566	8350
5b. Två kurativa behandlingsgångar med Macro och steklar	5566	11133	16699
5c. Tre kurativa behandlingsgångar med Macro och steklar	8350	16699	25049
6. Kurativ med Siltac på 50 % av arealet i 10 veckor (400 L vatten/ ha, utspädning av Siltac 100 mL/100 L vatten, arbetstid 2 h/ha per besprutningsgång)	516	516	516
Totalt med 1 kurativt program	3299	6082	8866
Totalt med 2 kurativa program	6082	11649	17215
Totalt med 3 kurativa program	8866	17215	25565
ALLT TOTALT, SCENARIO 1 (förebyggande +1 kurativt program)	13051	17032	21518
ALLT TOTALT, SCENARIO 2 (förebyggande +2 kurativa program)	15835	22598	29868
ALLT TOTALT, SCENARIO 3 (förebyggande +3 kurativa program)	18618	28165	38218

¹ Inokulering av småplantor med 0,75 st/topp (=2,1 st/m²) + matning 2 gånger före planteringen;

² Inokulering av småplantor med 0,75 st/topp + 4 st/ m² efter planteringen + matning 6 gånger

³ Utsättning av 4+4 st/m² efter planteringen + matning 4 gånger varannan vecka

3.3 Utvärdering av genomföring

Risken med forskning som bedrivs i praktiska odlingar är att situationer som lämpar sig för datainsamling inte hittas i tid eller att det finns för få av dem. Jaustra-projektet lyckades hitta bra partners i sex tomatföretag: vi kunde använda deras växthus som praktiska laboratorier och som en plats för en lång övervakningsperiod. Detta gynnades av det nära samarbetet mellan forskning och konsulentverksamhet, vilket var absolut nödvändig för projektets framgång. Samverkansprocessens förlopp har dokumenterats och det är till och med möjligt att skriva en vetenskaplig publikation om den, vars konceptuella nivå skulle kunna vara praktisk saminnovation och samspelet mellan olika typer av kunskap (producenter, rådgivare, forskare) och dess möjliggörare och hinder. Ett exempel: odlare kan vara obekanta med begreppen och språket som används av forskare, i vilket fall lösningen kan vara just medverkan av rådgivare.

I början av projektet var vissa odlare lite skeptiska till projektets nödvändighet, även om projektet hade påbörjats just för att VF problemet förvärrades med vissa mellanrum och mycket pengar gick åt för att kontrollera det. Vi hittade dock tillräckligt många odlare som gick med på en intervju och delade med sig av sina erfarenheter, tankar, idéer och

förhoppningar om utmaningarna och framgångarna med VF bekämpning. Intervjumaterialet utgör utgångspunkten för t.ex. övervakningsfrekvensen och metoder som används. Genom genomgången av intervjumaterialet identifierade vi också en viktig företagspartner, som senare började använda den optimala fälltätheten och betona Macrolophus i bekämpningen. Att utföra experiment och observationer i praktiska odlingar var en direkt överföring av forskningsresultat till praktiken.

I växthusförsöket i Jockis odlades tomater med samma metoder som i kommersiella odlingar. På grund av detta var arbetsmängden riktigt hög, eftersom inte alla hjälpmedel som finns i praktiska odlingar fanns tillgängliga vid Luke. I små och låga försöksväxthus var det svårt att släppa ned plantorna, eftersom man inte kunde lämna lika mycket utrymme mellan raderna som i praktiska odlingar. Alla experimentella aktiviteter kan inte utföras i praktiska odlingar. Det är därför beklagligt att de anläggningar som behövs för att bedriva försöksverksamhet upprätthålls ännu mindre på forskningsinstitutioner.

Allt insamlat material är inte statistiskt tillräckligt starkt för att producera vetenskapliga publikationer. Modellering hjälpte till att rätta till denna brist, men några av experimenten lämnades som demonstrationer eftersom liknande experiment också hade gjorts i andra länder.

Utvecklingen av gränsvärden för den kontinuerliga utvärderingen av prestanda hos Macrolophus slutfördes inte under projektet. Tid ägnades åt datainsamling och analys, så det fanns ingen tid att verifiera gränsvärdet slutligt. Det arbetet pågår dock nu med ett partnerföretag, där data samlas in från flera växthus och en gränsvärdesformel tillämpas. Detta arbete är informationsöverföring och kunskapsproduktion tillsammans med praktiska aktörer som bäst. Detta arbete fick vid ett senare skede finansiering från två stiftelser.

Så mycket data samlades i projektet att det återstår ett problem hur man får allt publicerat. I detta avseende hade arbetet kunnat rationaliseras. Exempelvis togs beslutet om ett demonstrationsförsök med Macrolophus-inokulerade plantor i mitten av sommaren 2022, då resten av datainsamlingen redan var avslutad. Den tiden kunde ha använts för att analysera den redan insamlade datan. Men å andra sidan, under demonstrationsexperimentet utkristalliserades en bättre förståelse för vad Macrolophus kan och vad de inte kan göra. Det hjälpte också att ta reda på vilka parametrar som skulle ingå i formeln för att beräkna gränsvärdet för Macrolophus prestanda.

3.4 Publikationer

Projektet tog fram en översiktsartikel för en internationell bok om övervakning av skadegörare och prognostiseringsmetoder inom trädgårdsproduktion (Vänninen, 2022). Vita flygare användes i artikeln som ett exempel på övervakningens utmaningar och utvecklingssteg.

ÖSP:s webbplats <https://vakra.fi/jaustra> upprättades för projektet. En vägledning om mekanisk bekämpning av VF har publicerats på webbplatsen på finska och svenska (Blomqvist, Vänninen, Palmujoki, 2022).

Projektet presenterades i tidskrifterna Puutarha & Kauppa och Trädgårsnytt (Vänninen & Blomqvist, 2020; Vänninen, 2021; Vänninen, Blomqvist, Palmujoki, 2021; Vänninen, 2022b). Nya bekämpningsstrategier av VF för året runt odling av tomat presenterades i båda tidningarna i början av 2023 (Vänninen, Palmujoki, Blomqvist, 2023). Ett magisterexamensarbete har gjorts i projektet (Vigeli, 2022)

4. URVÄRDERING AV RESULTAT

4.1. Möjligheter för praktisk tillämpning av resultat

Komponenter av den nya strategin kan implementeras en efter en: Tomatodlare behöver inte nödvändigtvis implementera hela det nya programmet på en gång. De kan börja med att ändra en del av sin kontrollstrategi: till exempel genom att systematisera övervakningen, ändra fokus i användning av bekämpningsorganismer, ägna mer uppmärksamhet åt placering av limband och övervakningsfällor i förhållande till planttopparna eller beräkna kostnaden för bekämpning. En Excel-tabell finns nu tillgänglig för beräkning av alla kostnader. Utan en beräkning är det få odlare som vet exakt hur mycket det kostar att bekämpa vita flygare.

Att använda färdiga småplantor innehållande *Macrolophus* har väckt intresse hos plantdrivare. Produktionen av plantor som innehåller *Macrolophus* skulle kunna koncentreras till hösten, när de odlare som bedriver vinterodling köper sina plantor och bufferten mot VF med *Macrolophus* bör bildas snabbt. Tillsatsen av *Macrolophus* i småplantor ökar deras pris, och spridningen av *Macrolophus* till alla plantor som växer i samma växthus går inte att förhindra. När man producerar inokulerade småplantor i stor skala är det inte möjligt att skydda dem med duk vid inokulering. Alla köpare av småplantor borde därför vara villiga att köpa småplantor som har inokulerats med *Macrolophus*.

I stora odlingar är optimerad övervakning sannolikt den mest kostnadseffektiva och ger den största fördelen. Ett företag som för närvarande experimenterar med ett nytt övervakningssystem och övervakar effektiviteten av *Macrolophus* är exakt ett stort företag. Mängden arbetskraft som behövs på övervakningsarbete fördubblades jämfört med deras tidigare fällfrekvens. Även så upplever de att de drar mer nytta av bättre upptäckta VF kolonier än vad det behövs för att kolla 1 fälla/250 m² (40 fällor per ha). Det tar dem cirka 2 timmar, inte mer, att kolla och vid behov byta 40 fällor. Sedan första året använder företaget *Macrolophus* som huvudsaklig bekämpningsorganism (applicering av 4+4 st./m² efter planteringen). I alla fem växthus där övervakning bedrivs finns för närvarande även VF, men de har hållit sig på "grön nivå" med undantag för enstaka "orange" veckor (se avsnitt 3.2.3.).

Mängden steklar som använts har varit mycket måttlig och de har, tillsammans med nymfer av *Macrolophus*, riktats mot områden där fällorna har rapporterat att antalet VF har börjat öka.

Enligt odlarintervjuerna är flaskhalsen i det omfattande genomförandet av den nya kontrollstrategin just förfining av övervakningen. Systematisk övervakning kräver engagerade medarbetare, eftersom odlaren själv vanligtvis inte har tillräckligt med tid för det. Lönsamhetsberäkningar erhållna från pionjärföretag kommer att hjälpa till att övervinna denna flaskhals över tid. Rådgivare bör diskutera fördelarna med mer exakt övervakning och leta efter vidare lösningar för att implementera dem med tomatproducenter. Lösningar kan inkludera arbetarnas ansvar, outsourcing av övervakning, nya sätt att räkna insekter i fällor samt visualisera resultat för beslutsfattande.

Tillämpningen av tröskelvärdesformeln för mjöllöss kräver fortfarande vidare verifiering, som redan genomförs i ett nytt projekt (Jäppi). Det viktigaste vore att få verifiering från flera växthus gällande VF densiteten, som möjliggör kurativ bekämpning i tid (så att densiteten inte stiger till sådana nivåer som resulterar i kladdiga tomater). Övervakningsresultat tyder på att om antalet VF per fälla är 30–50 hinner kurativ bekämpning fungera bra. Det exakta värdet beror dock på hur mycket *Macrolophus* finns i plantorna jämfört med VF.

Beräkningsformeln för gränsvärdena som gäller prestanda av biologisk bekämpning med *Macrolophus* kan nu finjusteras genom att närmare studera de kvantitativa interaktionssambanden mellan VF och *Macrolophus*. Data kan användas också för att undersöka egenskaperna hos korrelationsförhållandena mellan de olika parametrarna (linjära kontra icke-linjära korrelationer). Speciellt måste kvantitetsförhållandet mellan VF och *Macrolophus* i fällor och förhållandet mellan fördelningen i växthuset av rovdjur och VF i förhållande till varandra studeras närmare. Efter dessa förbättringar kan en applikation för att dokumentera övervakningsresultaten utvecklas för automatisk beräkning av indexet för biologisk bekämpning.

Bekämpning med fokus på *Macrolophus* är en bättre lösning än steklar även mot *Bemisia*, så länge man anstränger sig för att snabbt bygga upp en rovdjursbuffert. Än så länge förekommer inte *Bemisia* i grönsaksodlingar i Finland. *Macrolophus* jagar och äter inte *Bemisia* lika gärna som växthusmjöllöss (Szabo et al., 1993). I enlighet med detta skulle rovtinkflyns effektivitet på *Bemisia* med största sannolikhet vara lägre under höst- och vintermånaderna än för växthusmjöllöss – den sistnämnda är ju också svårare att bekämpa med steklar på vintern. *Encarsia* utvecklas långsammare i *Bemisia* larver än i växthusmjöllöss (Szabo et al., 1993). *Encarsias* population skulle inte förökas i *Bemisia* populationer i samma utsträckning som de gör nu på växthusmjöllöss (d.v.s. de skulle knappast kläckas från de nedre bladen i växthuset när de utvecklas i *Bemisia* larver och puppor).

Resultaten som erhållits i andra länder har visat att Bemisia förskjuter växthusmjöllöss från tomat om båda arterna finns i plantorna samtidigt (Zhang et al., 2011) eller om Bemisia kommer in i växten först och vita flygare kommer senare (Zhang et al., 2014). I värmen under HPS-lamporna skulle Bemisia troligtvis föröka sig starkare än växthusmjöllus, eftersom populationstillväxten för de sistnämnda börjar försvagas redan vid cirka 30 grader (Cui et al., 2008; Gamarra et al., 2020). För Bemisia är den optimala temperaturen för utveckling så hög som 32 grader! (Bonato et al., 2007). Beroende på typen av växthus och förhållanden bör kurativ bekämpning av Bemisia betona Macrolophus i samband med Eretmocerus-steklar (i varmare förhållanden) eller Encarsia (i kylare förhållanden).

Om användningen av Macrolophus som primär bekämpningsorganism blir vanligare kommer detta att påverka försäljningen för deras producenter och återförsäljare. Storleken på efterfrågan i Finland beror till stor del på i vilken utsträckning tomater kommer att odlas på vintern i fortsättningen.

Det finns också risker förknippade med den ökade användningen av Macrolophus. För stora mängder kan skada tomater genom att suga växtsaft från knopparna och fruktens yta, och även större mängder har visats även kunna till och med minska tomatskörden åtminstone i Spanien (Sanchez et al., 2018). Uppkomsten av skador påverkas dock av många faktorer såsom typen och sorten av tomater, och med största sannolikhet även odlingsförhållandena såsom gödslingsintensiteten och årstid. Det finns bara anekdotiska observationer om skador som uppstår under finländska förhållanden, eftersom ingen forskning hittills har gjorts.

Du kan hitta bilder på skador orsakade av Macrolophus på tomatfrukter bakom länkarna nedan:

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> sida 65 i dokumentet

Under belgiska förhållanden överskred gränsen för ekonomiska skador på runda tomatsorter när det fanns minst 1,6 unga och vuxna stadier av Macrolophus per blad (Moerkens et al., 2016). Den samtidiga närvaron av Pepino mosaikvirus i växter gör tomatfrukter känsligare för skador av Macrolophus (Moerkens et al., 2016). Detta är oroande, för även i Finland vaccineras tomater med svaga pepinovirusstammar mot skadligare stammar.

Sanchez et al. (2018) visade att Macrolophus minskade tomatskörden p.g.a. mindre frukter när det fanns 24 insekter/planta, men inte vid en täthet på 14 insekter/planta. Vid båda tätheterna var det nästan inga synliga skador på tomaterna. Sanchez et al. (2018) studie indikerar inte hur många blad tomaterna hade, men om antalet blad uppskattas vara detsamma som i finländska odlingsmetoder (vanligen 16–20 per planta), skulle det ha varit 0,7–0,9 insekter per blad (lägre insektstäthet) eller 1,2–1,5 (högre densitet). Den sistnämnda densiteten är nära det

gränsvärdet som Moerkens et al. (2016) rapporterade orsaka ekonomiska förluster. I Jaustras försök med inokulering av småplantor med *Macrolophus* hittades maximalt 2–2,5 *Macrolophus* per blad utan att de skulle ha orsakat några skador. I våra förhållanden växer troligen inte *Macrolophus*-populationerna till en skadlig nivå så lätt som längre söderut. Plantskador är dock en möjlig risk och vi har ännu inte information om effekten av mycket stora *Macrolophus*-densiteter på olika tomatsorter i våra förhållanden.

Reproduktionen av *Macrolophus* kan dämpas genom att begränsa matningen till 6–8 veckor i följd efter att rovtinkflyn har utsatts i växthus. När man i belgiska försök förlängde matningstiden, observerades en så stor populationstillväxt att frukterna hade sugningsskador även om det i början bara sattes ut 2,4 insekter/m² (Moerkens et al., 2017), dvs. bara en tredjedel av vad som användes i Jaustras *Macrolophus* experiment (8 per m²).

Reglering av matningen är därför ett sätt att stävja populationstillväxten när det inte finns insekt- eller kvalstermat tillgängligt för *Macrolophus*. När man inte sätter ut mat på samma växter varje vecka sprids rovtinkflyn jämnare över växtligheten och risken för plantskador minskar. Under veckan efter applicering sprider sig *Macrolophus* mindre än tre meter från växterna som de applicerades på och som samtidigt tillfördes ytterligare näring (Moerkens et al., 2017). I experiment har det visat sig att vuxna honor av även den andra generationen lägger ägg på samma växter som de matades på. På plantor dit man sprider mat kontinuerligt kan tätheten av *Macrolophus* alltså lättare bli för hög på grund av risken av plantskador.

4.2. Vetenskaplig betydelse av resultat

Jaustra tog fram ny information för förbättrad övervakning och bekämpning av VF under finländska förhållanden (artificiell belysning, mekanisk kontroll i bakgrunden hela tiden). Gränsvärden för att övervaka effektiviteten av *Macrolophus* med gula fällor är ny information som har möjlighet att tillämpas även i andra länder.

Utvecklade gränsvärden behöver i fortsättningen åtföljas av information baserad på fällövervakning om tätheten av *Macrolophus*, som kan skada tomater direkt eller minska deras storlek genom växtsugning. Ytterligare studier och observationer om praxis behövs.

Att låta de borttagna bladen ligga kvar på växthusets mark har rekommenderats sedan 1970-talet, men åtminstone i Finlands höst- och vinterförhållanden verkar det inte främja kläckningen av parasitsteklar i växthuset. Detta p.g.a. steklarnas biologi i nedsläppta tomatkulturer är sådan att steklar kläcks betydligt senare än VF i växthuset. Även VF fortsätter att kläckas på bladen som lämnas på marken.

Hypoteser genererades av olika skäl som påverkar steklarnas dåliga prestanda. Hypotesernas giltighet måste bekräftas av empirisk forskning. Svaren är viktiga i de norra regionerna, där vinterodling behöver artificiell belysning. Men i takt med att LED-lampor blir vanligare kommer skiktningen av temperaturer i tomatkulturer att förändras. Detta kan påverka både skadedjur

och kontrollorganismer på ett nytt sätt – nya forskningsfrågor uppstår i takt med att produktionsmetoderna förändras.

Att reducera kväve i växthuset påverkade inte VF under de första veckorna av tomatodlingsperioden, då skillnaderna i mängden kväve mellan behandlingarna i start- och övergångsgödningen var mindre än i den slutliga gödslingsfasen. Data från den andra ägglägningsperioden, som tog senare så att larverna utvecklades under loppet av slutgödningsfasen, har ännu inte analyserats. Det kan vara möjligt att minska mängden kvävegödsling som ges till tomater, vilket vore bra av miljöskäl och kanske även av smakska, men effekten av reducerad kväve under hela odlingscykeln måste först forskas.

Tabell 5 listar de vetenskapliga publikationer som går att skriva från projektets data.

Tabell 5. Bearbetning av data insamlad i Jaustra till vetenskapliga artiklar.

Tema	Grunder för publikation och behov av vidare forskning
Effekten av minskad kvävegödsling på dödligheten och utvecklingshastigheten av mjöllöss och mängden växthustomatskörd.	• Fastän minskningen av kvävegödslingen inte bromsade populationsutvecklingen av VF under den första månaden, försämrades inte skörden av de första sex klasarna av minskningen av kväve. Kväve ansamlades i växtunderlaget utöver växternas behov i alla behandlingar. • Behov av ytterligare forskning: finns det möjligheter till kvävereduktion under hela odlingscykeln och inte bara i dess inledande fas? Att minska kvävet skulle bidra till miljöläget och med nuvarande höjda gödselpriser ha även en positiv ekonomisk betydelse. Resultaten som erhållits i andra länder stöder denna hypotes.
Effekten av bladning av nedersta bladen på populationsdynamiken hos VF och Encarsia i växthustomater.	• Det finns inga tidigare publicerade resultat om ämnet. • Att låta de borttagna bladen ligga på marken en vecka har rekommenderats sedan 1970-talet till förmån för steklar, men odlingssättet har ändrats sedan dess och rekommendationen gäller helt klart inte längre förutom kanske på sommaren. • Behov av ytterligare forskning: möjligheten att förbättra reproduktionen av steklar i växthuset under sommaren genom att lämna de avbladade bladen på marken i en vecka (verifiering av modelleringsresultat)
Dynamiska tröskelvärden för att övervaka prestandan hos Macrolophus med gula fällor på växthustomater.	• Det finns inga tidigare publicerade resultat på motsvarande gränsvärden för biokontroll av VF, även om mängden VF i gula fällor är korrelerad med mängden på växter (Böckmann & Meyhöfer, 2017). • Enkla, automatiska mobiltelefonbaserade metoder för att räkna insekter från gula fällor är under utveckling och inom en snar framtid kan de påskynda inspektionen av fällor (Böckmann et al., 2021) och öka intresset för tillämpningen av gränsvärden som baserar sig på antalet insekter i gula fällorna. • Behov av ytterligare forskning: 1) En mer detaljerad statistisk granskning av data för att finjustera beräkningsformeln för gränsvärden och utveckla en möjlig tillämpning. Verifiering av beräkningsformeln i andra växthus än där den utvecklades. 2) Korrelation av antalet Macrolophus som fångas i gula fällor med plantskador på tomater.
Optimal fälltäthet för övervakning av VF	• Variogrambaserade resultat finns från Sydkorea (Park et al., 2011), men de erhöles i naturligt ljus och VF massfångades inte mekaniskt samtidigt. Dessa skillnader kan påverka spridningen och lokaliseringen av VF i tomatkulturer.
Vad förhindrar effektiv bekämpning av mjöllöss med konstbelysning i växthus-tomat?	• Intervjuer med odlare och rådgivare: strategier och metoder för integrerad bekämpning av VF i tomatproduktion under konstbelysning före Jaustra-projektet. • En startnivå som kan användas för att undersöka hur praktiker förändras över tid, om nya strategier blir mer utbredda

Litteratur

- 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 ansarijuhaiaisen (*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.