



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 5/2024

Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviljelmille

Tarhamehiläis- ja kimalaiskokeet Järvenkylä Oy:llä ja
Luke Jokioisilla 2023

**Jarmo Ketola, Liisa Vigelius, Anna-Maria Borshagovski,
Claude Flener ja Sakari Raiskio**

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 5/2024

Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviljelmille

Tarhamehiläis- ja kimalaiskokeet Järvenkylä Oy:llä ja
Luke Jokioisilla 2023

**Jarmo Ketola, Liisa Vigelius, Anna-Maria Borshagovski,
Claude Flener ja Sakari Raiskio**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



SUOMEN
MEHILÄISHOITAJAIN
LIITTO

Viittausohje:

Ketola, J., Vigelius, L., Borshagovski, A.-M., Flener, C. & Raiskio, S. 2024. Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviljelmille : Tarhamehiläis- ja kimalaiskokeet Järvenkylä Oy:llä ja Luke Joki-
oisilla 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 5/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 29 s.

Jarmo Ketola, ORCID ID, <https://orcid.org/000-0001-8833-364>

Anna-Maria Borshagovski, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-4311-8052>

Claude Flener, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0002-1224-083X>



ISBN 978-952-380-870-6 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-870-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jarmo Ketola, Liisa Vigelius, Anna-Maria Borshagovski,
Claude Flener ja Sakari Raiskio

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Tiivistelmä

Jarmo Ketola¹, Liisa Vigelius¹, Anna-Maria Borshagovski², Claude Flener² ja Sakari Raiskio¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 4, 31600 Jokioinen

² Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry, Ullanlinnankatu 1 A 3, 00130 Helsinki

Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviljelmille (PölyFin) on EIP-hanke (European Innovation Partnership), jonka tavoitteena on lisätä kotimaisten pölyttäjien käyttöä kasvutunneleissa ja kasvihuoneissa sekä samalla ratkaista ulkomaisten pölyttäjien käyttöön liittyviä ongelmia (Suomen mehiläishoitajain liitto ry; Euroopan komissio). Kesällä 2023 testattiin tarhamehiläisen (*Apis mellifera*) soveltuvuutta mansikan pölyttäjänä kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa sekä kotimaisten kasvatettujen kimalaisten toimintaa mansikan pölyttäjänä kasvihuoneessa. Kokeilla pyrittiin saamaan alustava käsitys tarhamehiläisen käytöstä kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa sekä kotimaisten kimalaisten toiminnasta ja soveltuvuudesta pölytykseen.

Mehiläiskokeet toteutettiin Järvenkylä Oy:n tilalla Sauvossa Lounais-Suomessa. Tulokset osoittavat tarhamehiläisen olevan lupaava kasvihuone- ja tunnelimansikan pölyttäjä. Mehiläisten pölyttämistä sadosta pienempi osuus sisälsi hyönteisten vioittamia marjoja kuin kimalaisten pölyttämässä sadossa. Mehiläisten ja puutarhatyöntekijöiden välillä ei ollut ongelmia eikä vaaratilanteita. Mehiläispesien hoidossa pitää kuitenkin ottaa huomioon erot mehiläisten kehityksessä kasvihuoneiden ja tunnelien suojissa verrattuna ulkona, kun kasvukausi Suomessa on lyhyempi. Kasvihuone- ja kasvutunneleissa kasvatettavien monokulttuurien takia mehiläisten ravinnonsaanti on rajoittunutta, ja siksi pesät täytyy vaihtaa kasvukauden aikana.

Kimalaiskokeet toteutettiin Luken Jokioisten koekasvihuoneilla kimalaispesillä, jotka oli kasvatettu luonnosta keväällä 2023 kerätyistä kuningattarista. Kokeisiin valittiin neljä lajia, joiden verrokkina oli ulkomainen kontukimalainen (*Bombus terrestris*). Kotimaiset kimalaiset osoittautuivat hyväksi pölyttäjiksi. Kangaskimalainen (*Bombus cryptarum*) vaikutti muita kasvattikimalaisia hieman lupaavammalta lajilta, kun verrattiin marjojen laatua ja kokoa. Kotimaisten pesien toiminta-aika oli samanlainen tuontipesän kanssa. Tuontipesä ja kotimaiset pesät olivat todennäköisesti liian suuria pölytettävään kukkamäärään nähden, ja ne vahingoittivat kukkia ja siten heikensivät sadon laatua ja määrää. Tämä johti kaupallista marjantuotantoa pienempään laadukkaiden mansikoiden osuuteen sadosta. Kimalaisten kaupallista kasvattamista ajatellen olisi hyvä huomioida pölytyksen laadun lisäksi myös lajien muita ominaisuuksia, kuten esimerkiksi kasvatuksen ja käsiteltävyyden helppoutta sekä lajien stressinsietokykyä.

Kokeet osoittivat kotimaisten pölyttäjien soveltuvan hyvin kasvihuoneisiin ja kasvutunneleihin. Kokeista saadut kokemukset toimivat pohjana mehiläisten tehokkaampien hoitomenetelmien kehittämiselle kasvihuone- ja tunnelikäytössä sekä kotimaisten kimalaisten kasvattamisen ja pölytyskäytön kehittämiselle. Kokeista saatujen tulosten ja kokemusten perusteella tehdään suunnitelmat hankkeen jatkokokeita varten.

Asiasanat: kotimaiset pölyttäjät, tarhamehiläinen, kimalaiset, kimalaisten kasvattaminen, kasvihuoneviljely, kasvutunnelit, jatkuvasatoinen mansikka

Abstract

Jarmo Ketola¹, Liisa Vigelius¹, Anna-Maria Borshagovski², Claude Flener² ja Sakari Raiskio¹

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki

² Finnish Beekeepers' Association SML, Ullanlinnankatu 1 A 3, FI-00130 Helsinki

Domestic pollinators for commercial horticulture (PölyFin) is an EIP (European Innovation Partnership) project that aims to increase the use of domestic pollinators in greenhouses and grow tunnels in Finland, and solve problems related to the use of imported pollinators. The indoor suitability of honeybees (*Apis mellifera*) as strawberry pollinators was tested in a glass greenhouse and a grow tunnel. The project also started an experimental breeding programme for several domestic bumblebee species and tested their suitability as strawberry pollinators in a greenhouse in comparison to imported commercial bumblebee stock. The experiments aimed to gain a preliminary understanding of the suitability and challenges associated with domestic pollinators in commercial horticulture, as a base for further investigation.

The experiments using honeybees were carried out at Järvenkylä Strawberry Farm in Sauvo, South-West Finland. Initial results indicate that the honeybee is suitable as a pollinator of strawberry both in greenhouses and grow tunnels. The honeybee pollinated crop had fewer damaged strawberries caused by insects than crops pollinated by bumblebees. No problems or dangers arose between honeybees and garden workers. However, attention must be paid to the management of the beehives, in particular regarding the difference between the indoor development cycle of beehives compared and the normally shorter outdoor season that is dictated by the Finnish climate conditions. Due to limited nutrient availability in indoor monocrop conditions, the pollinator beehives in greenhouses need to be replaced during the growing season.

Experiments on bumblebees were carried out in experimental greenhouses of the Finnish National Resources Institute (Luke) in Jokioinen, with nests that were bred from queens collected from the wild in the spring of 2023. Four species were selected for the breeding experiment, and imported, commercially grown buff-tailed bumblebees (*Bombus terrestris*) served as the control species for domestic bumblebees. The domestic bumblebees turned out to be good pollinators. The cryptic bumblebee (*Bombus cryptarum*) seemed to be the most promising species, based on the quality and size of the berry crop. The operational time of the domestic bumblebees was similar to the imported bumblebees. However, the imported colony seemed to be too large in proportion to the number of flowers in the experimental greenhouse, which likely caused damage to the flowers and therefore reduced the quality and quantity of the harvest. This problem also occurred with domestic bumblebees, which is why the proportion of quality strawberries was not as high as in commercial gardens. Regarding the commercial production of domestic bumblebees, it will be necessary to consider not only the quality of pollination but also other characteristics of the species, such as ease of breeding and handling as well as their stress tolerance.

Experiments showed that domestic pollinators are well suited to greenhouses and grow tunnels. The experience gained serves as a basis for developing management practices for using honeybees for pollination in greenhouses and grow tunnels, and for improving methods for commercially growing domestic bumblebees as pollinators. The research continues within the PölyFin project based on the results and experience gained from these experiments.

Keywords: domestic pollinators, honeybee, bumblebees, breeding of bumblebees, greenhouse cultivation, grow tunnels, everbearing strawberry.

Sisällys

1. Johdanto	6
2. Kokeet Järvenkylä Oy:n tarhoilla 2023.....	7
2.1. Kokeiden toteutus.....	7
2.1.1. Koeympäristö.....	7
2.1.2. Mehiläispesät ja -kalusto	7
2.1.3. Mehiläispesien hoito ja seuranta	8
2.2. Pölyttäjälaskentojen tulokset.....	8
2.3. Satotulokset.....	9
2.4. Mehiläispesien kehitys.....	10
2.5. Johtopäätökset	11
3. Kimalaiskokeet Luken kasvihuoneissa 2023	13
3.1. Kokeiden perustaminen	13
3.1.1. Kasvihuoneet	13
3.1.2. Jatkuvasatoinen mansikka koekasvina	13
3.2. Kimalaislajit kasvihuonekokeissa	14
3.3. Kimalaislajit kasvihuonemansikan pölyttäjinä	15
3.4. Kimalaislajien eroavaisuuksia kasvihuonetyöntekijän näkökulmasta.....	18
3.5. Kimalaislajit ja kasvihuonemansikan sato	18
3.5.1. Mansikkasato	19
3.5.2. Keskimääräinen marjan paino.....	20
3.5.3. Marjojen muoto.....	21
3.6. Pesien kehitys.....	22
3.7. Kokeiden lopettaminen	26
3.8. Johtopäätökset	26
4. Yhteenveto.....	28
Viitteet.....	29

1. Johdanto

Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviljelmille (PölyFin) on EIP-hanke (European Innovation Partnership), jonka tavoitteena on lisätä kotimaisten pölyttäjien käyttöä kasvutunneleissa ja kasvihuoneissa ja samalla ratkaista ulkomaisten pölyttäjien käyttöön liittyviä ongelmia (Suomen mehiläishoitajain liitto ry; Euroopan komissio). Hankkeen koordinoija ja hallinnoija on Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry ja osatoteuttajana Luonnonvarakeskus (Luke). Hankkeen rahoittaa EU ja sen myöntää ELY-keskus. Hankkeen suoritusaika on 10/2022–12/2024.

Yleisen käsityksen mukaan tarhamehiläinen ei tällä hetkellä käytössä olevilla kasvatuskalustolla ja hoitomenetelmillä sovi kovin hyvin kasvihuoneiden ja kasvutunneleissa viljeltävien marjakasvien pölyttämiseen. Toisaalta mehiläisten käytöstä kasvihuone- ja tunnelipölyttäjinä ei ole juurikaan kokemusta Suomessa. Siksi marjakasvien pölytys on tällä hetkellä suurelta osin ulkomailta tuotavien pölyttäjien varassa. Kuitenkin esimerkiksi Alankomaissa tarhamehiläisiä käytetään totutusti kasvihuoneissa pölyttäjinä kimalaisen sijasta tai yhdessä kimalaisen kanssa (Borshagovski 2023), ja tarhamehiläisen on tutkittu pölyttävän muun muassa paprikaa, mansikkaa ja kurkkua kasvihuoneissa yhtä hyvin kuin kimalainen (Dag 2008).

Suomessa ei tällä hetkellä tuoteta kimalaisia pölytyskäyttöön, vaan kimalaisia tuodaan muualta noin 10 000 pesää vuosittain. Tuontikimalaisten käyttö kuitenkin sisältää riskejä muun muassa vieraiden tautien leviämisestä luonnonpölyttäjiin ja resurssikilpailusta, jolloin tuontikimalaiset voivat pahimmillaan romauttaa paikallispopulaatioita (Dafni ym. 2010).

Hanke pyrkii tavoitteisiinsa kahden työpaketin avulla. Ensimmäisessä työpaketissa kehitetään menetelmiä ja välineitä tarhamehiläisen käyttöön kasvihuone- ja tunnelipölytyksessä. Toisessa työpaketissa kartoitetaan kotimaisen kimalaiskasvatuksen mahdollisuudet ja kannattavuus.

Tässä raportissa kuvataan kahta kesällä 2023 toteutettua hankkeen koetta, joilla 1) testattiin mehiläisen soveltuvuutta mansikan pölyttäjänä kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa sekä 2) hankkeen kotimaisten kasvattikimalaisten toimintaa mansikan pölyttäjänä. Kokeet tehtiin Sauvossa Järvenkylä Oy:n kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa sekä Luken kasvihuoneissa Jokioissa, joissa tehdyillä kokeilla pyrittiin saamaan alustava käsitys mehiläisten käytöstä tavanomaista suljetummista tiloissa ja kotimaisten kimalaisten yleisestä toiminnasta ja soveltuvuudesta pölytykseen. Kokeista saatujen tietojen ja kokemusten perusteella on tarkoitus tehdä suunnitelmat jatkokokeita varten.

2. Kokeet Järvenkylä Oy:n tarhoilla 2023

Hankkeen tavoitteena on edistää tarhamehiläisen käyttöä myös kasvihuone- ja kasvutunneli-
viljelmien pölyttäjänä ja selvittää, voiko mehiläishoitomenetelmiä Suomessa mukauttaa kasvi-
huone- ja kasvutunnelituotannon vaatimuksiin.

2.1. Kokeiden toteutus

Kokeet toteutettiin Järvenkylä Oy:n tilalla Sauvossa Varsinais-Suomessa 5.4.-6.9.2023. Tilalla
viljellään jatkuvasatoista mansikkaa, jonka pölytyksessä on aiemmin käytetty tuontikimalaisia.
Kokeissa selvitettiin tarhamehiläisten käyttäytymistä ja pesien kehitystä kasvihuone- ja tunne-
liolosuhteissa sekä sadon määrää ja laatua. Tilalla käytiin tekemässä pölyttäjälaskentoja, joissa
havainnoitiin mehiläisten ja kimalaisten kukkakäynnit. Lisäksi pesistä kerättiin siitepölyä, jotta
voidaan selvittää, kuinka paljon mehiläiset ovat käyneet pölyttämässä mansikkaa. Siitepö-
lyanalyysin tulokset valmistuvat vuonna 2024.

2.1.1. Koeympäristö

Koe toteutettiin 2 400 m² lämmitettävässä kasvihuoneessa ja 14 440 m² kasvutunnelissa. Kas-
vihuoneen seinät ovat polykarbonaattia ja katto lasia. Tilojen materiaalilla on merkitystä me-
hiläisten suunnistuksen kannalta, sillä lasi päästää lävitseen mehiläisten suunnistuksessa
oleellista UV-säteilyä, kun taas polykarbonaatti estää sen kulun sisälle (Blacquièrre ym. 2006).
Tilalla on omia mehiläispesiä ja sen lähistöllä sijaitsee kolme mehiläistarhaa, joiden mehiläisiä
pääsee ajoittain kesäisin sisälle kasvihuoneeseen avoimista tuuletusluukuista. Koekasvutun-
neli sijaitsee kahden muun kasvutunnelin välissä, joissa käytettiin normaaliin tapaan kimalaisia
pölyttäjinä. Tunnelleissa oli mehiläisten lisäksi neljä kimalaispesää varmistamassa pölytystä.
Kimalaispesät tuotiin tunneleihin toukokuun alussa, eikä niitä vaihdettu kokeen aikana. Kima-
laiset avustivat pölytyksessä muutaman ensimmäisen viikon ennen aktiivisuutensa hiipumista
ja kuolemista. Kesän kuumimpina aikoina kasvutunneleiden päädyt pidettiin auki, jolloin me-
hiläisillä oli pääsy tunneleista ulos, ja samalla luonnonpölyttäjillä oli pääsy sisälle tunneleihin.

2.1.2. Mehiläispesät ja -kalusto

Kokeissa käytettiin Järvenkylän tilan omia mehiläispesiä. Kasvihuoneeseen tuotiin kaksi mehi-
läispesää 5.4.2023, ja kasvutunneliin tuotiin kolme mehiläispesää 2.5.2023. Pesät sijoitettiin
tasaisin välein keskelle kasvatustiloja rivistöjen väleihin (Kuva 1). Kaikki pesät olivat 10-ke-
häistä Langstroth-mallia, ja niissä oli yksi pesäosasto läpi koeajan. Pesäkalusto oli maalaama-
tonta EPS-materiaalia. Pesän pohja oli tuuletuspohja, ja katto oli suoraan kehien päällä ilman
muovikalvoa tai kovalevyä. Kun pesille annettiin lisäruokaa kokeen alkaessa ja syksyllä, käytet-
tiin kalustoon sopivaa ruokintakaukaloa pesälaatikon ja katon välissä. Joka pesän alla oli
kuormalava, joilla pesät korotettiin irti maasta. Pesien emot olivat vapaasti pariutuneita Jär-
venkylän alueella, ja mehiläiset olivat todennäköisesti sekoitusta kahdesta rodusta (*Apis melli-
fera ligustica* ja *A. m. Buckfast*). Yhteiskunnat olivat rauhallisia.



Kuva 1. Suuret kasvihuoneet ovat tyypillisesti lasista tai muovista, ja tuuletus tapahtuu katto-luukuista. Kasvutunneleissa on tyypillisesti muovipeitteet, ja niiden päädyt tai alaliepeet voi avata estämään tunneleiden liika kuumeneminen. Mehiläispesien hoito kasvihuoneessa ja kasvutunneleissa on hyvä suunnitella niin, että pesille pääsee helposti. Kokeessa mehiläispesille pääsi helposti a) kasvihuoneessa mansikkakouruja nostamalla ja b) kasvutunnelissa tilavien käytävien ansiosta.

2.1.3. Mehiläispesien hoito ja seuranta

Mehiläispesien säännöllinen hoito oli Järvenkylän vastuulla, mutta hankkeessa tehtiin tarkastuksia mehiläispesän kunnon ja kehityksen seuraamiseksi koko kasvukauden ajan. Pesistä havainnoitiin sikiöinnin, mehiläisten ja ruokavarastojen (siitepöly ja sokerivesi) määrä. Koska pesien tiedettiin saavan niukasti ruokaa mansikoista etenkin kasvihuoneessa, mehiläisille annettiin tarvittaessa lisää sokerivettä. Pesien vaihtamiseen varauduttiin, koska suljetuissa tiloissa ja pölytettävien kasvien tarjotessa vain niukasti ruokaa mehiläisyhteiskunnat tyypillisesti heikenevät. Vaihtaminen on tyypillistä kasvihuoneissa Alankomaissa, joissa vaihto saatetaan tehdä jopa 3–4 viikon välein (Borshagovski 2023).

2.2. Pölyttäjälaskentojen tulokset

Pölyttäjälaskentoja tehtiin kolme kertaa kesän aikana. Viimeisellä kerralla havainnoitiin pelkästään tunneli, koska kauden kasvihuonetuotanto oli jo lopetettu. Pölyttäjälaskennoissa havainnoitiin pölyttäjän tekemät kukkakäynnit siten, että havainnoija kävelee rivin vierustaa noin 1 m/s nopeudella ja laskee kaikki ne kerrat, jolloin pölyttäjä on mansikan kukalla. Yksilöitä ei eritelty. Rivien pituudet olivat kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa keskimäärin 50 m. Pölyttäjälaskentojen tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Pölyttäjälaskentojen tulokset Järvenkylän tilalta. Viimeisellä kerralla 6.9. havainnoitiin pelkästään kasvutunneli, sillä kasvihuonetuotanto oli jo lopetettu.

	9.6.2023	9.6.2023	27.6.2023	27.6.2023	6.9.2023
	Kasvihuone	Tunneli	Kasvihuone	Tunneli	Tunneli
Havainnoidut rivit (lkm)	46	42	4	38	28
Kukkakäynnit:					
Mehiläiset	0	0	0	59	49
Kimalaiset	ei havainnoitu	0	ei havainnoitu	1	0
Kukkakärpäset	ei havainnoitu	ei havainnoitu	ei havainnoitu	8	69
Mehiläisten kukkakäynnit/rivi				1,55	1,75

Pölyttäjälaskennat tehtiin ensimmäisen kerran 9.6. puolilta päivin. Kasvihuoneessa mansikka kukki, mutta mehiläisiä ei silti juurikaan näkynyt. Kattoluukut olivat auki, ja pesien ympärillä oli vain muutama mehiläinen. On mahdollista, että mehiläiset olivat lähteneet ruoanhakuun kasvihuoneen ulkopuolelle kattoluukkujen kautta laskennan aikaan. Kasvutunnelissa mansikat olivat sadontuottovaiheessa, joten niissä ei ollut kukkia eikä siten pölyttäjiä. Tunnelin kokonaispinta-alasta havainnoitiin noin 2/3, mikä edusti hyvin koko tunnelin tilannetta. Sää oli aurinkoinen, +20 °C, ja tunneleiden päädyt olivat auki. Pölyttäjillä oli vapaa kulku ulos ja sisään, eli pölyttäjät ovat voineet olla ulkona ja luonnonkannoilla on ollut pääsy tunneleihin. Tunnelissa lentelikin sekä mehiläisiä että kimalaisia. Mehiläispesillä lenteli muutamia mehiläisiä, mutta kimalaispesät olivat hiljaisia. Toinen pölyttäjien laskenta tehtiin 27.6. iltapäivällä. Pölyttäjähavaintojen tekoa varten kasvihuoneessa oli laskettu työskentelykorkeudelle neljä mansikoiden kasvatustaatikkoriviä, jolloin pölyttäjähavainnot voitiin tehdä vain näiltä riveiltä. Mansikoissa oli tällöin kukkia, nappuja ja marjoja, mutta ei mehiläisiä. Havaintojen aikaan oli ukkoskuuroja, sadetta ja lopuksi poutaa. Säällä saattoi olla vaikutusta mehiläisiin, mutta toisaalta samalla havaintokerralla kasvutunnelissa kuitenkin oli mehiläisiä. Kolmas pölyttäjien laskenta tehtiin 6.9. iltapäivällä. Mehiläispesien ulkopuolella lenteli muutamia mehiläisiä. Sää oli puoli-pilvinen, noin +20 °C. Kimalaispesät olivat ampiaisten valtaamia.

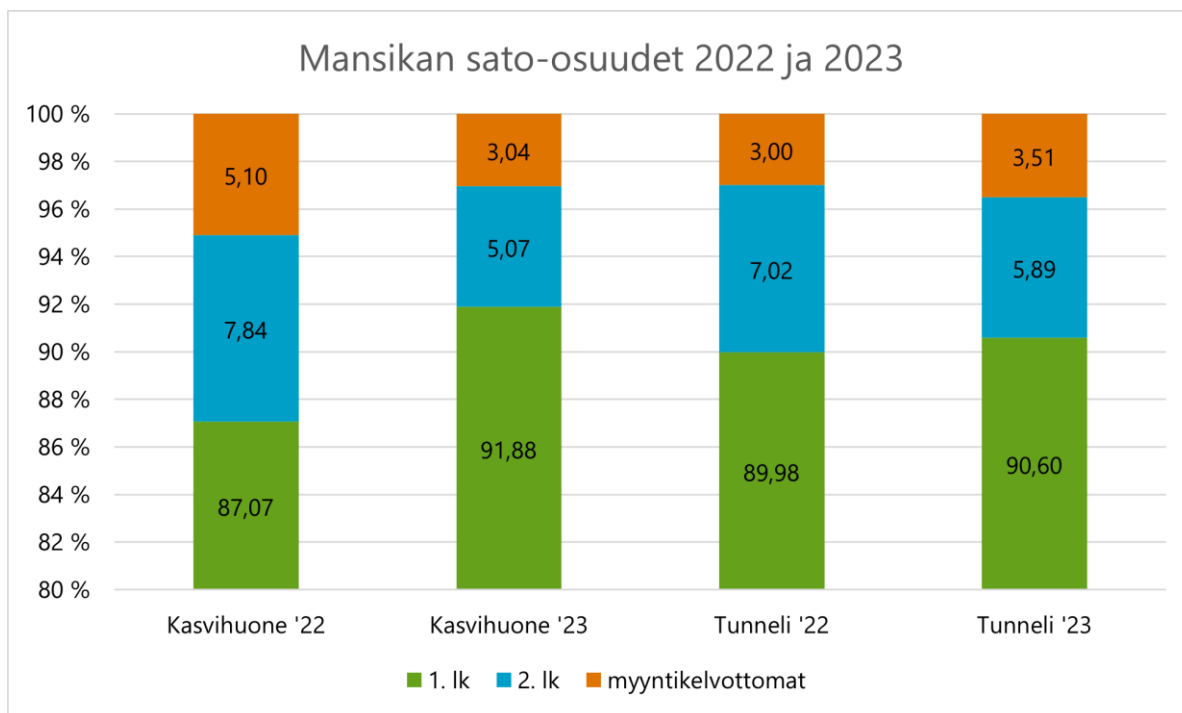
Pesien lentoaukoilta kerättiin mehiläisten tuomaa siitepölyä siitepölykeräimillä, jotta voitaisiin selvittää, millä kasveilla ne ovat käyneet ja kuinka paljon ne kävivät mansikalla. Keräintä käytettiin noin kolme viikkoa. Siitepölykeräinten käytön kanssa ilmeni ongelmia, ja siitepölyä saatiin talteen vain yksi näyte per pesä. Siitepölyanalyysin tulokset valmistuvat vuonna 2024.

2.3. Satotulokset

Mansikan satoa kerättiin yrittäjän toimesta toukokuusta syyskuuhun. Sato punnittiin ja luokiteltiin viljelijän käytännön mukaan 1. ja 2. luokan marjoihin sekä myyntikelvottomiin, kuten homehtuneet ja eläinten vioittamat marjat. 1. ja 2. luokan marjojen osuudet kokonaissadosta laskettiin. Kasvihuoneessa kokonaissato oli vuonna 2023 noin 20 prosenttia enemmän kuin vuonna 2022, ja tunnelissa noin 4 prosenttia enemmän.

1. luokan marjan osuus kokonaissadosta oli suurempi ja 2. luokan marjan osuus pienempi mehiläisillä verrattuna kimalaisilla saatuun satoon (Kuva 2). Myyntikelvottomien marjojen osuus oli aiempaa vuotta pienempi kasvihuoneessa, mutta suurempi tunnelissa. Puutarhuri Jari Suomisen arvion mukaan tunnelin myyntikelvottomista marjoista alle prosentti johtui

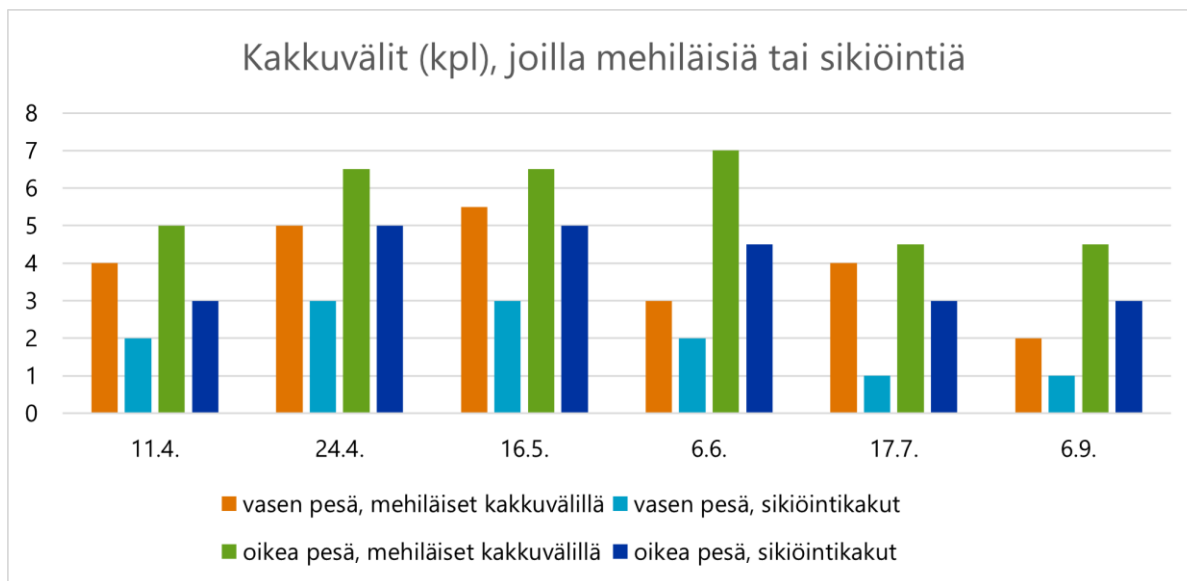
eläinten aiheuttamista kukkavioituksista, ja loput poikkeuksellisista sateista ja kosteudesta johtuneesta mansikoiden homehtumisesta. Myös pitkä hallakausi kokeen alussa vaikutti saatoon tunnelleissa.



Kuva 2. Mansikan sato-osuudet vuosina 2022 ja 2023 kasvihuoneessa ja kasvutunnelissa. Vuonna 2022 pölytyksessä käytettiin tuontikimalaisia, ja vuonna 2023 mehiläisiä. Lisäksi tunnelleissa oli tuontikimalaisia varmistamassa pölytystä. Vertailuasteikko alkaa 80 prosentista, jotta suhteelliset erot on helpompi havaita.

2.4. Mehiläispesien kehitys

Kasvihuoneessa mehiläispesien käyttäytyminen oli alusta asti lupaavaa. Viikon päästä kasvihuoneelle viemisestä mehiläiset olivat aktivoituneet ja löytäneet mansikan kukat. Mehiläisiä kulki myös tuuletusluukusta hakemaan ruokaa todennäköisesti pajuista. Huhtikuun loppupuolella mehiläisiä ei havaittu lentämässä tuuletusluukusta ulos, vaan niitä oli runsain mitoin mansikan kukilla. Kesän mittaan yhteiskunnat heikkenivät odotetusti, ja ne vaihdettiin kokeen aikana kahdesti (kesäkuussa ja heinäkuun lopulla). Vaihdetut pesät vietiin ulos muutaman kilometrin päähän toipumaan ja kasvamaan. Toinen kasvihuoneen pesistä vaihdettiin poikkeuksellisesti kolmannen kerran heinäkuun alussa, koska mehiläiset hylkäsivät pesän. Uusi pesä osoittautui kuitenkin emottomaksi, mikä edisti pesän heikkenemistä ennen uutta vaihtoa. Pesien mehiläismäärät ja sikiöinnin määrät on kuvattu kuvassa 3.



Kuva 3. Kasvihuoneen pesien kehitys kokeen aikana. Kaavio näyttää kakkuvälien määrän, joilla oli mehiläisiä sekä sikiökakkujen määrän tarkastuskäynneillä. Täydessä pesässä olisi lähes 10 kakkuväliä mehiläisiä.

Tunnelipesillä oli haastava alku toukokuun alun pakkasöiden takia, jolloin mansikat täytyi suojata harsoilla ja tunnelit pitää suljettuina. Kun lämpötilat kasvoivat ja tunnelit taas avattiin, mehiläisetkin aktivoituivat, ja ne lentelivät tunneleissa, joskin oli vaikea todeta, kuinka paljon ne kävivät tunneleiden ulkopuolella. Pesät heikkenivät kesän edetessä, mutta heikkeneminen vaikutti olevan kokonaisuudessaan hitaampaa kuin kasvihuoneissa. Pesissä oli parhaimmillaan noin seitsemän kakkuväliä mehiläisiä ja noin viisi kakkuväliä sikiöintiä. Kesäkuun alussa yhdessä pesässä ei ollut lainkaan sikiöintiä, mikä edisti sen pesän heikkenemistä.

2.5. Johtopäätökset

Pölyttäjälaskennat

Pölyttäjälaskentojen havainnot perustuivat kolmeen eri laskentakertaan, ja kukkakäyntien lukumäärä vaikutti havaintokäynneillä melko vähäiseltä. Tarkempi tulos saataisiin tekemällä useampia havaintokäyntejä. Kokeessa olleiden kasvihuoneen ja tunnelin ympäristössä oli runsaasti muita pölyttäjiä kiinnostavia kasveja, kuten puutarhavadelmaa. On mahdollista, että mehiläiset hankkivat ravintoa myös muilta kasveilta, eikä niitä siksi havaittu mansikoilla juuri pölyttäjälaskentojen aikaan. Siitepölyanalyysien tulokset valmistuvat myöhemmin, ja niiden perusteella saadaan lisäviitettä siitä, miltä kasveilta mehiläiset keräsivät siitepölyä sekä kuinka paljon ne kävivät mansikoilla. Tunnelissa luonnon pölyttäjillä on vapaampi pääsy mansikoille kuin kasvihuoneessa, ja lisäksi kauden alussa tunnelissa oli myös kimalaispesiä varmistamassa pölytystä. Tämän takia on vaikeampaa eritellä pelkästään kokeessa olleiden tarhamehiläisten vaikutusta mansikan pölytykseen. Kasvihuoneesta mehiläisillä oli ulospääsy tuuletusluukkujen kautta, mutta mehiläisiä ei juurikaan havaittu kulkemassa niistä ulos.

Mehiläispesien kehitys

Mehiläispesien heikkeneminen kasvihuone- ja tunneliolosuhteissa oli odotettavissa. Etenkin kasvihuoneessa olosuhteet voivat olla ajoittain mehiläisille tukalat, ja mansikka tarjoaa mehiläisille ruokaa niukasti. Kasvutunnelipesät olivat myös alttiimpia ympäristöolosuhteille ja

säiden vaihtelulle. Toukokuun alun kylmäkausi ja loppukesän runsaat ja pitkäkestoiset sateet pakottivat mehiläiset pysymään pesissään.

On myös huomioitava, että pesien hoitotoimenpiteet eivät olleet optimaaliset. Mehiläiset saivat liikaa tilaa liian aikaisin, mikä vaikeutti pesien lämpötilan hallintaa ja haittasi pesien kehitystä. Toukokuun kylmä jakso pahensi pesien lämmönhallintaongelmia entisestään. Tämän seurauksena pesissä ilmeni kalkkisikiötä eli tautia, jota esiintyy, kun mehiläiset eivät kykene ylläpitämään sikiöalan oikeaa lämpötilaa usein liian pienen mehiläismäärän vuoksi suhteessa sikiöalan kokoon. Tauti heikentää pesien kehitystä ja pahimmassa tapauksessa merkittävä osa sikiöistä kuolee, mikä yhä pahentaa pesän tilannetta. Epäoptimaalisten hoitotoimenpiteiden ja niiden aiheuttamien ongelmien takia on vaikea sanoa tämän kokeen perusteella, millainen osuus pesien heikkenemisestä johtui kasvihuone- ja tunneliympäristöstä ja millainen hoitotoimenpiteistä. Toisaalta Alankomaissa kasvihuoneissa käytetyt mehiläispesät heikkenevät myös, ja niitä vaihdetaankin muutaman viikon välein uusiin.

Kokonaisuutena kokeilu antoi arvokasta tietoa mehiläispesien toiminnasta mansikan pölytyksessä kasvihuoneessa ja kasvutunneleissa. Kehityksen seuranta osoitti, että hoitotoimenpiteillä ja sääolosuhteilla oli suuri vaikutus pesien kehitykseen sekä kasvihuoneessa että tunnelissa, mutta pienistä pesistä huolimatta pölytys onnistui hyvin. Nämä havainnot mahdollistavat mehiläisten hoitomenetelmien kehittämisen niin sanotussa sisätilapölytyksessä. Tulevissa kokeissa olisi harkittava joko vahvojen jaokkeiden tai pienemmän pesämallin, esimerkiksi 6-kehäisen Langstroth-laatikon, käyttöä.

Kokeen perusteella mehiläiset soveltuvat suljetumpien tilojen pölyttäjiksi rauhallisuutensa ansiosta. Kasvihuone- ja kasvutunnelityöntekijät eivät kohdanneet ongelmia mehiläisten kanssa. Rauhallisen yhteiskunnan valitseminen oli avainasemassa, ja työntekijöitä oli lisäksi ohjeistettu esimerkiksi olemaan varovaisempia ukkosella (ukkonen saa mehiläiset levottomimmiksi) ja välttämään muutoinkin mehiläisten huitomista.

Sato

Satotulosten tarkastelussa ei pystytä sulkemaan pois potentiaalista vuosien välistä vaihtelua ja sen vaikutusta sadon määrään tai laatuun. Kasvihuoneessa oli erilainen taimiaineisto ja lannoiteresepti sekä korkeampi ilmankosteus kuin edellisvuonna. Kasvutunneleissa satotasoon vaikutti pitkä hallakausi alussa ja loppukesän pitkä runsassateinen jakso. Myyntikelvottomista mansikoista tunneleissa iso osa oli homehtumisesta johtuvaa. Kokeessa ei ollut käytettävissä toista kasvihuonetta, joka olisi toiminut kontrollina ja jossa pölytys olisi voitu tehdä kimalaisilla. Tunneleiden välisiä satotasoja ei voitu suoraan vertailla, koska satoon vaikuttavia tekijöitä oli niin paljon, että mehiläisten osuudesta satotasoon ei voitu juurikaan tehdä johtopäätöksiä. Toisaalta sadot eivät myöskään olleet huonompia mehiläisten pölyttäminä eli kokeessa tiedostettu riski mehiläisten toimimattomuudesta ja negatiivisesta vaikutuksesta satoihin ei toteutunut. Järvenkylän tilan yrittäjä oli erityisesti sadon laadun osalta mehiläisten toimintaan tyytyväinen.

Järvenkylän tilan oman edellisvuoden kokeen yhteydessä sijoitettiin mehiläispesä tunnelin ulkoaukon viereen. Tämä kokeilu ei tuottanut toivottua tulosta mansikkasadon osalta, mutta vadelmakasvustossa mehiläiset osoittautuivat erittäin hyödyllisiksi pölyttäjinä (Jari Suomisen haastattelu). Tilan testi ja hankkeen koe yhdessä antavat ymmärtää, että mehiläispesien sijoittaminen sisälle kasvutunneleihin voisi antaa paremman pölytystuloksen mansikalla kuin silloin, jos pesät sijoittaa tunnelin ulkopuolelle. Vadelma on mehiläisille niin mieluinen ja houkutteleva kasvi, että pesien sijoittaminen tunnelien ulkopuolelle voi riittää hyvään pölytykseen.

3. Kimalaiskokeet Luken kasvihuoneissa 2023

Hankkeen tavoitteena on myös selvittää kimalaisten kaupallisen kasvatuksen mahdollisuuksia ja kannattavuutta Suomessa, jotta voitaisiin vähentää tuontikimalaisten aiheuttamia riskejä ja kasvihuone- ja tunnelipölytyksen suurta riippuvuutta ulkomaisista tuottajista.

3.1. Kokeiden perustaminen

Kokeet perustettiin Luke Jokioisten tutkimuskasvihuoneisiin kesäkuussa 2023. Kasvihuoneet on suunniteltu tutkimuskäyttöön, eikä niissä ole esimerkiksi kattoluukkuja. Huoneiden tuuletus tapahtuu koneellisesti, jotta tutkittavat kohde-eliöt eivät pääse ulos huoneista eikä vastaavasti ulkoa pääse muita eliöitä huoneisiin.

3.1.1. Kasvihuoneet

Käytössä oli neljä vierekkäistä n. 25 m² koekasvihuonetta. Kimalaislajit arvottiin näihin huoneisiin. Koehuoneissa ei käytetty lisävalotusta. Lämpötila oli +25/20 ±2 °C päivä/yö (06-20/20-06). Huoneiden lämpötila oli kompromissi mansikan ja kimalaisten vaatimusten osalta. Huoneiden olosuhteet olivat lähtökohtaisesti samanlaisia, mutta käytännössä kuitenkin yksi huone erosi muista koehuoneista. Mantu- ja kivikkokimalaisten huoneessa lämpötila ja ilman kosteus olivat suuremmat kuin muissa, ja lämpötila laskettiin kokeen aikana +22/20 ±2 °C-asteeseen.

3.1.2. Jatkuvasatoinen mansikka koekasvina

Taimiaines kokeeseen hankittiin Järvenkylän tilalta. Jokaiseen koehuoneeseen sijoitettiin 27.6. kuusi metrin mittaista mansikkalaatikkoa, joissa oli kymmenen mansikan taimea per laatikko. Laatikot sijoiteltiin pöydille kahteen riviin molemmin puolin huonetta (Kuva 4). Mansikoilla oli automaattinen kastelulannoitus tippukastelulla neljä kertaa päivässä. Lannoitteena käytettiin Granusol Greeniä (17+10+17+12 CaO + Micronutrients) ja lannoiteliuoksen EC oli 1,3 mS/m.

Jatkuvasatoisella mansikalla kukinta- ja sadontuottojaksot vuorottelevat. Jaksot ovat osittain päällekkäiset, mutta kukkia ei ole koko ajan saatavilla kimalaisille. Satoa saadaan suotuisissa olosuhteissa noin 2–3 viikon kuluttua kukinnasta.



Kuva 4. Koehuoneissa mansikat oli sijoitettu pöydille molemmin puolin huonetta. Kontukimalaisten (*Bombus terrestris*) kasvattipesä mansikkarivin takana 7.7.2023.

3.2. Kimalaislajit kasvihuonekokeissa

Hankkeessa selvitettiin, mitkä luonnonvaraiset kimalaislajit voisivat sopia kasvatettaviksi. Kasvateiksi valittiin hankkeen kimalaisasiantuntijoiden neuvojen perusteella kotimainen luonnonkantainen kontukimalainen (*Bombus terrestris*), kangaskimalainen (*B. cryptorum*), mantukimalainen (*B. lucorum*) ja kivikkokimalainen (*B. lapidarius*). Keväällä 2023 kerättiin luonnosta kimalaiskuningattaria, joista kasvatettiin yhteiskuntia Oulun yliopistossa Ekologian ja genetiikan tutkimusyksikön tiloissa. Tavoitteena oli saada pesien vahvuudeksi 30–50 työläistä. Kivikkokimalaiset olivat harvalukuisia kautta Suomen ja niitä saatiin kasvatuksiin vain viisi yksilöä. Niiden kasvattaminen osoittautui myös haasteelliseksi, ja niistä saatiin sopivan kokoinen pesä kokeisiin vasta elokuun alussa.

Pesät toimitettiin koekasvihuoneille pahvilaatikoissa, joiden pohjalle tuli nestesokerisäiliö lisäravinnoksi kimalaisille, ja sen päälle muovilaatikko, jossa varsinainen kimalaispesä oli (Kuva 5). Pahvilaatikon seinät oli rei'itetty ilmanvaihdon mahdollistamiseksi. Muovilaatikon ja pahvilaatikon välit oli täytetty eristevillalla estämään pesän liiallinen viilentyminen kuljetuksen aikana. Laatikon lyhyellä sivulla oli kaksi lentoaukkoa. Sisäänmenoaukossa oli pitkä, molemmista päistään avonainen putki pesän sisälle estämään kimalaisten kulun ulos samasta aukosta. Toinen aukko toimi ulos- ja sisäänmenoaukkona.



Kuva 5. Kokeessa käytetyt kasvatetut kimalaispesät rakennettiin pahvi- ja muovilaatikoista. Kummatkin laatikot on rei'itetty ilmanvaihdon vuoksi. Kuvassa näkyvä putki on kimalaisten sisäänmenoaukko. Muovilaatikon sisällä on eristevillaa pesän rakennusaineeksi

Ensimmäiset pesät tulivat kasvihuoneille 4.7. Näistä yksi oli Agrobión kaupallinen kontukimalaispesä, joka toimi kokeessa kontrollina 28.7. asti. Ostopesässä oli tullessaan huomattavasti enemmän kimalaisia kuin kasvattipesissä. Ensimmäiset kasvattipesät olivat kangaskimalainen, kontukimalainen ja mantukimalainen. Kangaskimalaisen ja kasvatetun kontukimalaisen pesät vaihdettiin 17.7., sillä ne vaikuttivat heikentyneiltä. Uusia pesiä seurattiin 23.8. asti. Mantukimalaispesää seurattiin 28.7. asti, minkä jälkeen samaan huoneeseen tuotiin 3.8. kivikkokimalaispesä. Kivikkokimalaispesä oli toiminnassa 1.9. asti.

Ensimmäiset pesät vietiin koekasvihuoneisiin pian punnitsemisen jälkeen, ja lentoaukot avattiin heti, kun pesät oli asetettu paikoilleen huoneissa. Mantukimalaista lukuun ottamatta niistä kuoli parin ensimmäisen päivän aikana useita kimalaisia. Syy runsaille kuolemille oli mahdollisesti pesien liian nopea avaaminen huoneisiin saapumisen jälkeen tai kuljetusmatkan aiheuttama stressi. Jälkimmäisten pesien kanssa odotettiin seuraavaan päivään ennen kuin ne avattiin, eikä kuolleita kimalaisia havaittu samoissa määrin.

3.3. Kimalaislajit kasvihuonemansikan pölyttäjinä

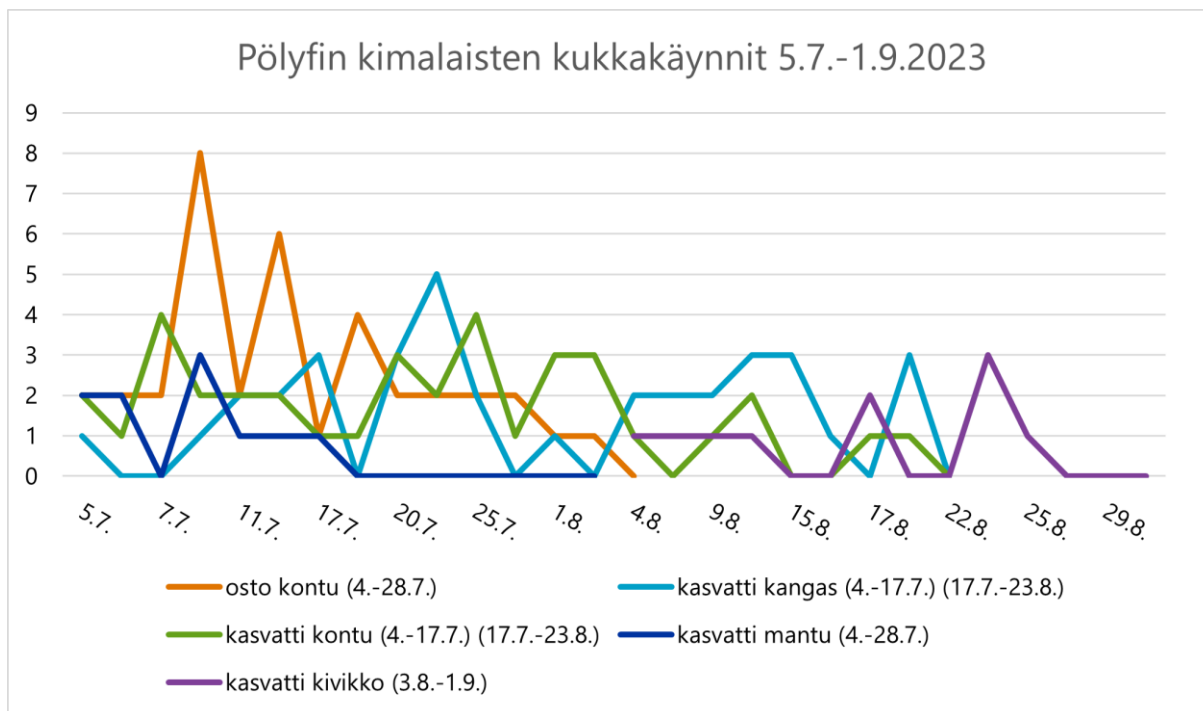
Pölyttäjälaskennat tehtiin kävelemällä kasviryivin viertä noin 1 m/s nopeudella ja laskettiin kaikki kimalaisten tekemät kukkakäynnit (Kuva 6). Havainnot tehtiin vähintään kaksi kertaa viikossa, enimmillään päivittäin.

Ostettu kontukimalaispesä oli kokeen alussa huomattavasti aktiivisempi kuin muut pesät, mikä näkyy kukkakäyntien määrässä kokeen alkuvaiheessa. Aktiivisuus vaikuttaisi olleen ainakin osittain seurausta pesän vahvuudesta: huoneessa oli selvästi enemmän kimalaisia kuin kasvattikimalaisten huoneissa. Suurempi osa kimalaisista kuitenkin lenteli kasvihuoneen katossa etsien ulospääsyä, mikä viittaisi siihen, että niitä oli liikaa suhteessa kukkamäärään. Osa ostopesän kontukimalaisista pääsi myös karkaamaan viereiseen tyhjään huoneeseen ensimmäisen viikon aikana. Huoneiden piti olla tiiviitä, mutta vasta jälkikäteen todettiin, että niissä on aukko tai aukkoja, joista kimalainen mahtuu kulkemaan. Viereinen huone ei ollut koekäytössä, mutta siellä oli mansikoita, jotka saattoivat houkutella kimalaisia. Pesän poiston jälkeen ostokontu-huoneeseen jäi vielä yksittäisiä kimalaisia, minkä takia kimalaisia havaittiin kukilla vielä seuraavilla havaintokerroillakin.

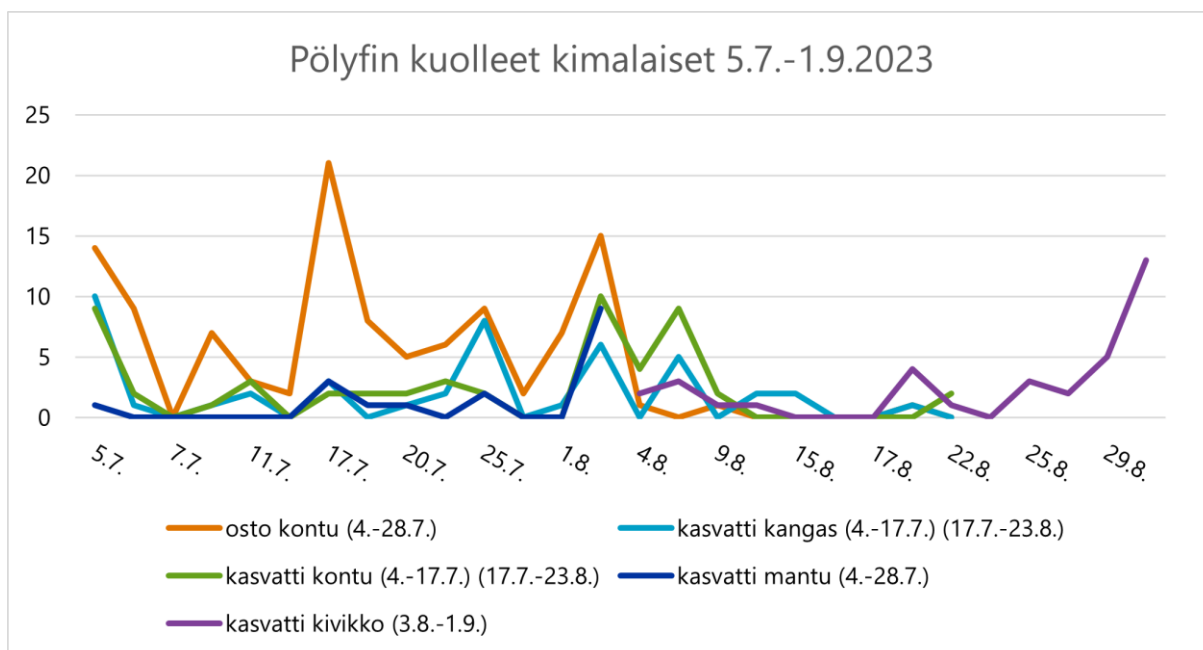
Kasvattipesissä kimalaismäärä oli todennäköisesti kukkien määrään nähden sopivampi kuin ostopesässä. Kasvattipesien aktiivisuudessa ei havaittu merkittäviä eroja lukuun ottamatta mantukimalaispesää 17.7. jälkeen. Kangaskimalaisen ja kasvatetun kontukimalaisen pesät vaihdettiin tällöin, sillä ne vaikuttivat odottamattoman nopeasti heikentyneiltä. Todennäköisin syy heikentymiselle oli pesien avaamisen ajankohdassa. Pesät avattiin noin puolen tunnin sisällä koekasvihuoneille saapumisen jälkeen, mikä on voinut olla liian pian matkanteosta jo stressaantuneille kimalaisille. Toisten pesien annettiin olla koekasvihuoneissa rauhassa yön yli ennen lentoaukkojen ja ylimääräisten eristevillojen avaamista. Jälkikäteen tarkasteltuna myös mantukimalaispesä olisi voitu vaihtaa samaan aikaan, sillä niiden ei enää havaittu käyvän kukilla sen jälkeen. Yksi syy pesän säilyttämiseen oli se, että mantukimalaisia ei kuollut suuria määriä heti pesän käyttöönoton jälkeen toisin kuin muita kimalaislajeja (Kuva 7). Myöskään sopivan kokoista korvaavaa mantukimalaispesää ei ollut saatavilla sopivaan aikaan.

Kaikissa ensimmäisissä kimalaisten kasvattipesissä toiminta-aika oli lyhyempi verrattuna kaupallisille pienille kimalaispesille luvattuun 3–4 viikon toiminta-aikaan. Jälkimmäisten kasvattipesien toiminta-aika ylsi kaupallisten pesien tasolle.

Hankkeen kimalaiskasvattaja valikoi pesät kokeisiin niiden kunnon ja koon perusteella. Pesien oli oltava perusterveitä ja näytettävä käyttäytymiseltään ja aktiivisuudeltaan hyviltä. Pesien valintaan vaikutti myös niiden kehitysaste. Pesien haluttiin toimivan pölytyksessä mahdollisimman pitkään, minkä takia valikoitiin pesiä, joissa emo- ja kuhnurituotanto ei ollut vielä alkanut tai se oli vasta hyvin vähäistä. Jotkut pesistä olivat vielä liian pieniä päästäkseen pölytyskokeeseen, ja toiset olivat saavuttaneet sopivan koon, mutta niiden emo- ja kuhnurituotannon katsottiin olevan liian pitkällä.



Kuva 6. Kimalaisten kukkakäynnit (kpl/havaintokerta) kasvihuonemansikalla Luke Jokioisten kokeessa. Ostopesiä oli yksi per huone ja kasvatettuja pesiä kaksi per huone kokeen aikana. Lajien perässä on suluisia päivämäärät, jolloin pesä oli käytössä. Mantu- ja kivikkokimalaisen pesät olivat samassa koehuoneessa, mutta eri aikaan.



Kuva 7. Luke Jokioisten kasvihuonekokeessa kuolleet kimalaiset (kpl/havaintokerta). Kuolleet kimalaiset laskettiin kukkakäyntien havaintojen yhteydessä. Lajien perässä on suluisia päivämäärät, jolloin pesä oli käytössä. Mantu- ja kivikkokimalaisen pesät olivat samassa koehuoneessa, mutta eri aikaan.

3.4. Kimalaislajien eroavaisuuksia kasvihuonetyöntekijän näkökulmasta

Joidenkin kimalaislajien välillä on käyttäytymiseroja, mutta myös lajien sisällä yhteiskuntien välillä voi ilmetä jonkin verran eroavaisuuksia käyttäytymisessä. Pölytyskokeessa havaittiin, että ensimmäinen kangaskimalaispesä oli leppoisampi muihin lajeihin verrattuna. Vastaavaa käyttäytymiseroa ei havaittu enää myöhemmin tuodulla kangaskimalaispesällä. Tämän taustalla voivat olla pesäkohtaiset erot, mutta myös ympäristöolosuhteet voivat vaikuttaa kimalaisten käyttäytymiseen. Kivikkokimalaiset vaikuttivat muita aggressiivisemmilta. Tähän on voinut myös vaikuttaa kivikkokimalaisten koehuoneessa ajoittain korkeaksi noussut lämpötila. Kivikkokimalaiset vaikuttivat kasvatuksissa muita herkemmin stressaantuvilta (Kaarle Mäkelän haastattelu).

Tuontikimalaiset (kontukimalainen) olivat levottomia ja tulivat herkemmin iholle silloin, kun niitä lenteli paljon huoneessa. Tällainen käyttäytyminen ei välttämättä tarkoita aggressiivisuutta, vaan se saattoi olla seurausta esimerkiksi kiivaasta ruoanetsinnästä. Tuontikimalaisia oli enemmän kuin muiden lajien pesissä, mutta ruoan määrä oli kaikille sama. Lisäksi kontukimalaiset vaativat muita kasvattikimalaisia enemmän ruokaa (Kaarle Mäkelän haastattelu). Lajien sisäisten pesäkohtaisten erojen selvittäminen ja kattavampi selvitys lajien välisistä eroista vaatii lisäkokeita.

3.5. Kimalaislajit ja kasvihuonemansikan sato

Sato kerättiin 1–2 kertaa viikossa. Marjat laskettiin, punnittiin ja luokiteltiin muodon perusteella normaaleihin, epämuodostuneisiin (Kuva 8) sekä huonosti pölyttyneisiin. Sato kerättiin neljällä ensimmäisellä keruukerralla koko huoneesta (6 laatikkoa) ja tämän jälkeen yhdestä laatikosta per huone. Tulokset ilmoitetaan viikkoa kohden vertailtavuuden vuoksi.



Kuva 8. Vasemmanpuoleisessa kuvassa normaalimuotoisia mansikoita. Keskellä hieman epämuotoisia ja oikealla voimakkaasti epämuodostuneita mansikoita.

Pölytyksen vaikutus satoon näkyy vähintään 2–3 viikon viiveellä, kun pölytetty kukka kehittyi korjuukypsäksi marjaksi. Yksittäisen kukan kehittymistä marjaksi ei seurattu erikseen, vaan arvio perustuu yleiseen käsitykseen. Ensimmäinen sato havainnoitiin 21.7. (vk 29) eli kaksi

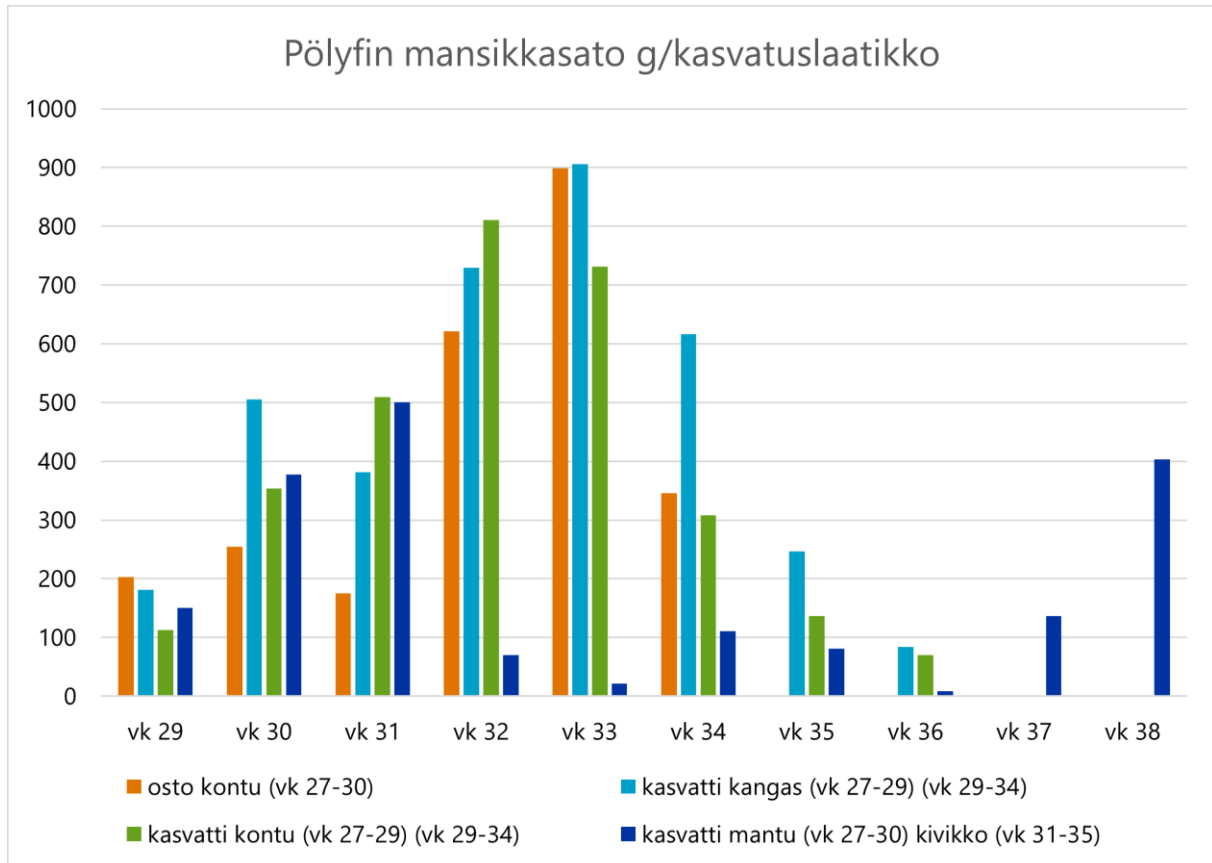
viikkoa sen jälkeen, kun kimalaiset tuotiin koehuoneisiin. Tällöin kokeessa olleiden kimalaisten pölytyksellä ei todennäköisesti ollut vielä vaikutusta satoon eikä huoneiden välillä ollut juurikaan eroja sadon määrässä, keskimääräisessä marjan painossa tai normaalimuotoisten marjojen osuudessa (Kuvat 9, 10, 11). Satoa kerättiin 2–4 viikkoa sen jälkeen, kun kimalaispesät oli poistettu huoneista. Viimeiset satohavainnot tehtiin 20.9. (vk 38).

3.5.1. Mansikkasato

Ostetun kontukimalaispesän huomattavasti suurempi vahvuus vaikeutti vertailua kasvattikimalaispesiin. Ostokontukimalaisia oli todennäköisesti alussa liikaa kukkamäärään nähden, mikä saattoi aiheuttaa ylipölytystä ja siten vaurioita kehittyviin marjoihin. Ylipölytyksen aiheuttamat vauriot näkyvät marjojen epämuotoisuutena, mikä toisaalta voi vaikuttaa marjan kokoon ja sitä kautta satotasoon. Satotasot viikoilla 30–31 olivat pienemmät kuin muilla kimalaislajeilla, ja nousivat vasta viikolla 32 (Kuva 9). Ostokontukimalaisia kuoli ja karkasi eniten ensimmäisen 1,5 viikon aikana, minkä jälkeen niiden lukumäärä kukkien määrään nähden on todennäköisesti laskenut sopivammaksi. Tämä on voinut heijastua satotasoihin viiveellä.

Kasvatetut kangas- ja kontukimalaispesät vaikuttivat keskenään samankaltaisilta, mutta tämä voi johtua myös siitä, että ne olivat käytännössä ainoat keskenään täysin vertailukelpoiset kimalaislajit: ostettu kontukimalaispesä oli moninkertaisesti vahvempi ja kimalaisten määrä kukkiin nähden oli liian suuri. Mantu- ja kivikkokimalaisten huoneessa vaihtui laji kokonaan kokeen aikana. Kasvatetuilla kangas- ja kontukimalaisella satomäärät olivat suht samanlaiset kokonaisuudessaan.

Mantu- ja kivikkokimalaisten lajien vaihtuessa huoneesta kerättiin 2.8. (vk 31) pois kaikki marjat ja raakileet, ja jätettiin vain kukat, jotta satohavainnoissa pystyttäisiin erottelemaan eri kimalaislajien pölytysvaikutus satoon. Toimenpide aiheutti kuitenkin kasveille häiriötä, sillä niiden satotasot laskivat sen jälkeen huomattavasti. Joitakin raakileita oli jäänyt huomaamatta, sillä huoneesta saatiin yksittäisiä marjoja vielä seuraavalla viikolla (vk 32), vaikka uutta satoa ei vielä olisi pitänyt tulla. Kivikkokimalaisen vaikutusta sadon määrään on vaikea arvioida ”tyhjennyskeruun” aiheuttaman häiriön takia. Mantukimalaisen vaikutusta satoon voidaan parhaiten arvioida vain viikoilta 30–31, jolloin satotaso oli samalla tasolla kuin kasvatetulla kontukimalaisella.

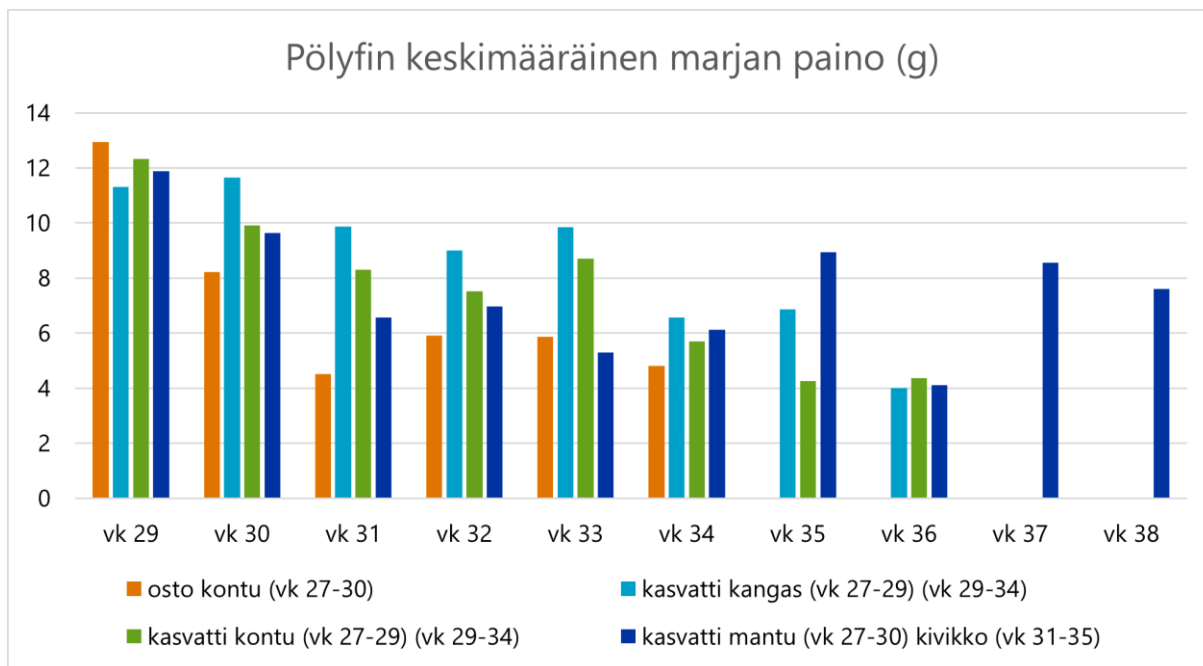


Kuva 9. Mansikkasato kasvatuslaatikkoa kohti Luke Jokioisten kokeessa. Huomionarvoista on, että mantu- ja kivikkokimalaisten pesien vaihtuessa mansikoista kerättiin sadon lisäksi pois kaikki raakileet 2.8. (vk 31). Toimenpide aiheutti melkoisen häiriön sadontuotantoon, mikä näkyy tuloksissa viikoilla 32–36.

3.5.2. Keskimääräinen marjan paino

Keskimääräinen marjan paino laskettiin jakamalla viikoittain kerätyn sadon paino marjojen lukumäärällä (Kuva 10). Marjan keskipainot pääsääntöisesti pienenevät kokeen loppua kohden. Ostokontuhuoneessa paino tipahti viikolla 31, jolloin myös sadon määrä notkahti (Kuva 9) sekä normaaleiden marjojen osuus oli pienin (Kuva 11). Kangaskimalaishuoneessa marjat olivat pääsääntöisesti isompia kuin muissa huoneissa (Kuva 10).

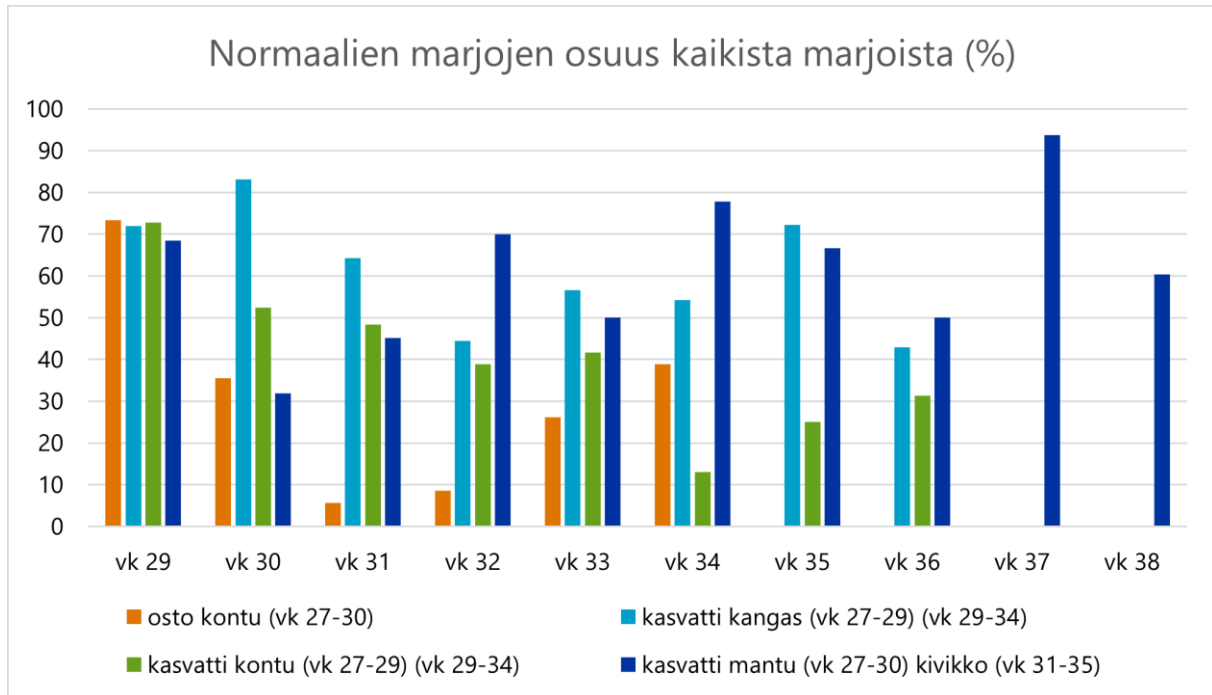
Kasvattipesien huoneista kerättyjen marjojen keskipainot vaikuttaisivat saman suuntaisilta viikkoon 32 asti. Vaikka mantukimalaishuoneen kasvit kerättiin tyhjäksi viikolla 31, viikolla 32 löytyi vielä muutama marja, jotka olivat vielä mantukimalaisten pölyttämiä. Viikolla 33 kerättyistä marjoista ei voida varmuudella sanoa kumman kimalaislajin pölyttämiä ne olivat, ja tämän jälkeen tuloksissa olikin enemmän vaihtelua. Mantu-/kivikkokimalaishuoneen marjojen vähäinen lukumäärä viikoilla 32–36 voi vaikeuttaa vertailtavuutta muiden huoneiden marjojen keskipainoihin. Kivikkokimalaisella keskimääräinen marjakoko näytti kasvavan kokeen loppua kohden toisin kuin muilla lajeilla. On kuitenkin vaikea arvioida, kuinka paljon raakileiden poisto on vaikuttanut myöhempien marjojen kokoon ja kuinka paljon tulosten vaihtelusta johtuu marjojen vähäisestä lukumäärästä.



Kuva 10. Mansikoiden keskimääräinen paino Luke Jokioisten kokeessa. Mantu- ja kivikkokimailahuoneesta kerättiin pesien vaihtuessa sadon lisäksi pois kaikki raakileet 2.8. (vk 31). Viikoilla 32–36 mantu-/kivikkokimailaisten tulokset perustuvat vain muutamiin marjoihin.

3.5.3. Marjojen muoto

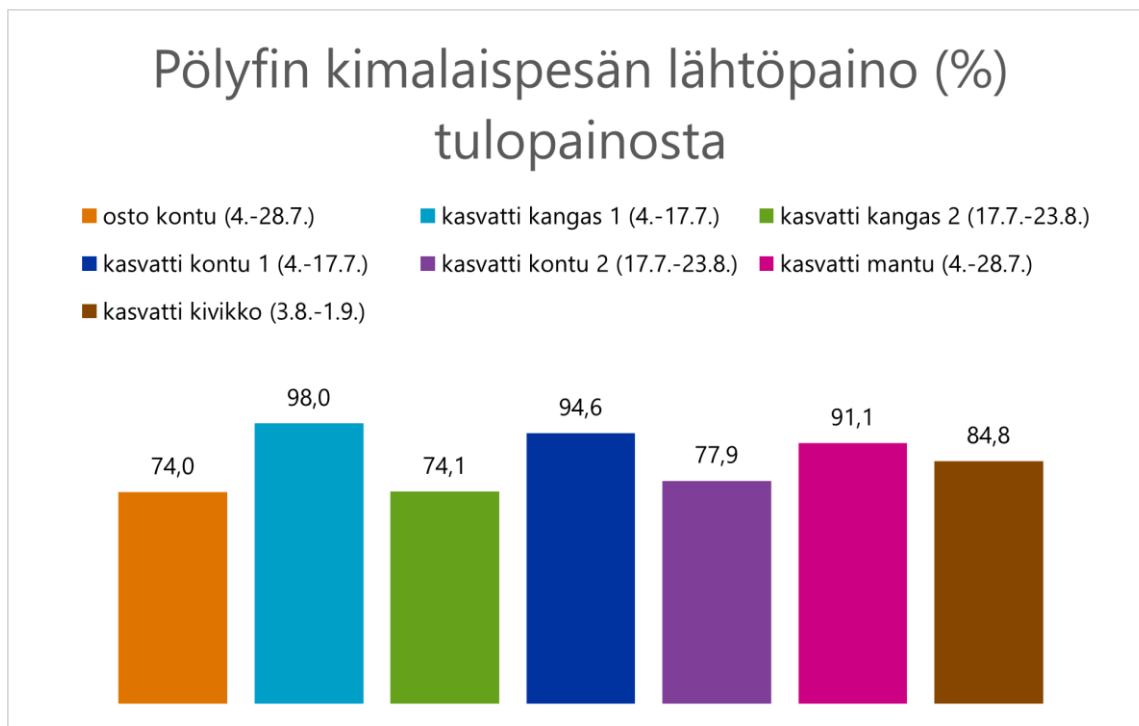
Pölytyksen laatua arvioitiin marjojen muodon perusteella. Heikosti pölyttyneitä marjoja oli hankala erottaa muista epämuodostuneista, joten tuloksissa tarkasteltiin normaaleiden marjojen osuutta kokonaissadosta (Kuva 11). Kaupallisen kontukimailaispesän normaaleiden marjojen osuus romahti kokeen aikana, ja yksi mahdollinen syy voi olla ylipölytys. Kimalaisia oli liikaa kukkamäärään nähden, ja on mahdollista, että ne kävivät kukilla liian usein tai vahingoittivat niitä mekaanisesti yrittäessään irrottaa siitepölyä liian rajusti. Normaalin muotoisten marjojen osuus alkoi kasvaa viiveellä sen jälkeen, kun ostokontukimailaisten määrä väheni. Epämuotoisia marjoja oli muissakin huoneissa, joten ongelma ei koskenut pelkästään kaupallisia kontukimailaisia. Kaikissa huoneissa epämuodostuneiden osuus oli suurempi kuin mihin kaupalliset mansikan tuottajat tyypillisesti yltyvät (Jari Suomisen haastattelu). Erityisesti kasvatettujen kontukimailaisten huoneessa normaaleiden marjojen osuus tipahti viikolla 34. Kivikkokimailaisten huoneen normaaleiden marjojen osuus viikoilla 32–36 perustuu vain muutamaani marjoihin, mikä heikentää tulosten vertailtavuutta. Kangaskimailainen vaikutti tuottavan parempilaatuista marjaa kuin kotimainen kontukimailainen. Lisäksi kivikkokimailainen menestyi laadukkaana mansikan tuottajana, vaikka tulos sen kohdalla perustuukin pieneen mansikkamäärään. Mielenkiintoinen huomio oli, että kasvattikonnun vaikutus mansikan laatuun oli vähäisempi kuin muilla kotimaisilla lajeilla.



Kuva 11. Mansikat luokiteltiin muodon perusteella normaaleihin, epämuodostuneisiin ja huonosti pölyttyneisiin. Normaalien marjojen osuus kaikista marjoista kuvastaa pölytyksen laatua, mutta marjan epämuotoisuuteen vaikuttaa muitakin tekijöitä kuin pölytyminen. Viikoilla 32–36 mantu-/kivikkokimalaisten tulokset perustuvat vain muutamiin marjoihin.

3.6. Pesien kehitys

Pesät punnittiin huoneisiin tuotaessa ja huoneista pois vietäessä, ennen pakastamista. Pesien tulo- ja lähtöpainon erotuksessa oli suuria eroja: pienin painonpudotus oli vain 54 g ja suurin 686 g (Kuva 12). Näissä painoissa oli mukana koko pahvilaatikko sisältöineen, ja kokonaispainon muutos johtui pääsääntöisesti nestesokerin määrästä. Kun pesien avaamisen yhteydessä punnittiin pelkät muovilaatikat, vaihtelu olikin enää hyvin pientä (Taulukko 2). Ostetun kontu-kimalaispesän muovilaatikkoa ei punnittu, koska siinä oli erilainen laatikko kuin kasvattipesissä.



Kuva 12. Kimalaispesät punnittiin ennen huoneisiin viemistä ja uudelleen ennen pakastamista. Suurin painon muutos oli ostopesässä ja jälkimmäisessä kasvattikangaskimalaispesässä. Pienin muutos oli ensimmäisessä kasvatetussa kangaskimalaispesässä. Pesien kokonaispainon muutos johtui pääsääntöisesti nestesokerin määrän muutoksesta.

Taulukko 2. Kasvatettujen kimalaispesien muovilaatikoiden painot kokeen lopettamisen jälkeen. Varsinaiset kimalaispesät olivat muovilaatikoiden sisällä, ja muovilaatikot olivat muuten rakenteiltaan identtisiä. Paino muodostuu kimalaisista, niiden pesien rakenteista ja muusta sisällöstä, kuten ruoasta (varastoitu nestesokeri, siitepöly).

Pesä	Muovilaatikon paino, g
kasvatti kangas 1	597
kasvatti kontu 1	618
kasvatti mantu	639
kasvatti kangas 2	654
kasvatti kontu 2	635
kasvatti kivikko	634

Pesät avattiin Viikissä 18.9. (Kuva 13) ja niistä laskettiin uudet ja vanhat kuningattaret, työläiset (alle ja yli 1 cm kokoiset), kuhnurit ja koteloituneet yksilöt. Työläiset jaettiin kahteen kokokategoriaan, koska hyvin pienet työläiset ("mikroyksilöt") eivät tyypillisesti käy pölyttämässä, vaan hoitavat pesää (Erkki Kaarnaman haastattelu). Tähän laskettiin vielä mukaan huoneista kuolleina löydetty kimalaiset, jotta saatiin käsitys pesien vahvuudesta (Taulukko 3). Havaintojen perusteella ostopesä oli ainakin 4–5 kertaa vahvempi kuin kasvattipesä, jopa yli 8 kertaa vahvempi kuin mantukimalaispesä. Taulukossa ei ole huomioitu niitä kimalaisia, jotka löytyivät ostopesän viereisestä huoneesta, ja jotka olivat todennäköisesti peräisin ostopesästä (79 kpl). Mikäli ne lasketaan mukaan, ostopesän vahvuus muihin verrattuna kasvaa entisestään. Laatikoiden avaamisen yhteydessä huomattiin, että kivikkokimalaisen pesä oli

muovilaatikossaan ylösalaisin, mikä viittaa kuljetuksen aikaiseen kaatumiseen. Tämän seurauksena kimalaiset saattoivat kokea tarvetta rakentaa pesäänsä muualle, ja muovilaatikon alatila tarjosi suojaisen paikan.



Kuva 13. Avattu kimalaispesä. Avonaiset ja sokerivedellä täytetyt kennostot ovat nähtävissä kuvan yläosassa. Kimalaiset voivat peittää pesänsä vahakannella, joka suojaa pesää villan lisäksi. Keskellä kuvaa on villaan hautautunut kimalainen, joka on kerännyt takajalkansa siitepölyvasuun siitepölyä.

Taulukko 3. Kimalaisten lukumäärät pesien avauksessa 18.9. Kuhnureita ei löytynyt yhdestäkään pesästä, ja koteloituneita yksilöitä ainoastaan 2 kpl ostopesästä. Kivikkokimalaispesästä löytyi 4 kennonä, jotka olivat kiinni, mutta niiden sisältö jäi epäselväksi. Ostopesä oli huomattavasti vahvempi kuin kasvattipesät, ja mantukimalaispesä oli muita kasvatettuja pesiä selvästi heikompi.

	vanhat kuningattaret	uudet kuningattaret	työläiset, alle 1 cm	työläiset, yli 1 cm	kimalaiset pesässä yhteensä	huoneesta kuolleena löydetyt	kaikki yht.
ostopesä, kontukimalainen (4.–28.7.)	1	6	3	81	91	111	202
kasvatti, kangaskimalainen 1 (4.–17.7.)	0	0	5	30	35	17	52
kasvatti, kontukimalainen 1 (4.–17.7.)	0	0	21	18	39	17	56
kasvatti, mantukimalainen (4.–28.7.)	0	1	2	4	7	17	24
kasvatti, kangaskimalainen 2 (17.7.–23.8.)	1	0	3	13	17	28	45
kasvatti, kontukimalainen 2 (17.7.–23.8.)	1	0	1	5	7	36	43
kasvatti, kivikkokimalainen (3.8.–1.9.)	0	0	3	5	8	35	43

Pesien jälkiavauksessa havaittiin, että molemmissa kangaskimalaispesissä oli kangaskimalaisten lisäksi yllättäen myös kontukimalaistyöläisiä. Havainnon varmistoi oikeaksi Luonnontieteellisen keskusmuseon museomestari Juho Paukkunen. Kahden lajin edustajien löytyminen samasta pesästä voi selittyä toisen lajin loisimiskäyttäytymisellä, jolloin paritellut emo tunkeutuu toiseen pesään ja valtaa sen itselleen jatkaen sukuaan valmiissa pesässä. Suomessa on tällaista pesäloisintaa harjoittavia loiskimalaisia (Parkkinen ym. 2022), mutta myös kontukimalaisten tiedetään ajoittain toimivan niin. Koekasvihuoneiden väliltä löytyi yllättäen rakoja, joiden kautta kimalaisia pääsi kulkeutumaan huoneesta toiseen, joten on mahdollista, että tuontikimalaispesään syntyneet uudet emot olisivat paritelleet ja tunkeutuneet toisiin koepesiin. Tätä ajatusta tukee myös se, että kontukimalaiset voivat synnyttää kaksi sukupolvea vuodessa ja ilman diapaussia olosuhteiden ollessa sopivat siihen (Potapov 2018).

3.7. Kokeiden lopettaminen

Viimeinen kimalaispesä (kivikko) vietiin pakkaseen 1.9. Pesät avattiin Viikissä 18.9. kimalaisten laskentoja varten. Viimeiset satohavainnot tehtiin 20.9., jolloin koe lopetettiin.

3.8. Johtopäätökset

Lähtökohtana Luken kimalaiskokeissa 2023 oli seurata mahdollisia eroja kimalaislajien välillä ja miten luonnonkantaiset kimalaiset toimivat kasvihuoneissa. Pölytystuloksen vertailu satohavainnoissa oli kuitenkin haastavaa, sillä kimalaislajit eivät olleet täysin verrannollisia keskenään koejärjestelyissä tapahtuneiden muutosten takia. Tuloksista ei myöskään tehty tilastollista analyysyä, koska tutkimushuoneita oli vain yksi per kimalaislaji ja koska koeaika ei olisi riittänyt useampiin toistoihin samalla, kun haluttiin selvittää myös pesien toiminta-aikoja.

Kukkakäyntien määrässä ei havaittu juurikaan eroja kasvatettujen kimalaislajien välillä. Kaupallisilla kontukimalaisilla kukkakäyntejä oli alussa enemmän, mutta tätä selittää osaltaan kimalaisten suurempi lukumäärä. Ensimmäisillä havaintokerroilla ostokontukimalaisia lensi katosssa enemmän kuin kukilla, kun kasvatetuilla lajeilla tällaista ei havaittu. Sen jälkeen, kun ostokontukimalaisia oli kuollut ja karannut viereiseen huoneeseen, niiden kukkakäyntien määrä väheni samalle tasolle kasvattikimalaisten kanssa.

Kaupallisen kontukimalaishuoneen sadon määrä, keskipaino ja normaalien marjojen osuus romahtivat kokeen aikana. Yksi syy voisi olla ylipölytyksen kukkiin aiheuttamat vioitukset, jotka näkyivät viiveellä pieninä ja epämuotoisina marjoina. Ostokimalaisia oli todennäköisesti liikaa kukkamäärään nähden kokeen alussa. Suljetuissa olosuhteissa ne eivät myöskään päässeet hakemaan ravintoa ulkoa. Erityisesti tällaisissa olosuhteissa on tärkeää, että kimalaisia on sopiva määrä suhteessa kukinnan määrään. Lisäsiitepölyn tarjoaminen esimerkiksi mansikan kukintapaussin aikana voisi olla myös yksi ratkaisu pesän heikkenemisen hillintään, mikäli näyttää siltä, että kukista saatava siitepöly ei riitä kimalaisille.

Mantu- ja kivikkokimalaisten lajien vaihtuessa kerättiin mansikoiden lisäksi pois kaikki raaki-leetkin, mikä ilmeisesti aiheutti kasveille melkoisen häiriön sadontuotannossa. Mantukimalaisesta ei ehditty saada satohavainnoja kuin kahdelta viikolta, ja kivikkokimalaisen osalta havainnot perustuivat aluksi vain muutamiin marjoihin, eivätkä ne siten ole kovin luotettavasti vertailtavissa muiden koehuoneiden tuloksiin.

Kokeesta tehtyjen havaintojen ja saatujen tulosten perusteella ei voida varmuudella sanoa, kuinka paljon kimalaislajilla oli merkitystä pölytyksen onnistumisen kannalta ja kuinka paljon tuloksiin vaikuttivat muut tekijät, kuten kimalaisten lukumäärä tai mansikoiden ”tyhjennyskeuru”. Lajien välisiä eroja pitäisi tutkia lisää kokeissa, joissa on useampia toistoja. Kun valitaan lajeja kasvatukseen, muut ominaisuudet voivat olla merkittävämpiä, kuten esimerkiksi onko kyseistä lajia helppo kasvattaa ja käsitellä tai miten se sietää erilaisia stressitekijöitä.

Ensimmäisten kasvattipesien toiminta-aika oli kovin lyhyt, vain pari viikkoa. Jälkimmäisten kangas- ja kontukimalaisten pesien toiminta-aika taas oli selvästi pidempi, yli kuukauden. Syyt erojen taustalla voivat olla moninaiset, kuten pesien käyttöönotto liian nopeasti kuljetuksen jälkeen tai luonnonkantaisten emojen ominaisuuksien vaihtelu. Kaupalliset kontukimalaiset ovat kuitenkin pitkän jalostuksen tulosta, jossa on voitu valita parhaiten pölytyskäyttöön soveltuvat yksilöt lisääntymään ja luoman uudet kimalaissukupolvet.

Kimalaispesien seuranta kokeessa lopetettiin noin kuukauden jälkeen, mutta jatkossa olisi erityisen mielenkiintoista selvittää, miten kauan kasvattipesät voisivat toimia pölytyskäytössä. Lisäksi jatkotutkimuksiin tarvittaisiin useampia pesiä joka lajista, jotta voitaisiin selvittää mahdollista lajien sisäistä vaihtelua. Emojen välillä voi olla luontaisia eroja, jotka vaikuttavat pesän elinvoimaisuuteen, vahvuuteen ja toimintakykyyn. Kaupallisen kasvatuksen tehokkuuden kannalta voi olla tarpeellista tehdä jonkinlaista valikointia ja potentiaalisesti tarkoituksenmukaista jalostustyötä. Toisaalta geneettinen monimuotoisuus on eduksi kimalaisten kohdatessa esimerkiksi erilaisia ympäristöolosuhteita ja tauteja.

4. Yhteenveto

Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhavihjelmissä -hanke teki vuonna 2023 pölytyskokeita mehiläisillä ja kimalaisilla. Mehiläiskokeen tavoitteena oli selvittää mehiläisten soveltuvuus kasvihuone- ja kasvutunneliviljelmien pölytykseen sekä saada kokemusta pölytystoiminnasta suojatuissa tiloissa. Kimalaiskokeen tavoitteena oli testata hankkeen kasvattikimalaisten toiminta pölytyksessä, verrata eri luonnonkantaisten lajien pölytystä ja käyttäytymistä toisiinsa sekä selvittää, miten kotimaisten luonnonkantaisten kimalaisten toiminta eroaa pitkän jalostustyön takana olevista tuontikimalaisista.

Mehiläiset osoittautuivat hyviksi pölyttäjiksi jatkuvasatoisella mansikalla. Etenkin hyönteisvaurioiden osuus myyntikelvottomista mansikoista oli aiempia vuosia pienempi. Kokeen avulla hahmotettiin mehiläisten kasvihuone- ja tunnelikäytön vaiheita ja vaatimuksia, minkä ansiosta voidaan luoda toimintaohjeet mehiläisten käytölle suojatuissa tiloissa. Kokeet antoivat myös arvokasta käytännön kokemusta, joiden perusteella voidaan laatia jatkosuunnitelmat seuraavalle tutkimukselle.

Kimalaiskoe paljasti kotimaisten kasvattikimalaisten toimivan pölyttäjinä kasvihuoneolosuhteissa. Kotimaisten kimalaisten toiminta-aika ylsi samalle tasolle tuontikimalaispesän kanssa. Kotimaiset kimalaisyhteiskunnat kykenivät kasvamaan kasvihuoneissa ollessaan, kuten ostokimalaisyhteiskuntakin. Lajien pölytystehokkuuden suora vertailu ei kuitenkaan ole mahdollista, koska kimalaiset pääsivät yllättäen kulkemaan huoneesta toiseen ja koska tuontipesä olikin yksilömäärältään kotimaisia pesiä suurempi. Koe kuitenkin osoitti kotimaisten kasvattikimalaisten pölytyskäytön mahdollisuuden, ja toisaalta ylipölytyksen olevan todellinen riski kimalaisilla, sekä antoi oleellista tietoa pesien optimaalisemmasta käsittelystä.

Kokeet osoittivat kotimaisten pölyttäjien, niin mehiläisten kuin kimalaistenkin, soveltuvan hyvin pölytystehtäviin suojatuissa tiloissa, kuten kasvihuoneissa ja kasvutunneleissa. Kokeiden ja niistä saatujen oppien ansiosta on mahdollista kehittää kotimaisten pölyttäjien käyttöä ja siten pölytyspalvelutarjontaa ja ruoantuotannon omavaraisuutta entisestään.

Kiitokset

Kiitos Järvenkylä Oy:n Jari Suomiselle arvokkaista tiedoista kokeiden suunnittelu- ja kenttätövävaiheessa. Kiitokset kimalaisiasiantuntija Erkki Kaarnamalle, kimalaiskasvattaja Kaarle Mäkelälle ja MMT Lotta Kailalle asiantuntemuksensa jakamisesta hankkeessa. Kiitos neuvoista ja ohjeista SML:n mehiläishoidon neuvoja Maritta Martikkalalle. Hankkeen kenttätövävaiheen töistä kiitokset seuraaville henkilöille Luonnonvarakeskuksessa: Marjaana Virtanen, Sanna Kulmala, Ari Eskola, Auli Kedonperä, Aino Lahti, Marjo Segerstedt, Juha Paajanen ja Hämeen ammattikorkeakoulun harjoittelija Alekski Korhonen. Tutkimusraportin käsikirjoituksen kommentteista kiitokset Luonnonvarakeskuksen Puskuri-ohjelman tutkimuspäällikkö Janne Artellille ja Kasvinterveyden ryhmäpäällikkö erikoistutkija Marja Jallille.

Hankkeen rahoituksesta kiitokset ELY-keskukselle ja Euroopan Unionille.

Viitteet

- Blacqui re, T., van der Aa-Furn e, J., Cornelissen, B. & Donders, J. 2006. Behaviour of honey bees and bumble bees beneath three different greenhouse claddings. Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting 17.
- Borshagovski, A.-M. 2023. Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviiljelmille -hankkeen Benchmarking-matka 21.-24.3.2023: Norja ja Alankomaat. <https://hunaja.net/wp-content/uploads/2023/05/Benchmarking-matkaraportti.pdf>. Viitattu 4.12.2023.
- Dafni, A., Kevan, P., Gross, C. & Goka, K. 2010. *Bombus terrestris*, pollinator, invasive and pest: An assessment of problems associated with its widespread introductions for commercial purposes. *Applied Entomology and Zoology* 45: 101–113.
- Dag, A. 2008. Bee pollination of crop plants under environmental conditions unique to enclosures. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2): 162–165.
- European Innovation Partnerships (EIPs). Euroopan komissio. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/past-research-and-innovation-policy-goals/open-innovation-resources/european-innovation-partnerships-eips_en. Viitattu 5.12.2023.
- Kaarnama, E. 2023. Haastattelu 18.9.2023.
- M kel , K. 2023. Haastattelu 16.8.2023.
- Parkkinen, S., Paukkunen, J. & Ter s, I. 2022. Suomen kimalaiset (3. painos). Docendo. Jyväskylä.
- Potapov, G., Kolosova, Y. & Bolotov, I. 2018. Possible bivoltine development of several bumblebee species in Europe. *Arctic Environmental Research* 18. 45–51.
- Suomen mehiläishoitajain liitto ry: Kotimaisia pölyttäjiä kaupallisille puutarhaviiljelmille -hanke. <https://hunaja.net/liitto/hankkeet/kpkphanke/>. Viitattu 5.12.2023.
- Suominen, J. 2023. Haastattelu 6.9.2023.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

