
**Valonlaadun ja päivänpituuden vaikutus *Macrolophus*-
petoluteen kehitysnopeuteen, lisääntymiseen ja elinikään**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa

Laura Hellgrén



LEPAA
Puutarhatalouden koulutusohjelma
Avomaaviljely

Tekijä Laura Hellgrén

Vuosi 2012

Työn nimi Valonlaadun ja päivänpituuden vaikutus *Macrolophus*-petoluteen kehitysnopeuteen, lisääntymiseen ja elinikään

TIIVISTELMÄ

Närpiön alueella on ansarijauhiaisongelma, johon haluttaisiin tehokas ratkaisu. *Macrolophus pygmaeuksesta* on hyviä kokemuksia, mutta se lisääntyy kasvihuoneissa talvisin huonosti. Tavoitteena oli selvittää, minkälaista valoa ja kuinka paljon sitä tulisi petoluteille tarjota, jotta ne lisääntyisivät ja aikuistuisivat nopeasti sekä tuottaisivat mahdollisimman paljon munia.

Koe, jolla asiaa selvitettiin, koostui kolmesta osasta, joissa tutkittiin luteiden kehitysnopeutta, munintamääriä ja eliniän pituutta sekä toukkien kuoriutumisprosenttia. Koe toteutettiin valojaksokokeena kasvatuskammioissa.

Kammioiden välillä oli merkitseviä eroja kaikkien muiden osioiden kohdalla paitsi eliniässä. Siihen valojakso ei vaikuttanut. Lyhyet päivänvalojaksot, 8:16 ja 11:13 (valotusaika : pimeäjakso tunteina) vaikuttivat naaraiden elinikäiseen munamäärään positiivisesti, toisin kuin oli oletettu. Myös munien kuoriutumisprosentit olivat korkeampia 8:16 ja 11:13 valojaksoissa.

Kehitysnopeudessa tulokset olivat niin kuin odotettiin. Pitkä valojakso (16:8) oli paras vaihtoehto. Siellä toukat kehittyivät nopeimmin aikuisiksi.

Pääasiallisesti siis valojaksot 8:16 ja 11:13 sopivat paremmin *Macrolophus pygmaeus*-lajin lisääntymiselle kuin tomaatilla normaalisti käytetty valojakso 16:8. Tämä tulos ei ole edullinen viljelijän eikä tomaattien kasvun kannalta, sillä tomaatti ei tuota satoa, jos se ei saa tarpeeksi valoa.

Avainsanat *Macrolophus pygmaeus*, biologinen torjunta, valotus, kasvihuonetuotanto, tomaatti

Sivut 42 s. + liitteet 2 s.

LEPAA
Degree Programme in Horticulture

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Author | Laura Hellgrén | Year 2012 |
| Subject of Bachelor's thesis | The Effect of Light Quality and the Photoperiod to the Nymphal Development, Fecundity and Longevity of Predatory Bug <i>Macrolophus pygmaeus</i> | |

ABSTRACT

An effective solution is needed in Närpiö, because of the problem with whiteflies. *Macrolophus pygmaeus* is commonly used as a biological agent, but it is not breeding that well in greenhouses at winter time.

What kind of light and how much is needed to give a proper breeding, reaching the maturity quickly and enhance egg production.

The experiment consisted of three parts: nymphal development, female fecundity and longevity and also the emerging percent of the nymphs. The experiment was executed as a photoperiod test in growth chambers.

There were significant differences between the treatments in other variables except longevity. Photoperiods 8:16 and 11:13 (lights on : dark phase in hours) proved to be the best for fecundity. Those periods had positive effects on egg counts, contrary to what was thought. Short photoperiods enhanced egg hatching as well. The photoperiod has no effect on the longevity.

The photoperiod used for tomato (16:8) was the best for the nymphal development because the nymphs developed to adults the fastest.

Mainly the most suitable photoperiod for *Macrolophus pygmaeus* were 8:16 and 11:13, comparing to the widely used period of light 16:8. This result is not pleasant for the growers because it is not suitable for growing tomatoes, because they are not producing crops if they do not get enough light.

Keywords *Macrolophus pygmaeus*, biological control, greenhouse production, tomato

Pages 42 p. + appendices 2 p.

SISÄLLYS

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 4 |
| 2 | MACROLOPHUS-PETOLUDE..... | 6 |
| 2.1 | <i>Macrolophus pygmaeus</i> | 6 |
| 2.2 | Aikuinen petolude | 7 |
| 2.3 | Nymfit eli toukat | 9 |
| 2.4 | Kehitysvaiheiden tuntomerkit | 10 |
| 2.5 | Parittelu ja muninta | 13 |
| 2.6 | <i>Macrolophus</i> -petoluteen käyttö kasvihuoneissa..... | 14 |
| 2.7 | Valojakson vaikutus <i>Macrolophus</i> -petoluteisiin..... | 15 |
| 2.8 | Valo-olosuhteet | 15 |
| 3 | AINEISTOT JA MENETELMÄT | 18 |
| 3.1 | Kasvatus | 18 |
| 3.2 | Kokeen aloitus..... | 21 |
| 3.3 | Käsittelyt | 22 |
| 3.4 | Kehitysnopeus | 23 |
| 3.5 | Fekunditeetti..... | 25 |
| 3.6 | Toukkien kuoriutumisprosentti | 27 |
| 3.7 | Analysointi | 29 |
| 4 | TULOKSET | 30 |
| 4.1 | Kehitysnopeus | 30 |
| 4.2 | Fekunditeetti ja elinikä | 31 |
| 4.3 | Kuoriutumisprosentti..... | 33 |
| 5 | TULOSTEN TARKASTELU | 35 |
| 5.1 | Kehitysnopeus | 35 |
| 5.2 | Fekunditeetti ja elinikä | 36 |
| 5.3 | Kuoriutumisprosentti..... | 36 |
| 5.4 | Kokeiden mahdolliset virhelähteet..... | 36 |
| 6 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 38 |
| | LÄHTEET | 40 |

Liite 1 Kasvatusrutiini

Liite 2 Naaraiden lehtikiekkojenvaihto-, ruokinta- ja tarkastusrutiini

1 JOHDANTO

Macrolophus-sukuun kuuluu pieni ryhmä lajeja, jotka tulevat Euroopasta, Saharan pohjoispuolisesta Afrikasta ja Himalajan pohjoispuolen Aasiasta. *Macrolophus*-suku tunnetaan siitä, että sen edustajilla on ulkonevat silmät pään sivuilla ja yleensä silmien takana on vaaleanpunainen, punainen tai tumma pitkittäinen juova. (Eyles, Marais & George 2008, 33 - 37.)

Sukuun kuuluu kahdeksan lajia, joilla on erittäin samanlainen rakenne. Näiden lajien luokitus pohjautuu muuttuvien piirteiden varaan kuten ruumiin mitat, silmän takana sijaitsevan mustan vyömäisen täplän eli maculan pituus ja ensimmäisen tuntosarven jaokkeen väri. (Perdikis, Margaritopoulos, Stamatis, Mamuris, Lykouressis, Tsitsipis & Pekas 2003, 507 - 514.)

Macrolophus-sukuun kuuluvaa *Macrolophus pygmaeus*-petoludetta on ollut saatavana markkinoilla vuodesta 1994 asti ja sen suosio biologisena torjuntaeliönä on kasvanut tasaisesti Euroopan tomaattikasvihuoneissa (Castañe, Arnó, Gabarra & Alomar 2011, 22 - 29). Biologisella torjunnalla tarkoitetaan tuholaisten kasvun rajoittamista käyttämällä luonnon omia menetelmiä ilman teollisia torjuntakemikaaleja, kuten tuholaisten luontaisien petojen hyväksikäyttö. (Tirri, Lehtonen, Lemmettyinen, Pihakaski & Portin 2001, 80.)

Opinnäytetyö on osa MTT:n hanketta Älykäs kasvihuone ja älyviljely, joka tehdään yhteistyössä Närpiön viljelijöiden kanssa. Närpiön alueella on paljon kasvihuoneita tiheässä, joka johtaa siihen, että tuholaiset, tässä tapauksessa jauhiaiset leviävät helposti huoneesta toiseen. Niiden hallitsemiseen etsitään uusia ratkaisuja sekä toivotaan, että tulosten avulla saataisiin tarkennettua petoluteiden käyttöohjeita.

Macrolophus pygmaeus-petolude on osoittautunut tehokkaaksi torjuntaeliöksi erityisesti jauhiaisia, mutta myös muitakin pehmeäihoisia tuholaisia vastaan. Ongelmana kuitenkin on, että *Macrolophukset* lisääntyvät huonosti talvisin kasvihuoneoloissa. Kasvihuoneissa käytettävä runsas keinovalotus, joka mahdollistaa ympärivuotisen viljelyn, mahdollistaa myös suotuisten olojen takia hyvän kasvuympäristön ansarijauhiaisille. Jauhiaiset pystyvät lisääntymään talvella, mutta petolude ei pysty torjumaan niitä tarpeeksi tehokkaasti huonon lisääntymisen takia, koska torjuntaeliökanta ei ole tarpeeksi suuri. Ympäristöystävällisten kasvinsuojelumenetelmien käyttö lisääntyy koko ajan, joten ei myöskään haluta käyttää kemiallisia kasvinsuojeluaineita. Näin ollen jauhiaiset ehtivät vahingoittamaan kasvustoja, joka johtaa viljelijöiden sato- ja tulotappioihin.

Tarkennetuksi tutkimuskysymykseksi työssä muotoutui vaikuttaako päivän pituus *Macrolophus*-petoluteiden kehitysnopeuteen, elinikään, munitujen munien määrään ja niiden kuoriutumisprosenttiin. Tutkimuskysymyksenä on myös se, onko petoluteiden lisääntymisessä ja elinkierrossa havaittavissa eroja kasvatettaessa niitä päivänvalolohisteputkien ja suurpainenatriumlamppujen alla.

Tavoitteena on saada tuloksia, joista olisi hyötyä talvisin huonon lisääntymisen ratkomiseen. Mitä voitaisiin kasvihuoneissa tehdä toisin, että petoluteilla olisi suotuisat olot.

2 MACROLOPHUS-PETOLUDE

Maailmanlaajuisesti runsaslajisin ludeheimo on kuneluteet (Miridae) (Rintala & Rinne 2011, 8 - 24), johon *Macrolophus*-suku kuuluu. Kuneluteiden heimoa yhdistää viisikulmainen pää, silmät ovat erillään pronotumista eli keskiruumiin ensimmäisen jaokkeen selkakilvestä, vatsapuolen 9. jaokkeen sukupuolielinten aukko ja yksinkertainen aedeagus eli koiraan sukupuolielinten osa, joka siirtää siittiöt naaraan elimistöön. (Martinez-Cascales, Cenis, Cassis & Sanchez 2006, 385 - 404.)

2.1 *Macrolophus pygmaeus*

Kahden läheisesti sukua olevan petoluteen *Macrolophus melanotoma* (syn. *M. caliginosus*) ja *M. pygmaeus* erottaminen morfologian perusteella pohjautuu tuntosarvien ensimmäisten jaokkeiden värikuvioihin. *M. pygmaeuksella* jaoke on täysin musta ja *M. melanotomalla* se on musta, mutta siinä on valkoinen juova, joka menee ympäri jaokkeen keskellä. Kuitenkin näiden kahden lajin erottaminen toisistaan ja taksonominen rooli ovat epävarmoja. (Perdikis ym. 2003, 507 - 514.) Lajien luokitteluhistoriassa *Macrolophus pygmaeuksen* ja *M. melanotoman* välillä on ollut sekaannusta. Osa markkinoiduista *Macrolophus caliginosuksista* onkin osoittautunut *M. pygmaeuksiksi*. (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404.) Näiden lajien kohdalla varma tunnistaminen vaatii molekyylogeneettisiä menetelmiä (DNA-analyysi) (Perdikis ym. 2003, 507 - 514).

Pähkämölude eli *Macrolophus pygmaeus* on yksi tärkeimmistä torjuntaeliöistä kasvihuoneissa. Sitä käytetään erityisesti *Solanaceae*-heimon kasveilla ansarijauhiaisten torjunnassa. Lude on peräisin Välimeren alueelta (Perdikis, Lykouressis & Economou 1999, 281 - 289), missä se on sopeutunut hyvin niin kasvihuone- kuin avomaan lämpötiloihin (Perdikis & Lykouressis 2002a, 261 - 272).

Pähkämöluteet ovat polyfaageja eli ne syövät useita eri tuholaisia. Ansarijauhiaisten lisäksi esimerkiksi kirvoja, ripsiäisiä, lehtimiinaajia, punkkeja sekä joidenkin perhosten (Lepidoptera) munia ja toukkia. (Perdikis, Lykouressis & Economou 1999, 281 - 289.) *Macrolophus*-petoluteet tyhjentävät saaliinsa viiltämällä ruumiiseen imentäaukon stiletillä eli viiltävällä suuosalla ja imevät saaliin sisukset (Perdikis ym. 2008, 125 - 144).

Luteet käyttävät myös kasviperäistä ravintoa, mikä mahdollistaa niiden selviytymisen ja kehittymisen usealla kasvilla, vaikka saalista ei olisi tarjolla (Perdikis, Kapaxidi & Papadoulis 2008, 125 - 144). Perdikis ja Lykouressis (2004, 1291 - 1298) huomasivat tutkimuksessaan, että luteiden populaatiokoko kasvoi kohti kasvukauden loppua, vaikka saaliin määrä oli vähäinen. Tämä osoittaa luteiden potentiaalinen hyödyntää kasvinesteitä aiheuttamatta kuitenkaan vaurioita kasveihin.

On mahdollista, että kasvinesteiden imentä voi vahingoittaa kasveja, mutta verrattuna siihen kuinka usein biologiset torjuntaeliöt syövät kasveja, merkittävät vahingot ovat varsin harvinaisia (Castañe ym. 2011, 22 - 29).

Macrolophus-lajeja tavataan usein useilla isäntäkasveilla. Kuitenkin suuret populaatiot löytyvät muutamilta kasvilajeilta. Pääisäntäkasvit rajoittuvat muutamaankasvisukuun. Enemmän kuin puolet isäntäkasveista kuuluu joko *Solanaceae*- (kosisokasvit) tai *Asteraceae*- (mykerökukkaiskasvit)-heimoon. Muita isäntäkasviheimoja ovat *Cistaceae* (päivännoutokasvit), *Fabaceae* (hernekasvit), *Lamiaceae* (huulikukkaiskasvit), *Cucurbitaceae* (kurkkukasvit) ja *Urticaceae* (nokkoskasvit). (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404.) On huomattu, että isäntäkasvilla on vaikutusta luteen kehitykseen. Nämä erot voivat johtua lehtien kasvinesteiden ravinneeroista ja liukoisen tyypin määrästä lehdistä. (Lykouressis, Perdakis & Michalaki 2001, 222 - 227.)

2.2 Aikuinen petolude

Macrolophus pygmaeus-luteen ruumis muodostuu päästä, keskiruomista ja takaruomista (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24). Ruumis on pehmeä ja kiiltävä (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404). Pää on kolmiomainen ja siinä on jaokkeelliset tuntosarvet sekä verkkosilmät (kuva 1) (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24). Pään alapuolella on kiinnittyneenä luteille tunnusomainen nivelkärsä, joka on taittuneena mahan alla levossa (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24) ja se muodostuu alahuulesta ja leukojen pidentyneistä imu- ja sylkiputkista (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24).

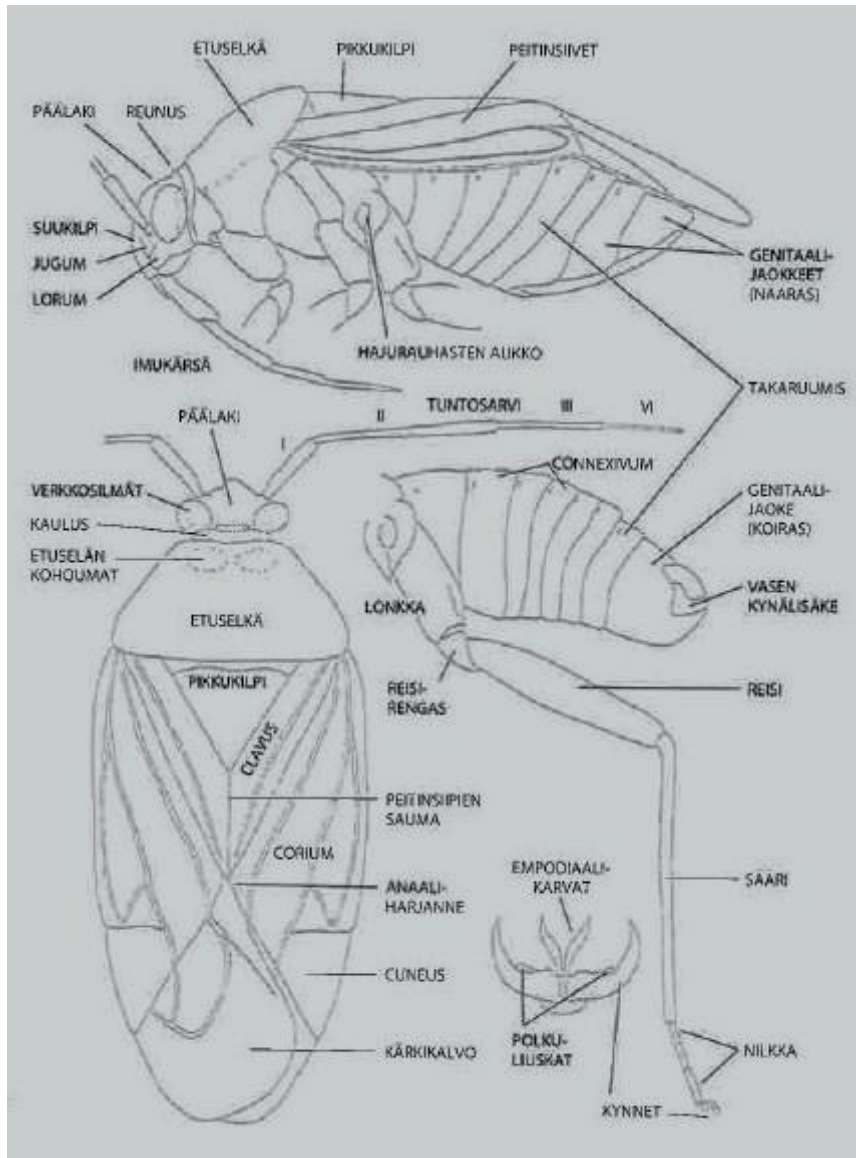


Kuva 1. *Macrolophus*-petoluteen pää (Hellgrén 2011)

Keskiruumiissa on kolme jaoketta, joista jokaiseen on kiinnittynyt yksi raajapari. Jalat ovat nivelikkäät. Ne koostuvat lonkasta, reidestä, säärestä ja 2 - 3-jaokkeisesta nilkasta. Nilkan viimeisessä jaokkeessa on kynnet ja kynsien alla polkuliuskat (kuva 2) (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24), jotka mukailevat alustan pintaa ja pitää luteen pinnassa kiinni (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404).

Ensimmäinen keskiruumiin jaoke on leventynyt kilpimäiseksi etuseläksi, jonka etureunassa on kapea kaulus (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24). Toinen keskiruumiin jaoke muodostaa selkäpuolelle kolmiomaisen pikkukilven (kuva 2) (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24) eli scutellumin (Martinez-

Cascales ym. 2006, 385 - 404). Kolmannessa jaokkeessa on hajuruhasaukot vatsapuolella. Takaruumiissa on 9 - 10 jaoketta. (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24.)



Kuva 2. Tyypillisen kuneluteen rakenne Knight'in kuvasta mukaeltuna (Rintala & Rinne 2010, 10).

Luteilla on kaksi siipiparia, joista peitinsiivet rakentuvat useimmiten tyviosan kitinisoituneesta osasta ja siiven kärjen kalvomaisesta osasta. Peitinsiipien alla on kalvomaiset lenninsiivet eli takasiivet. (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24.) Etusiivet ovat vaaleanvihreät, etusiiven kitinisoituneista tyviosista taaemman kärki on musta, kiilamainen levy etusiivissä on väriltään vihreänvalkoinen, siipien kalvot ovat harmahtavat ja suonet vihreät. Niin naaralla kuin koiraallakin on suuret siivet, jotka ovat asettuneet päällekkäin ja ne ovat muodoltaan kiilamaiset (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404).

Ruumiin pintaa peittää joko läpinäkyvät tai rusehtavanharmaat puolipystyt sukaset. Tuntosarvissa ja jaloissa on tiheämpää puolipystyä karvaa.

Naaraan tunnistaa pulleasta peräpäädystä, joka on kolmionmallinen (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 – 404) ja sillä on munanasetin (kuva 3), joka on lepotilassa vatsan alapuolella olevassa urassa (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24). Koiras on selkeästi hoikempi eikä sillä ole mustaa viirua peräpäädssä vatsan alla. Sen sijaan koiraalla on peräpäädssä musta läikkä ja muutama ylöspäin kaareutuva karva (Martinez-Cascales ym. 2006, 385 - 404).



Kuva 3. *Macrolophus pygmaeus*-lute naaras ja koiras. Ylärivissä naaras ja alarivissä koiras (Hellgrén 2011).

2.3 Nymfit eli toukat

Luteiden muodonvaihdos on osittainen eli niiltä puuttuu kotelovaihe. Niillä on viisi nuoruusvaihetta (nymfiä). Ensimmäiset kaksi vaihetta ovat yleensä lyhytaikaisia ja nymfit luovatkin nahkansa muutaman päivän päästä kuoriutumisen. Myöhemmät nuoruusvaiheet kestävät pidempään. (Rintala & Rinne 2010, 8 - 24.) Tosin saaliin määrä, lämpötila ja isäntäkasvi vaikuttavat kuinka nopeasti toukka luo nahkansa eli siirtyy seuraavaan kehitysvaiheeseen. Nuoruusvaiheet pystyvätkin kehittymään munasta aikuiseksi ilman saalista esimerkiksi tomaatilla, munakoisolla, kurkulla, paprikalla ja vihreällä pavulla (Perdikis & Lykouressis 1999, 281 - 289). Ensimmäisestä toukkavaiheesta aikuiseksi tuleminen kestää lyhyimmillään 13 päivää tomaatilla 30 °C:ssa ja pisimmillään 53 päivää tomaatilla 15 °C:ssa. (Perdikis & Lykouressis 2002b, 661 - 667.)

Perdikis ja Lykouressis (1999, 281 - 289) osoittivat kokeessaan, että jos saalista oli, toukat kehittyivät nopeasti. Toukkia kuoli paljon alhaisissa lämpötiloissa, kun saalista ei ollut tarjolla. Poikkeuksena oli 35 °C, jossa yksikään toukista ei selviytynyt aikuiseksi asti ilman saalista. Kun saalista oli saatavilla, ainoastaan yksi toukka kehittyi aikuiseksi asti kyseisessä

lämpötilassa. Tutkimuksessa huomattiin, että munakoiso soveltuu parhaiten *M. pygmaeus* toukkien kehitykseen, jos saalista on saatavana.

2.4 Kehitysvaiheiden tuntomerkit

Ensimmäisen nuoruusvaiheen toukka on hoikka, suippeneva ja kiiltävä. Ruumis on väriltään lähes valkoinen heti kuoriutumisen jälkeen, mutta muuttuu pian sen jälkeen keltaiseksi paitsi pää, tuntosarvet ja jalat, jotka ovat haaleankeltaiset. Silmät ovat punaiset. Imukärsä on haaleankeltainen ja se on taittunut vatsan alle. Imukärsän kärki ulottuu kolmannen jalkaparin lonkkiin asti. Takaruumis on selkeästi pidempi kuin leveä ja siinä voi erottaa ruumiin jaokkeet selkeästi (kuva 4). Ruumiin keskipituus on 1,124 mm ja leveys leveimmästä kohdasta on 0,364 mm. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)



Kuva 4. *Macrolophus pygmaeus* -luteen ensimmäisessä nuoruusvaiheessa oleva nymfi (Hellgrén 2011).

Toisessa kehitysvaiheessa oleva toukka on hyvin samannäköinen kuin ensimmäisen vaiheen toukka. Pää, tuntosarvet ja ruumis ovat hieman tummempia väriltään ja silmät ovat muuttuneet tummanpunaisiksi. Imukärsä on samanvärinen ja kärki ulottuu edelleen kolmannen jalkaparin lonkkiin asti (kuva 5). Keskimääräinen pituus on 1,427 mm ja enimmäisleveys on 0,473 mm. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)



Kuva 5. *Macrolophus pygmaeus*-luteen toisessa kehitysvaiheessa oleva nymfi (Hellgrén 2011).

Kolmannessa kehitysvaiheessa nymfi on edelleen suippeneva ja kiiltävä, mutta ruumis alkaa muuttua vihreäksi keltaisen värin sijaan. Silmät ovat tummanpunaiset. Tuntosarvet ovat haaleankeltaiset. Imukärsä ja sen pituus ovat samat kuin kahdella edellisellä nuoruusvaiheella. Jalat ovat haaleankeltaiset, lähes värittömät eli läpikuultavat. Siiven tyngät alkavat näkyä keskiruumiissa pyöreinä ulkonemina (kuva 6). Pituus keskimäärin 1,7 mm ja leveys 0,666 mm. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)



Kuva 6. *Macrolophus pygmaeus* -luteen kolmannessa kehitysvaiheessa oleva nymfi (Hellgrén 2011).

Neljännän kehitysvaiheen toukka on päärynänmuotoinen ja takaruumis on suhteessa leveämpi kuin aikaisemmissa kehitysasteissa. Pää on reunoilta haaleanvihreä ja keskeltä väritön. Keskiruumis on tasaisen vihreä ja takaruumis haaleanvihreä, johon muodostuu kellertäviä heijastumia. Tuntosarvet ovat keltaiset. Imukärsä on haaleanvihreä ja se ylettää toisen jalkaparin lonkkiin asti. Ensimmäisen ja toisen jalkaparin reidet ovat haaleanvihreät ja kolmannen hiukan tummemmat. Siipiaiheet ylettyvät lähes takaruumiin toisen jaokkeen puoliväliin (kuva 7). Ruumiin keskipituus on 2,253 mm ja

leveys leveimmästä kohdasta 0,733 mm. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)



Kuva 7. *Macrolophus pygmaeus* -luteen neljännessä kehitysvaiheessa oleva nymfi (Hellgrén 2011).

Viides toukka-aste on muodoltaan päärynämäinen. Pää on keskeltä opaalinhohtoinen väriltään, haaleanvihreä reunoilta ja keltainen tuntosarvien tyveltä. Keski- ja takaruumis ovat vihreät tai tummanvihreät. Silmät ovat hyvinkehittyneet ja tummanpunaiset. Tuntosarvet ovat keltaiset. Imukärsä ja sen pituus ovat samat kuin neljännen nuoruusvaiheen toukalla. Myös reidet ovat samanlaiset kuin edellisellä kehitysasteella. Sääret ovat haaleanvihreät. Siipiaiheet ovat pitkälle kehittyneet yltäen neljänteen takaruumiin jaokkeeseen (kuva 8). Ruumiin keskipituus 2,715 mm ja leveys leveimmillään 0,946 mm. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)



Kuva 8. *Macrolophus pygmaeus* -luteen viidennessä kehitysvaiheessa oleva nymfi (Hellgrén 2011).

Ensimmäisen ja toisen toukkavaiheen erottaminen toisistaan on vaikeaa. Kolmannen ja neljännen tuntosarven jaokkeen pituuden suhdetta toisiinsa voidaan käyttää näiden kahden vaiheen erottamiseen. Myös ruumiin pituus

ja muoto, sekä silmien välisen osan ja taaimmaisen säären pituutta voidaan hyväksikäyttää. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)

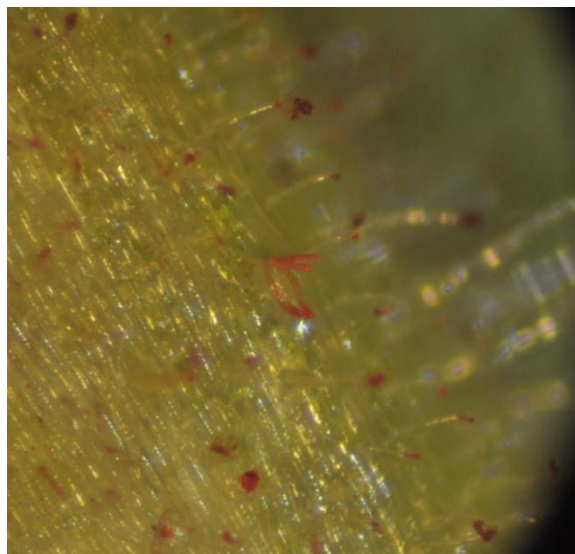
Aikuinen on kuoriuduttuaan väriltään lähes valkoinen ja silmät ovat kirkkaanpunaiset. Vähitellen kaikkien ruumiin osien värit tummentuvat ja lopulta, 30 tuntia kuoriutumisen jälkeen aikuinen on saavuttanut sen lopullisen värin. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)

2.5 Parittelu ja muninta

Macrolophus-ludenaaraat suostuvat parittelemaan vasta, kun ovat ensin tutustuneet koiraaseen muutaman kerran. Parittelun jälkeen, naaraat ovat erittäin haluttomia parittelemaan uudelleen. Ne juoksevat karkuun tai yrittävät häätää koiraan luotaan heiluttamalla takaruumistaan. Koiraat sen sijaan parittelevat useammankin kerran, jos niillä on mahdollisuus. Tosin parittelu on välttämätöntä, jotta naaraat munisivat (Perdikis ym. 2003, 507 - 514) ja ne suosivat parittelua pimeään aikaan (Franco ym. 2011, 307 - 315).

Francon ym.:den (2011, 307 - 315) kokeen perusteella huomattiin, että *M. pygmaeus* -naaraille riittää yksi parittelu, sillä yhden parittelun jälkeen naaraiden munasarjoissa oli 21 päivän jälkeenkin vielä spermaa. Tämä vaikuttaisi olevan tarpeeksi munien hedelmöittämiseksi, sillä naaraiden munintajakso 25 °C:ssa on kolme viikkoa.

Macrolophus pygmaeus -naaraat munivat mielellään suhteellisen kovaan alustaan kuten kasvin varteeseen, lehden pääsuoneeseen tai sivusuoniin. Munat munitaan yksitellen kasvisolukon sisään. Muninnan jälkeen kasvisolukon pinnalla näkyvät vain munansuu ja hengityssarvet (kuva 9). Kuoriutumisen aikana ruskuainen vähitellen työntyy kasvisolukon ulkopuolelle. (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)

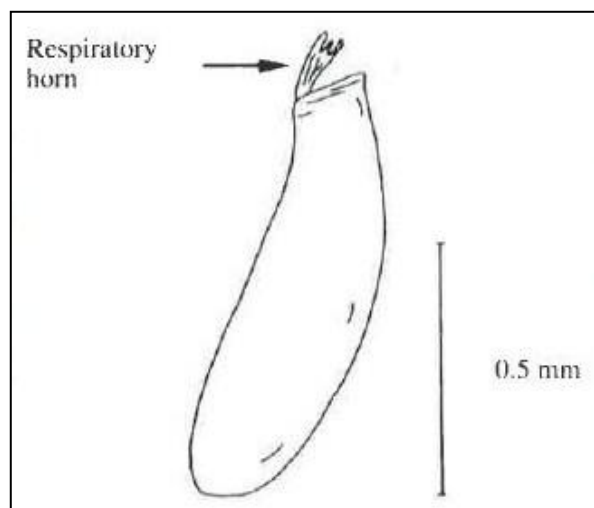


Kuva 9. *Macrolophus pygmaeus* -munan munittuna kasvisolukon sisään. Solukon pinnalla näkyy vain munansuu ja hengityssarvet. (Hellgrén 2011.)

Aika, joka naaraalla menee ensimmäisen munan munimiseen parittelusta, oli lyhin 27,5 °C:ssa, noin viisi päivää riippuen saaliseläimestä. Pisin aika parittelusta munintaan oli 15 °C:ssa, noin 12 päivää. Suurin osa munista kuoriutui (85 - 90 %) lämpötilan ollessa 15 °C tai 20 °C. Lyhin aika muninnasta kuoriutumiseen oli 27,5 °C:ssa, noin kahdeksan päivää. (Perdikis & Lykoyressis 2002a, 261 - 272.) Perdikis & Lykoyressis (2002a, 261 - 272) huomasivat tutkimuksessaan, että joinain päivinä naaraat eivät muni- neet ollenkaan. Naaraat munivat yleisesti enemmän lisääntymiskykynsä alussa kuin lopulla, vaikka ne voivat munia suuriakin määriä munia muu- tamia päiviä ennen kuolemaansa.

Muna on väriltään valkoisen opaalinhohtoinen, muodoltaan suippeneva ja hieman kaartuva. Ovaalinmuotoinen munankaula ja suuaukko ovat munan yläosassa. Munan suuaukon reunassa on kiinni hohtava, ohut ja lähes lä- pinäkyvä hengityssarvi, joka on 45 asteen kulmassa munan suuaukkoon nähden. Sarvessa on tyviosa, jonka päästä työntyy kaksi yhtä pitkää sor- mentapaista uloketta. Usein näiden kahden haaran väliin muodostuu kol- mas lyhyempi sarvi (kuva 10). Jokaisen sarven päässä on hengitysaukko. Munan pinta, paitsi kaula, koostuu kuusikulmaisista, verkkomaisista so- luista. Näiden solujen seinät ovat varsin paksut ja niissä on pisteitä. (Per- dikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40.)

Macrolophus pygmaeuksen lähisukuisen lajin *M. caliginosuksen* hedel- möittyneiden munien on huomattu imevän vettä itseensä ympäröivästä kasvisolukosta, erityisesti viiden ensimmäisen päivän aikana muninnan jälkeen (Constant, Grenier & Bonnot 1994, 189 - 198).



Kuva 10. Kaavakuva *Macrolophus pygmaeuksen* munasta (Perdikis & Lykouressis 2000b, 32 - 40).

2.6 *Macrolophus*-petoluteen käyttö kasvihuoneissa

Macrolophus pygmaeuksella kestää kehittyä munasta aikuiseksi noin 25 päivää 20 °C:ssa ja 20 päivää 30 °C:ssa. Siksi luteet pitäisi vapauttaa kas-

vihuoneeseen aikaisin kasvukaudella, varsinkin kun niillä on kyky pärjätä ja kehittyä vaikka saalista ei olisi. (Perdikis ym. 1999, 281 - 289.)

Luteiden kehitysvaihe vaikuttaa saalistukseen. Naaraat ja 5. asteen toukat saalistavat eniten. Yleisesti, mitä suurempi toukka, sitä enemmän se saalisti. Saalistusmäärän mukaan aikuiset ja toukat voidaan jakaa kolmeen ryhmään: naaraat ja viidennen asteen toukat ovat ensimmäisessä ryhmässä, koska ne ovat tehokkaimpia saalistuksessa. Neljäs toukka-aste, koiraat ja kolmas toukka-aste ovat toisessa ryhmässä ja toinen sekä ensimmäinen toukka-aste ovat kolmannessa ryhmässä, koska ne saalistavat vähiten. (Perdikis ym. 1999, 281 - 289.)

2.7 Valojakson vaikutus *Macrolophus*-petoluteisiin

Hamdan (2006, 135 - 146) havaitsi, että päivänpituudella ei ollut vaikutusta *M. caliginosuksen* toukkien kuolleisuuteen, kehitysnopeuteen tai aikuisten elinikään. Pimeys ei vaikuttanut kielteisesti luteiden saalistukseen, mutta huomattiin, että kun valojakso lyheni, luteet söivät enemmän tarjolla ollutta saalista.

Macrolophus pygmaeuksen lähilaji *M. caliginosuksesta* on havaittu, että aikuiset voivat paritella ja munia sekä ne saalistavat jopa täysin pimeässä, mutta munien kehittyminen ja kuoriutuminen vaatii pitkäpäiväkäsittelyn (L:16, D:8). (Hamdan 2006, 135 - 146.)

2.8 Valo-olosuhteet

Kesällä, kun on kirkasta, luonnonvalon intensiteetti on jopa $1500 - 2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ eli mikromoolia sekunnissa neliömetrille. Talvisin valon määrä on parhaimmillaan tekovaloilla tuotettuna noin $350 \mu\text{mol}$. Talvisin kasvien saamasta valosta 90 % on tekovaloilla tuotettua. Suurpainenatriumlampuilla pystytään tuottamaan edullisesti se määrä fotoneja (Vänninen 2011, 14 - 15) eli valon energiayksikköjä (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 298), mitä kasvit tarvitsevat (Vänninen 2011, 14 - 15). Kun taas loisteputkien valon spektri ovat sopivampi kasvien kannalta (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 184 - 188). Tekovalon avulla on vaikea päästä samoihin valomääriin kuin mitä luonnonvalosta saa (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 184 - 188).

Suurpainenatriumlampuista saatava valo poikkeaa luonnonvalosta niin valon määrän kuin laadunkin suhteen. Lamput jopa houkuttelevat torjuntaeliöitä, jolloin ne kuolevat lamppujen kuumuuteen lentäessään niihin. Tosin ei tiedetä, miten paljon tämänkaltaiset kuolemat laskevat torjuntaeliökantaa. Se vaatisi lisätutkimuksia. (Vänninen 2005, 6 - 7.)

Punainen ja pitkäaaltoinen punainen valo ovat kasvien kehityksen kannalta tärkeitä. Punaisen valon aallonpituus on 650 - 680 nanometriä ja pitkäaaltoisen punaisen 710 - 740 nanometriä. (Raukko 2006, 4 - 5.) Päivänvalossa punaisen ja kaukopunaisen valon suhde on suunnilleen sama, mutta tal-

visin kaukopunaisen määrä kasvaa verrattuna punaiseen valoon. Eri lampputyyppien välillä on eroja siinä, miten paljon ne säteilevät punaista tai kaukopunaista. Myös sininen valo on kasvien kasvun, erityisesti varren kasvun, kannalta tärkeää (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 41 - 43) ja sinisen valon aallonpituus on 400 - 500 nanometriä (Raukko 2006, 4 - 5). Joihinkin suurpainenatriumlamppuihin on pyritty lisäämään sinistä valoa. Tosin sinisen valon vaikutuksesta tiedetään vähemmän verrattuna punaiseen ja siitä johtuu käytännön sovellusten vähyys sen suhteen. (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 41 - 43.)

Tomaatin normaali valotusaika kasvihuoneissa on enintään 18 tuntia valoa vuorokaudessa ja pimeäjakso ainakin kuusi tuntia, jotta välttytään klooroosivaurioilta (Murmman 1988, 54). Kloroosilla tarkoitetaan kasvien lehtivihreän hajoamista, jolloin muodostuu kellertäviä ja palaneennäköisiä laikkuja (Tehokkaasti kasvihuoneesta 1997, 43).

Voimakas tekovalo ei välttämättä takaa petoluteiden (*Macrolophus*) normaalia toimintaa pimeinä kuukausina. On oletettu, että tekovalo ei ole riittävän voimakasta tai sen aallonpituusjakauma ei vastaa sitä mitä luteet tarvitsisivat. Luonnonvaloa ei ole tarpeeksi päivisin, että torjuntaeliöiden tarvitsemat valo-olosuhteet täyttyisivät. (Vänninen 2005, 6 - 7.)

On tutkittu, että hyönteisten verkkosilmät havaitsevat aallonpituudet UV-valosta punaiseen valoon. Ne pystyvät myös havaitsemaan värejä, muotoja, kuvioita, kontrasteja ja liikettä. Tutkituista hyönteisistä suurimmalla osalla on kolmentyyppisiä valoon reagoivia aistinsoluja, joista yksi reagoi UV-valoon (350 nm), toinen reagoi vihreään valoon (540 nm) ja kolmas siniseen valoon (440 nm). Tosin niveljalkaisten hyötyeliöiden valoaisiolujen reagoitiherkyydestä eri valonspektreihin tiedetään vielä varsin vähän. (Johansen, Vänninen, Pinto, Nissinen & Shipp 2011, 1 - 27.)

Sinisen lisävalon käyttöä on tutkittu toisella petoludelajilla *Orius insidiosuksella*. *O. insidiosuksella* on taipumus mennä diapaussiin eli lepotilaan, jonka avulla eläin pystyy selviytymään, kun olosuhteet ovat sille epäedulliset. Muutokset päivänpituudessa, lämpötilassa, kosteudessa ja ravinnon laadussa käynnistävät diapaussin. Tyypillistä diapaussille on aineenvaihdunnan hidastuminen, sukupuolirauhasten inaktiivisuus, hormonaaliset muutokset ja syömättömyys. Diapaussin syvyys riippuu eläinlajista. Diapaussia tavataan erityisesti niveljalkaisilla hyönteisillä. (Tirri ym. 2001, 109.)

Stackin ja Drummondin (1997, 59 - 65) kokeen ensimmäisessä osassa huomattiin, että noin 75 % *O. insidiosuksen* paritelleista naaraista lisääntyi, jos valotuksessa käytettiin sinistä lisävaloa. Jos sinistä lisävaloa ei annettu, yli 50 % naaraista siirtyi diapaussiin. Kokeen toisessa osassa *Orius insidiosuksen* kaikki kehitysvaiheet altistettiin siniselle valolle eri lämpötiloissa (18 - 29 °C) ja 90 % paritelleista naaraista lisääntyi kaikissa testatuissa lämpötiloissa. Tämä koe osoittaa, että sinisen lisävalon käytöllä on potentiaalia parantaa *O. insidiosuksen* lisääntymistä lyhyessä päivässä se-

Valonlaadun ja päivänpituuden vaikutus *Macrolophus*-petoluteen kehitysnopeuteen, lisääntymiseen ja elinikään

kä tämä tulos voi auttaa niissä ongelmissa, joihin törmätään talvisin biologisessa torjunnassa kasvihuoneissa.

3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

Kolmiosaisen kokeen avulla selvitettiin miten eri valojaksot ja erilaiset lamput vaikuttavat petoluteen elinkiertoon. Kokeissa pyrittiin selvittämään, löydetäänkö valojaksojen ja valonlähteiden väliltä eroja.

3.1 Kasvatus

Ennen kokeen alkua kasvatettiin petoludekantaa koetta varten. Aloitusyksilöt oli tilattu etukäteen Biotus OY:ltä. Kanta kasvatettiin ikkunattomassa laboratoriossa (laboratorioon ei tule päivänvaloa mistään). Laboratoriossa oli kasvatushäkkiä alueella lämpötila keskimäärin 23,8 °C ja kosteus oli keskimäärin 48,4 % (24.8. - 19.10.2011) ja kasvatuslaatikkojen alueella lämpötila oli keskimäärin 27,1 °C ja kosteus keskimäärin 38,7 % (24.8. - 19.10.2011). Niin kasvatushäkit ($180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ja kasvatuslaatikot olivat lamppujen alla, joiden valotaso oli säädetty noin $160 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

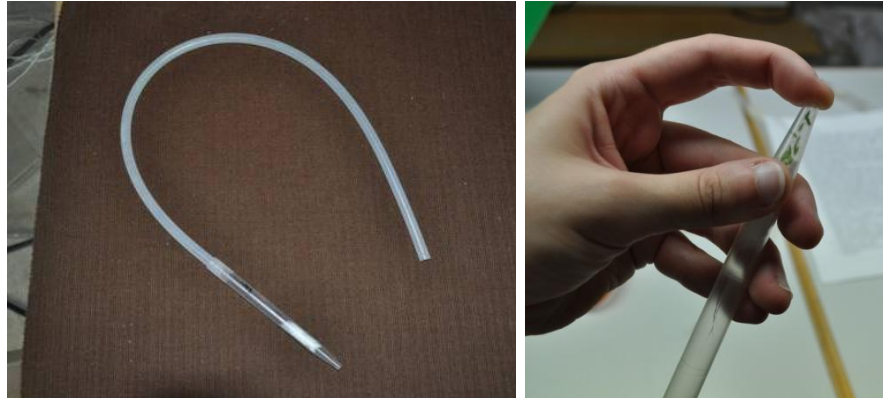
Luteita varten tarvittiin uusi häkki (kuva 11), joka haettiin pakkasesta (-20 °C). Aikuisia varten tarvittiin tupakan taimi ja toukkia varten tupakan lehtiä. Taimi ja lehdet oli haettava kasvihuoneesta ennen muualle menoa, että *Macrolophukset* eivät leviä muihin kasvihuonekokeisiin. Häkki puhdistettiin roskista.

Aikuiset petoluteet laitettiin edellä mainittuun kasvatushäkkiin (33 x 33 x 60 cm), jonne laitettiin noin 30 cm:n korkuinen tupakantaimi (*Nicotiana tabaccum*) lehdet sumutettiin ja lehdille lisättiin jauhokoisan (*Ephestia kuehniella*) munia 1,5 teelusikallista. Luteet saivat munia lehdille kaksi päivää, jonka jälkeen ne siirrettiin uuteen häkkiin.



Kuva 11. *Macrolophusten* kasvatushäkki ja häkin sivussa on käsihukka (Hellgrén 2011).

Uuteen häkkiin laitettiin taimi ja taimelle ruokaa. Häkkien suut laitettiin yhteen ja vanhan häkin taimea ravistettiin nopeasti uuden häkin puolella. Taimea pidettiin käsisukan kautta. Kun ravistus oli tehty, taimi laitettiin takaisin vanhaan häkkiin ja luukut laitettiin kiinni. Vanhaan häkkiin jäi ravistelusta huolimatta aikuisia, ne kerättiin aspiraattorin avulla (kuva 12). Luteet siirrettiin uuteen häkkiin ja lopuksi häkkiin merkittiin siirtopäivämäärä.



Kuva 12. Vasemmalla aspiraattori ja oikealla aspiraattorin kärkeen kerättyjä luteita (Hellgrén 2011).

Aikuisten siirto tehtiin joka toinen päivä. Niille laitettiin aina uusi taimi ja ruoka. Kun aikuisia yksilöitä oli yli 300, taimia tarvittiin kaksi. Kun ludepopulaatio nousi yli 600 yksilön, uuteen häkkiin lisättiin vain muutamia kymmeniä luteita. Määrä arvioitiin sen perusteella, kuinka pieneltä tai isolta häkissä sillä hetkellä ollut populaatio näytti.

Kymmenen päivää häkissä ollut eli vanhimman häkin taimi siirrettiin kasvatuslaatikkoon (24 x 18 x 7 cm) (kuva 13) munien kuoriutumista varten. Laatikon pohjalle laitettiin ensin 2 dl tattarinkuorirouhetta. Taimi leikattiin juurentyvestä poikki ja pienempiin osiin, että se mahtui laatikkoon. Lehdille laitettiin kuoriutuvia toukkia varten $\frac{1}{4}$ teelusikallinen *Ephestian* muna. Laatikkoon merkittiin päivämäärä, jolloin taimi sinne siirrettiin. Kasvatushäkki, josta taimi leikattiin kasvatuslaatikkoon, pakastettiin seuraavaa hoitokertaa varten, jolloin siitä tuli uusi häkki, jonne aikuiset siirrettiin.



Kuva 13. Kasvatuslaatikko, johon on leikattu tupakantaimi ja pohjalle on laitettu tatarinkuorirouhetta (Hellgrén 2011).

Kasvatuslaatikoissa oleville toukille laitettiin yksi uusi lehti (pituus noin 15 cm) ja ruokaa joka toinen päivä. Ruokaa lisättiin toukkien kasvaessa: pienille toukille $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ tl, isoille $\frac{3}{4}$ ja 1 tl, jos toukkia oli todella paljon. Vanhimmat kasvatuslaatikot tarkastettiin aikuisten varalta. Jos laatikoissa oli aikuisia, ne kerättiin kylmiössä (+4 °C) aspiraattorilla purkkiin (kuva 14), josta ne siirrettiin uusimpaan kasvatushäkkiin muiden aikuisten kanssa. Keräys tehtiin kylmiössä, koska kylmä inaktivoi luteet ja ne oli näin helpompi kerätä. Luteet kerättiin purkkiin ja laskettiin samalla. Kerätyt luteet lisättiin uusimpaan häkkiin käsisukan kautta muiden aikuisten kanssa. Jos kasvatuslaatikossa ei ollut enää ludeyksilöitä keräyksen jälkeen, laatikko voitiin tyhjentää ja pakastaa uutta käyttökertaa varten (liite 1). Häkkien taimet kasteltiin hoitotoimenpiteiden yhteydessä.



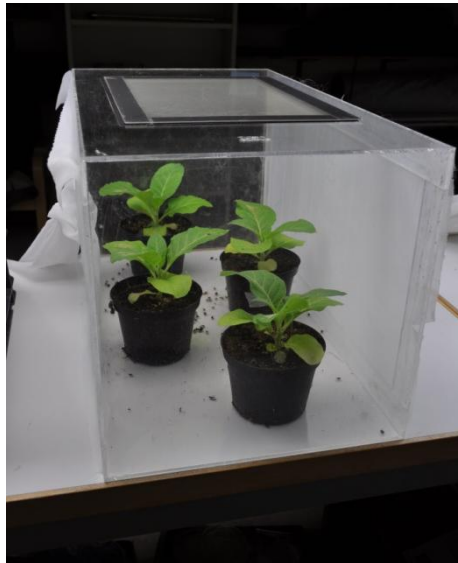
Kuva 14. Luteiden keräyspurkki (Hellgrén 2011).

3.2 Kokeen aloitus

Kasvatuslaatikoista kerättiin kaikki aikuiset pois (11.9.) seuraavaa päivää varten, jolloin tarkoitus oli saada alle 24 tunnin ikäisiä aikuisia paritteluun. Seuraavana päivänä (12.9.) kerättiin kaikki nuoret aikuiset ja ne laitettiin toukkakasvatuslaatikkoon. Laatikossa oli 2 dl tattarikuorirouhetta, tupakanlehti ja 1 tl *Ephestian* munia. Tämä toistettiin kolmena päivänä peräkkäin.

Aikuiset saivat olla laatikoissa seitsemän päivää, jonka jälkeen ne käytettiin ensimmäisen koesukupolven munitukseen. Ensimmäisenä kerätty laatikko (12.9.) tyhjennettiin ensimmäisenä (19.9.) Laatikko vietiin kylmiöön 4 °C:een 20 minuutiksi, jotta siirto olisi helpompaa.

Siirtoa varten tarvittiin pakastettu häkki. Pakastus siksi, että häkki olisi puhdas. Häkkiin laitettiin neljä kuusilehtivaiheessa olevaa tupakantainta (kuva 15), joiden lehdet sumutettiin ja taimen lehdille siroteltiin *Ephestian* munia ¼ tl tainta kohti. Taimet eivät saaneet koskettaa toisiaan. Taimiin merkittiin kammion tunnus ja taimet aseteltiin häkkiin eri järjestyksessä eri kerroilla, että aikuiset hakeutuisivat tasaisemmin munimaan kaikille taimille eikä vain suuaukon luo. Tarkoitus oli saada joka taimelle tasaisesti naaraita munimaan.



Kuva 15. Kasvatushäkki, jonne on lisätty naaraita munimaan (Hellgrén 2011).

Kun kasvatuslaatikko oli ollut kylmiössä tarpeeksi kauan, otettiin se sieltä pois, laatikossa olevat tupakanlehdet käärittiin rullalle, laitettiin häkin sisään käsisukan kautta ja lehdet ravisteltiin, jotta niissä olleet aikuiset tipuisivat häkkiin. Kasvatuslaatikkoon jääneet aikuiset kerättiin aspiraattorilla ja puhallettiin eripuolille häkkiä. Kasvatuslaatikkoon kuolleet yksilöt laskettiin. Häkki laitettiin päivänvaloloisteputkien alle ikkunattomaan laboratoriotilaan (ei yhteyttä luonnon valoon). Naaraat saivat munia vuorokauden ajan. Seuraavana päivänä (20.9) aikuiset kerättiin häkistä (12.9) pois ja pakastettiin.

13.9. ja 14.9. kerätyt aikuiset siirrettiin häkkiin edellämainitulla tavalla päivän välein ja poistettiin seuraavana päivänä niin kuin edellä. Kun kaikista kolmesta häkistä oli kerätty aikuiset pois, häkit jätettiin valojen alle.

3.3 Käsittelyt

Tutkimus toteutettiin valojaksokokeena kasvatuskaapeissa (kammioissa) (kuva 16), joissa voitiin säätää olosuhteet halutunlaisiksi. Kokeessa oli kolme eri valojaksoa ja kahta eri valoa: päivänvaloloisteputket ja suurpainenatriumlamput (Philips Master TL-D Super 80 36 W/865) (taulukko 1).



Kuva 16. Kasvatuskaappi (Hellgrén 2011).

Taulukko 1. Kammioiden käsittelyt

| | Valojen oloaika | päällä- | Valojakso | Lamppu |
|-----------------|----------------------------|----------------|------------------|-------------------------------|
| Kammio 1 | 03:00 - 19:00 | | 16:8 | suurpainenatrium (HPS) |
| Kammio 2 | 7:30 - 15:30 | | 8:16 | suurpainenatrium (HPS) |
| Kammio 3 | 06:00 - 17:00 | | 11:13 | suurpainenatrium (HPS) |
| Kammio 4 | 05:00 - 21:00 | | 16:8 | päivänvaloloisteputki (FL) |

Nämä, valotusjaksot oli valittu kirjallisuuden perusteella, jotta olisi tuloksia joihin verrata (Perdikis ym. 2004, 1137 - 1144).

Valonintensiteettitasotavoite oli $180 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ kammioiden ruuduissa. Intensiteettitasot mitattiin etukäteen ennen kokeen alkua PAR-mittarilla (Skye PAR-mittari) (kuva 17).



Kuva 17. PAR- mittari, jolla mitattiin valon intensiteettiä (Hellgrén 2011).

Kokeessa oli kolme osaa: kehitysnopeus, fekunditeetti eli naaraan elinai- kana munimien munien määrä ja pitkäikäisyys sekä toukkien kuoriutumis- prosentti. Kaikkiin kammioihin laitettiin ruudukot, joissa oli 28 ruutua ja joka ruutuun tuli yksi petrimalja.

Kehitysnopeusosiossa joka kammioon laitettiin 28 maljaa, joissa jokaisella oli yksi ensimmäisessä kehitysvaiheessa oleva nymfi. Maljoilla olevia nymfejä seurattiin niin kauan kunnes ne saavuttivat aikuisuuden.

Pitkäikäisyys- ja fekunditeettiosiossa jokaisessa kasvatuskaapissa oli 28 petrimaljaa, joilla jokaisella oli yksi naaras ja alussa koiras parittelun ta- kia. Naaraiden munintamäärää seurattiin ja samalla mitattiin niiden pit- käikäisyys eli maljat tarkastettiin siihen asti kunnes naaras kuoli.

Kuoriutumisprosenttiosiossa kasvatuskaapeissa oli kuusi tainta, joista jo- kaisella oli 5 naarasta pussitettuna yhdelle lehdelle. Naaraat saivat munia taimille kaksi päivää, jonka jälkeen ne poistettiin. Tämän jälkeen odotet- tiin, että toukat alkoivat kuoriutua. Ne kerättiin ja laskettiin, jonka jälkeen taimien pussitetut lehdet värjättiin ja niiltä laskettiin munankuorten määrä, jota verrattiin kuoriutuneiden toukkien määrään.

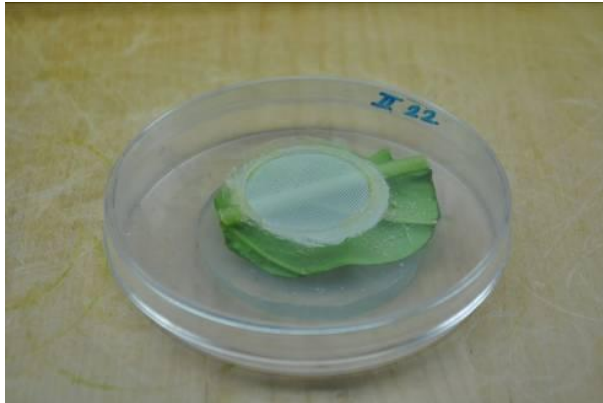
Maljoja käsiteltiin ruokintojen ja lehtikiekkojenvaihtojen yhteydessä kyl- miössä tai mikroskoopin alla, jolloin ne oli poistettava hetkeksi kammiois- ta.

Ennen kun maljat otettiin kammioista, oli tarkastettava tietokoneelta ja lai- tettava ylös kammioiden lämpötilat ja kosteudet. Kammioiden lämpötilat oli säädetty 25 °C ja kosteus 70 %.

3.4 Kehitysnopeus

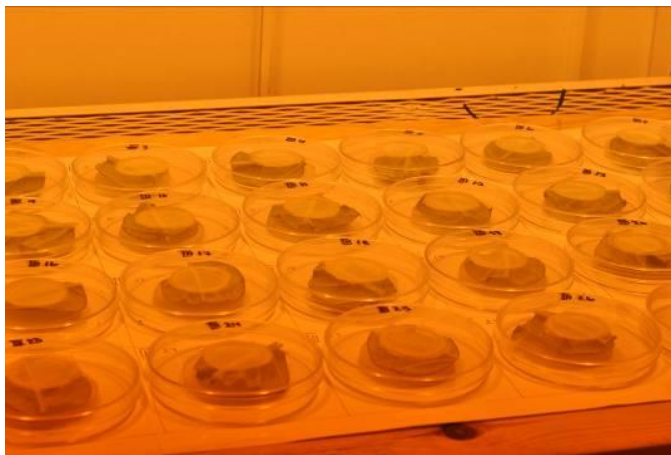
Tähän kokeen osaan toukat kerättiin kasvatushäkistä, jossa munitus tapah- tui 19.9. Taimet tarkastettiin joka päivä toukkien varalta. Toukat kuoriu- tuivat 30.9 ja 1.10. Toukkia varten tehtiin agar-maljat (kuva 18) (agar- kiekon paksuus 4 mm). Petrimaljalle (halkaisija 9 cm) leikattiin agar- ja tupakanlehtikiekko (läpimitoiltaan 5 cm ja lehtikiekon pääsuonen paksuus

vähintään 2 mm) ja laitettiin spaatelillinen *Ephestian* munia. Maljan kanssa oli ilmanvaihtoreikä (läpimitaltaan 2 cm).



Kuva 18. Valmis petrimalja, jossa on leikattu agar- ja tupakanlehtikieliekkö sekä *Ephestian* munia (Hellgrén 2011).

Toukat kerättiin taimilta kostutetun pensselin avulla. Häkissä oli neljä tainta, jotka oli numeroitu. Taimelta 1 kerättiin toukat kammioon 1, taimelta 2 kerättiin kammioon 2 jne. Kun maljalle oli saatu toukka, malja numeroitiin. Kammion numero merkittiin I-VI ja toukan järjestysnumero 1 - 28 esim. kammioon 2 laitettu 15. toukka merkittiin II 15. Kammioissa oli ruudukot, jotka oli numeroitu 1 - 28 ja toukkamalja asetettiin sille merkitylle paikalle (kuva 19).



Kuva 19. Maljoja kammion sisällä ruudukolla (Hellgrén 2011).

Toukkia siirrettiin kahtena peräkkäisenä päivänä, koska ensimmäisenä päivänä ei kuoriutunut tarpeeksi siirrettäviä toukkia.

Koska toukkia ei enää tarvittu maljoille, häkeissä olevat taimet leikattiin toukkakasvatuslaatikoihin. Häkkien 19.9., 20.9. ja 21.9. taimet, jotka oli merkattu numerolla 1, laitettiin kammioon 1. Taimet, jotka oli merkitty numerolla 2, laitettiin kammioon 2 jne. Taimista odotettiin toukkien kuoriutuvan ja aikuistuvan, jotta aikuisista voitiin muodostaa parit fekundi-teettiosiota varten.

Kaikkien kammioiden toukat tarkastettiin joka päivä aikuistumiseen asti: tarkastuksen yhteydessä katsottiin, että toukka oli kunnossa ja oliko se luonut nahkansa (kuva 20). Kun nahka löytyi, toukka oli siirtynyt seuraavaan toukkavaiheeseen. Kun toukka oli saavuttanut aikuisiän, aikuinen pakastettiin ja siitä tarkistettiin sukupuoli. Toukat annettiin ruoaksi yksi spaatelillinen *Ephestian* munia kahden päivän välein ja lehtiekko sekä agar-malja uusittiin neljän päivän välein kosteuden ylläpitämiseksi (taulukko 2).



Kuva 20. Nahka, joka jää jäljelle kun toukka siirtyy edellisestä kehitysvaiheesta seuraavaan (Hellgrén 2011).

Taulukko 2. Toukkien kiekkojenvaihto-, ruokinta- ja tarkastusaikataulumalli

| | 2.10 | 3.10 | 4.10 | 5.10 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Kiekkojen vaihto | IV | I | II | III |
| Ruokinta | II | III | IV | I |
| Tarkastus | I, III | II, IV | I, III | II, IV |

3.5 Fekunditeetti

Joka kammiossa oli kolme toukkakasvatuslaatikkoa. Kasvatuslaatikot tarkastettiin ensimmäisen kerran, kun toukkamaljoilta alkoi löytyä aikuisia. Silloin myös oli oletettavaa, että laatikoistakin alkoi niitä löytyä. Kasvatuslaatikot tarkastettiin joka päivä siitä lähtien aikuisten varalta. Aikuiset kerättiin kylmiössä aspirattorilla kasvatuslaatikosta lasiputkiin, jotka tukittiin pumpulitupolla (kuva 21). Sukupuoli tarkastettiin mikroskoopilla.



Kuva 21. Lasiputkiin kerättyjä aikuisia (Hellgrén 2011).

Parille tehtiin malja samalla tavalla kuin toukillekin, mutta *Ephestian* muna laitettiin kaksi spaatelillista. Agar-kiekkopiti petrimaljan kosteutta yllä. Maljan kanta raotettiin hieman ja aikuiset kopautettiin lasiputkista maljalle ja kansi laitettiin kiinni. Malja numeroitiin vastaavalla tavalla kuin toukkakehityskokeessa ja vietiin kammioon. Aikuisia fekunditeettikokeeseen kerättiin kaikista saman kammion toukkakasvatuslaatikoista. Loput aikuisista käytettiin kuoriutumisprosenttikokeessa.

Kun naaras ja koiras olivat paritelleet maljalla seitsemän päivää tai niin kauan kunnes naaras aloitti muninnan (maksimissaan 10 päivää), koiraat poistettiin maljoilta.

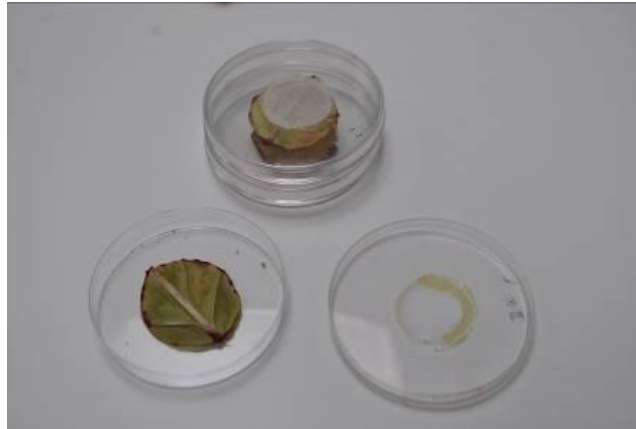
Maljojen lehtikiekkot vaihdettiin ja naaraat ruokittiin neljän päivän välein. Joka päivä vaihdettiin kiekkot eri kammioon ja kun kaikki kammiot oli käyty läpi, kierros alkoi taas alusta (taulukko 3). Lehtikiekkojen vaihto aloitettiin maljojen valmistuksella. Sen jälkeen vietiin uudet sekä naarat sisältävät maljat kylmiöön. Raotettiin maljan kanta ja poimittiin naaras varovasti aspiraattoriin. Otettiin uusi malja ja vanhan maljan kansi. Laitettiin kansi maljalle, raotettiin hieman, kopautettiin naaras aspiraattorista maljalle ja suljettiin kansi. Merkittiin vanhaan maljaan vaihdettuun uuteen kanteen, mistä naaraasta oli kyse. Kun kaikki maljat oli vaihdettu, maljat vietiin takaisin kammioihin omille paikoilleen (liite 2).

Taulukko 3. Naaraiden kiekkojenvaihto-, ruokinta- ja tarkastusaikataulumalli

| | 22.10 | 23.10 | 24.10 | 25.10 |
|-------------------------|---------|-------|---------|-------|
| Kiekkojen vaihto | I | IV | II | III |
| Ruokinta | II | III | I | IV |
| Tarkastus | III, IV | I, II | III, IV | I, II |

Maljojen lehtikiekkot värjättiin (kuva 22) ja niiltä laskettiin naaraan munimat munat. Lehtikiekkot värjättiin punaisella väriaineella, safraniinilla. Safraniiniliuoksen sekoitussuhde oli seitsemän grammaa safraniinia yhteen litraan absoluuttista etanolia

Kiekkoja uitettiin safraniini-liuoksessa kaksi minuuttia ja sen jälkeen ylimääräinen väriaine huuhdeltiin pois. Safraniini värjäsi munan suuaukon ja hengityssarvet vaaleanpunaisiksi, koska muuten munia olisi ollut lähes mahdoton erottaa, sillä ne olivat luonnostaan samanvärisiä kuin kasvisolukko, johon ne munittiin. Kiekot kuivattiin hellästi, jonka jälkeen aloitettiin munien laskenta. Laskenta suoritettiin stereomikroskoopilla ja löydetyt munat merkittiin permanenttiusalla lehdelle. Tämä helpotti laskentaa. Munien määrät kerättiin niille tarkoitetulle lomakkeelle.



Kuva 22. Värjätty lehtikiikko, jolta laskettiin naaraan neljän päivän aikana munimat munat (Hellgrén 2011).

3.6 Toukkien kuoriutumisprosentti

Aikuiset saivat paritella kasvatuslaatikossa noin seitsemän päivää (7 - 12 päivää), jonka jälkeen laatikosta otettiin naaraat munitukseen. Paritteluai-ka määräytyi kuoriutumishuipun mukaan. Eri kammioiden aikuiset kuoriu-
tuivat eri aikoihin.

Naaraat kerättiin kammioissa olevista parittelulaatikoista. Joka kammiota kohti oli yksi laatikko. Naaraita kerättiin lasiputkiin ja tarkastettiin mikro-
skoopilla, että sukupuoli oli oikea. Kun oli saatu kasaan 30 naarasta, aloi-
tettiin pussitus.

Joka kammioon tuli kuusi 6-lehtivaiheessa olevaa tainta. Taimien neljän-
nelle kasvulehdelle alhaaltapäin laitettiin *Ephestian* munia $\frac{1}{3}$ tl/lehti ja sen
jälkeen lehti laitettiin kangaspussin sisään. Pussiin laitettiin viisi naarasta.
Naarat otettiin lasiputkista aspiraattorin kärkeen ja kopisteltiin pussin si-
sälle. Pussin suu suljettiin tiukasti, mutta niin että lehti ei menisi poikki
(kuva 23).



Kuva 23. Naaraat pussitettu tupakantaimen lehdelle (Hellgrén 2011).

Naaraat saivat munia lehdille 48 tuntia, jonka jälkeen ne poistettiin. Taimet haettiin kammioista yksi kammio kerrallaan. Taimia ei viety kylmiöön. Taimi kerrallaan, pussin suu avattiin ja varovasti pussin suuta raotettiin ja naaraat kerättiin aspiraattoriin ja siitä lasiputkiin. Kun naaraat olivat lasiputkissa, voitiin varmistaa, että kaikki oli kerätty pois. Kun kaikki naaraat oli kerätty, ne pakastettiin ja taimet vietiin takaisin kammioihin. Tämä vaihe toistettiin muissakin kammioissa, jonka jälkeen odotettiin toukkien kuoriutumista. Siihen meni noin kymmenen päivää.

Yhdeksän päivää munituksen jälkeen taimet leikattiin ja laitettiin kasvatuslaatikoihin. Yhteen laatikkoon tuli kaksi tainta: taimet 1 ja 2, 3 ja 4 sekä 5 ja 6. Laatikot olivat kasvatuskaapeissa ja niitä seurattiin siihen asti, että toukat alkoivat aikuistua.

Aikuisen kerättiin kuten edellä on kuvattu, sukupuolet tarkastettiin mikroskoopilla, ja merkittiin muistiin. Kun tarkastus oli tehty, aikuiset laitettiin uuteen kasvatuslaatikkoon parittelemaan. Kun viimeisenä kerätyt aikuiset olivat paritelleet kolme päivää, laatikoista kerättiin jälleen 30 naarasta. Tämä keräys toistettiin, koska edellisenä vuonna koe tehtiin toisen sukupolven aikuisista, niin myös tänä vuonna. Munitus tupakan taimien 4. kasvulehdelle toistettiin samalla tavalla, kun on kuvattu edellä.

Taimet saivat olla kammioissa niin kauan, että toukkia alkoi kuoriutua. Ensimmäiset toukat kuoriutuivat yhdeksän päivää sen jälkeen, kun naaraat poistettiin pusseista. Kuoriutuvat toukat kerättiin päivittäin niin kauan kuin niitä kuoriutui. Taimet otettiin yksitellen tarkastukseen, löytyneet toukat kerättiin kostutetulla pensselillä pieneen muovipulloon, jossa oli viinaa ja laskettiin samalla.

Toukkia kerättiin kaikista kammioista kuusi päivää. Kun toukkia ei enää kuoriutunut, taimet laitettiin kylmiöön ja niistä laskettiin munankuorten määrä. Taimesta leikattiin se lehti, jolla naarat olivat pussitettuna. Lehti värjättiin safraniiniliuoksella kolme minuuttia ja sen jälkeen laskettiin kaikki löytyneet munat sekä kuoriutuneet että kuoriutumattomat. Kuoriu-

tumisprosentti laskettiin vertaamalla kuoriutuneiden toukkien määrää leh-diltä löytyneisiin munankuorten määrään.

3.7 Analysointi

Analysointiohjelmana oli IBM SPSS Statistics 20. Aineiston analysointiin käytettiin yksisuuntaista varianssianalyysia (Oneway-ANOVA). Post Hoc-testiin valittiin Tukey-menetelmä. Vastemuuttujina olivat kehitysnopeus eri nuoruusvaiheiden välillä sekä toukkakehityksen kokonaisaika (päivää), munittujen munien määrä (kappaletta) ja kokonaiselinikä (päivää) ja luokittelevina muuttujina olivat kammiot

Tukey-menetelmällä testattiin onko analysoitavissa suureissa merkitsevyyseroja eri käsittelyjen välillä. Merkitsevä tulos oli välillä 0,05 - 0,01, hyvin merkitsevä välillä 0,01 - 0,001 ja erittäin merkitsevä $<0,001$.

Analyysiarvoista ilmoitetaan F-arvo (testisuure), df-arvo (vapausasteiden määrä) ja P-arvo eli tilastollinen merkitsevyys.

4 TULOKSET

Kasvatuskammioissa tehtyjen kokeiden tuloksia tarkastellaan luteiden kehitysnopeuden, fekunditeetin ja eliniän sekä kuoriutumisprosentin kannalta. Tulosten tarkastelu esitellään erillisessä kappaleessa, jossa vertaillaan kokeessa saatuja tuloksia alan muuhun kirjallisuuteen ja tutkimustuloksiin.

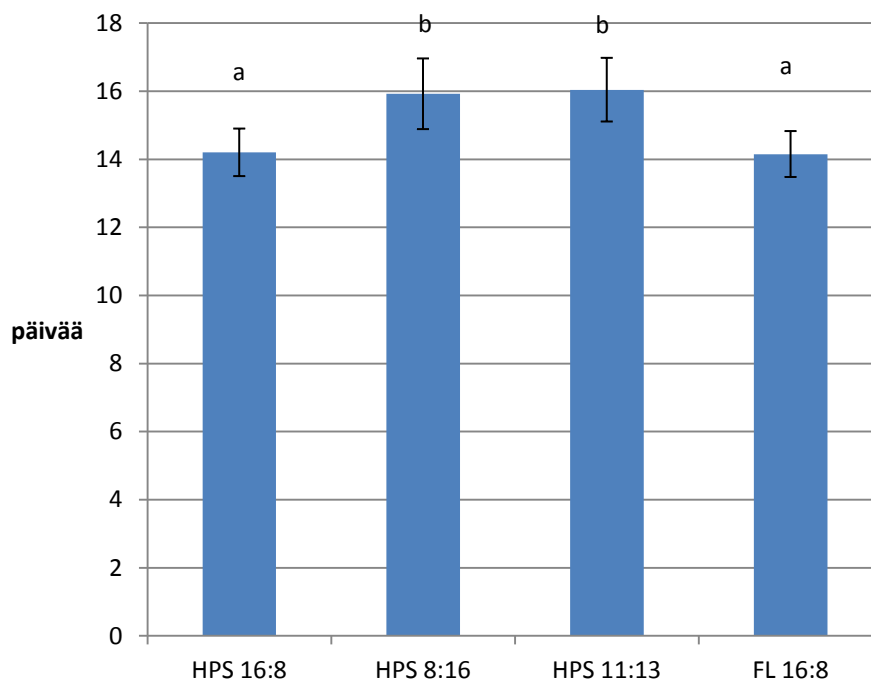
4.1 Kehitysnopeus

Kokeen ensimmäisessä osassa haluttiin selvittää kuinka kauan *Macrolophus pygmaeus* –nymfeillä eli toukilla kestää kehittyä ensimmäisen kehitysstadiin nymfistä aikuiseksi eri valojaksoissa (taulukko 4).

Taulukko 4. Keskimääräiset kehitysnopeudet ja sukupuolijakauma (N tarkoittaa nymfiä)

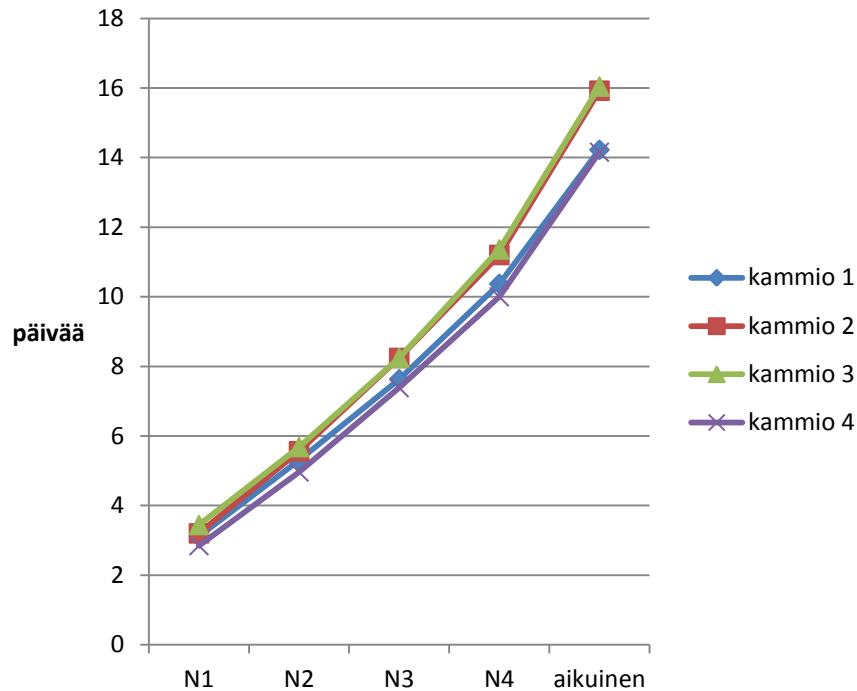
| | N1 vrk | N2 vrk | N3 vrk | N4 vrk | Aikuinen vrk | Kokonais- aika vrk |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|
| HPS 16:8 | 3,1 | 2,2 | 2,3 | 2,7 | 3,9 | 13,7 |
| HPS 8:16 | 3,2 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 4,7 | 14,2 |
| HPS 11:13 | 3,4 | 2,2 | 2,6 | 3,1 | 4,7 | 14,3 |
| FL 16:8 | 2,8 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | 4,2 | 14,2 |

Lyhimmillään kokonaiskehitysaika oli 13 päivää pitkässä päivässä suurpainenatriumlampuilla ja pisimmillään se oli 18 päivää lyhyissä päivissä.



Kuvio 1. Toukkien kokonaiskehitysajat (\pm keskihajonta) käsittelyittäin (HPS tarkoittaa suurpainenatriumlamppuja ja FL päivänvaloloisteputkilamppuja). Numerot osoittavat valojakson jakautumista valoisaan ja pimeään jaksoon. Pienet kirjaimet (a, b) tarkoittavat merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä.

Kammioiden välillä oli tilastollisesti merkittäviä eroja ($F= 38,565$, $df= 3$, 99 , $P<0,001$). Toukkien kokonaiskehitysaika erosi molemmissa 16:8 tunnin valojaksokäsittelyissä kehitysaikasta niin 8:16 että 11:13 tunnin valojaksoista, mutta 16:8 valojaksot eivät eronneet toisistaan (kuvio 1). Nopeimmin toukat kehittyivät aikuisiksi kammiossa, joissa oli pitkä päivä.



Kuvio 2. Kammioiden väliset toukkien nuoruusvaiheiden kehitysnopeudet (N tarkoittaa nymfiä)

Toukat kehittyivät aikuisiksi nopeimmin, kun valojakso oli 16:8 niin HPS- kuin FL-lampuilla. Näissä kammioissa valotukset vastasivat tomaatilla käytettyä valotusjaksoa (kuvio 2). Kehitys ensimmäisestä nuoruusvaiheesta aikuiseksi kesti pisimpään kammioissa, joissa oli lyhyt päivä.

4.2 Fekunditeetti ja elinikä

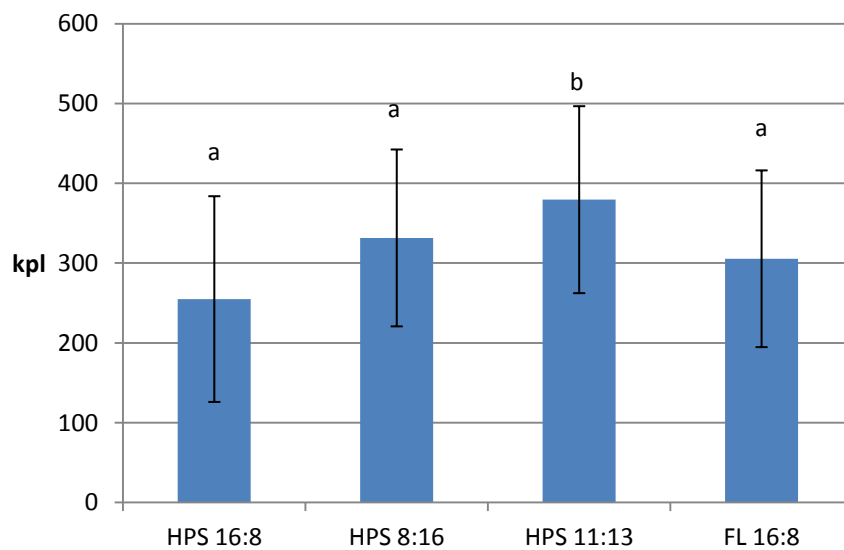
Kokeen toisessa osiossa selvitettiin kuinka monta munaa aikuinen *Macrolophus pygmaeus* -naaras munii elämänsä aikana sekä kuinka pitkään naaraat elävät eri valojaksoissa (taulukko 5).

Valonlaadun ja päivänpituuden vaikutus *Macrolophus*-petoluteen kehitysnopeuteen, lisääntymiseen ja elinikään

Taulukko 5. Keskimääräiset, pienimmät ja suurimmat munintamäärät sekä keskimääräiset, lyhimmat ja pisimmät eliniät kammioittain (HPS = suurpainenatriumlamppu ja FL= päivänvaloloisteputki)

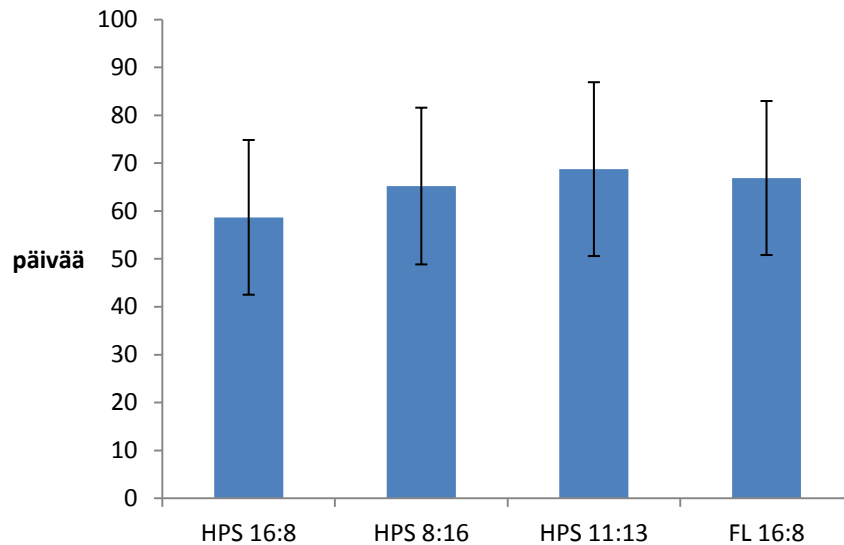
| | Munien koko- naismää- rä keski- määrin kpl | Pienin munin- tamäärä kpl | Suurin munin- tamäärä kpl | Kokonaise- linikä kes- kimäärin vrk | Ly- hin elin- ikä vrk | Pi- sin elin- ikä vrk |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| HPS 16:8 | 255 | 27 | 476 | 58,7 | 14 | 84 |
| HPS 8:16 | 332 | 130 | 522 | 65,2 | 28 | 82 |
| HPS 11:13 | 380 | 51 | 516 | 68,8 | 23 | 100 |
| FL 16:8 | 306 | 16 | 468 | 66,9 | 16 | 93 |

Suurimman munamäärän, jonka yksittäinen naaras muni, oli kammiossa, jossa valojakso oli 8:16 ja pienimmän määrän, kun valojakso oli FL 16:8. Pisin elinikä yksittäisellä naaraalla oli valojaksossa 11:13 ja lyhin valojaksossa HPS 16:8 (taulukko 5).



Kuvio 3. Naaraiden keskimääräinen, elinikäinen munamäärä (±keskihajonta) käsitteilyittäin (HPS eli suurpainenatriumlamppu ja FL päivänvaloloisteputki)

Käsittelyiden HPS 16:8 ja HPS 11:13 välillä oli merkitsevä ero ($F=5,511$, $df= 3, 108$, $P= ,001$). Suurimmat munamäärät munittiin kammioissa, joissa oli lyhyt päivä (8:16 ja 11:13) (kuvio 3).



Kuvio 4. Naaraiden keskimääräinen elinikä(±keskihajonta) käsittelyittäin

Eliniän pituudessa ei ollut merkitseviä eroja käsittelyiden välillä ($F=1,925$, $df=3, 108$, $P=0,130$). Silti keskimääräisesti pisimpään eli naaraat, kun valojakso oli 11:13 (kuvio 4).

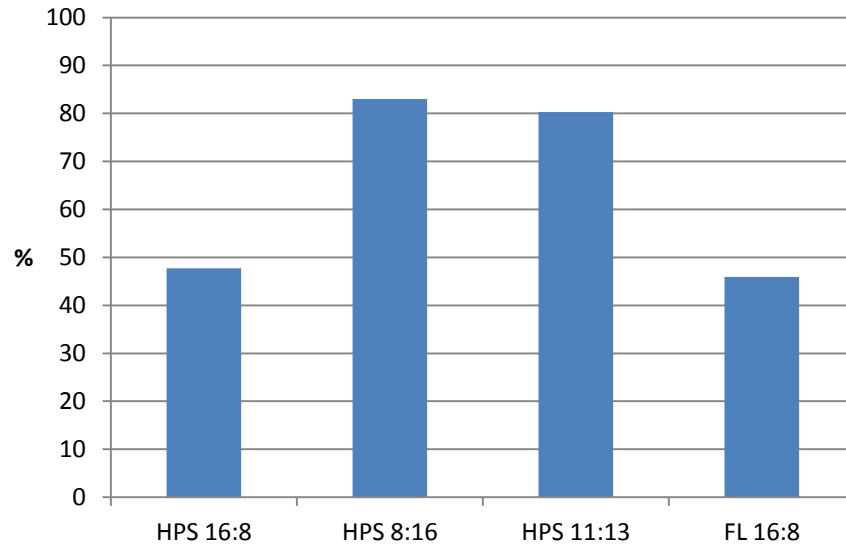
4.3 Kuoriutumisprosentti

Kokeen kolmannessa osiossa selvitettiin toukkien kuoriutumisprosentti, joka saatiin vertaamalla kuoriutuneiden toukkien määrää naaraiden munien munankuorten määrään (taulukko 6).

Taulukko 6. Kuoriutuneiden toukkien määrä verrattuna munankuorten määrään

| | Kuoriutuneet toukat kpl | Munan-kuoret kpl | Kuoriutumisprosentti % |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| HPS 16:8 | 175 | 368 | 47,5 |
| HPS 8:16 | 352 | 424 | 83 |
| HPS 11:13 | 294 | 366 | 80,3 |
| FL 16:8 | 85 | 165 | 45,9 |

Valojaksossa 11:13 kuoriutui prosentuaalisesti eniten toukkia ja valojaksossa 16:8 suurpainenaatriumlampuilla vähiten. Valojaksossa 16:8 päivänvaloloisteputkilla iso osa naaraista kuoli (30 naaraasta 16 kuoli) muninnan aikana tuntemattomasta syystä, jota ei saatu selville. Mitään järkevää syytä ei joukkokuolemille löytynyt. Taimet, joita kokeessa käytettiin, olivat samasta paikasta otettu ja samalla tavalla kasvatettu. Sumupullon vesi vaihdettiin ennen sumutusta ja taimilla oli ruokaa enemmän kun luteet tarvitsivat. Kammioiden olosuhteet ja kasvatuslaatikot olivat kunnossa. Laati-koissa ei ollut hometta eikä kuolleita luteita kuin ihan muutama yksilö. Siirtokin oli toteutettu samalla tavalla kuin edellisellä kerralla.



Kuvio 5. Toukkien kuoriutumisprosentti on laskettu kuoriutuneiden toukkien määrästä suhteessa naaraiden munimien munien määrään (HPS tarkoittaa suurpainenatriumlamppuja ja FL päivänvaloloisteputkia)

Parhaat kuoriutumistulokset olivat kammioissa, joissa käytettiin lyhyitä valojaksoja. Näissä kammioissa kuoriutui lähes tuplasti enemmän toukkia kuin kammioissa, joissa oli pitkä valojakso (kuvio 5).

5 TULOSTEN TARKASTELO

Tuloksia, joita tämän työn kokeissa on saatu, on verrattu muihin tutkimuksiin, joissa lämpötila ja valojakso ovat olleet samat. Lämpötila oli 25 °C ja valojakso 16:8, jos toisin ei mainita.

5.1 Kehitysnopeus

Kehitysnopeuskokeessa toukat kehittyivät aikuisiksi nopeimmin pitkissä valojaksoissa, noin 15 päivässä. Nämä valojaksot vastasivat tomaatilla käytettyä valotusjaksoa. Kokeessa saatu kokonaiskehitysajan tulos on samankaltainen kuin Perdikiksen ja Lykouressiksen (2000a, 55 - 60; 2002b, 661 - 667) kokeissa saadut tulokset. Koekasveina oli tupakan sijaan tomaatti ja munakoiso. Tomaatilla kehitysaika oli 17 päivää ja munakoisolla 15 - 17 päivää.

Myös yksittäisten kehitysvaiheiden kehitysaikojen tulokset tukevat jo aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia esimerkiksi Perdikis ja Lykouressis (2002b, 661 - 667) tekivät samankaltaisen kokeen tomaatilla, paprikalla ja munakoisolla ja kehitysajat olivat samanlaisia.

Muista koeosioista saadut tulokset eivät tukeneet kehitysnopeusosion tulosta. Muissa osioissa parhaat tulokset tulivat kammioista, joissa oli lyhyet valojaksot 8:16 ja 11:13.

Macrolophus pygmaeuksen saalistusmäärä 25 °C:ssa ja 30 °C:ssa pimeässä oli paljon korkeampi valojaksoissa 8:16 ja 12:12 kuin 16:8. Tämän työn kokeessa valojaksona oli 12:12 sijaan 11:13, joka oli valittu valojaksojen 16:8 ja 8:16 väliltä. Lyhyet valojaksot oli valittu siksi, että lyhyellä päivällä on vaikutusta petohyönteisten diapaussiin. Jokaisella lajilla on tietty kynnyсарvo päivänpituuden suhteen mikä johtaa diapaussiin. Arvo vaihtelee 10 - 15 tunnin välillä päivänvaloa riippuen lajista. (Lundgren 2011, 37 - 52.) Haluttiin kokeilla varsinaisen kokeen ohessa, onko *Macrolophuksilla* päivänpituuteen liittyvää diapaussia. Sillä jos näin olisi, sen pitäisi tulla ilmi kokeessa käytetyillä valojaksoilla, mutta tällaisesta vaikutuksesta ei ollut merkkejä.

Ympäristötekijät kuten valo, lämpötila, kosteus, sademäärä, ravinnon määrä ja luonnolliset viholliset, muuttuvat kausittain luontaisesti, joista valojakso on luotettavin muuttuja. Hyönteiset luottavat näihin muutoksiin ja ovat mukautuneet elämään niiden mukaan. Tämän takia valojakso on ensisijainen diapaussin säätelijä. Hyönteiset reagoivat päivänpituuteen eri tavoilla, toisille tarkka päivänpituus on tärkeämpi kuin toisille. Kysymys kuuluukin, voiko päivänpituuden muutokset yksinään käynnistää tai päätää diapaussin. (Hamdan 2006, 135 - 146.)

5.2 Fekunditeetti ja elinikä

Fekunditeettiosiossa naaraat tuottivat keskimääräisesti eniten munia lyhyissä valojaksoissa. Oletus oli, että parhaat tulokset tulisivat kammioista, joissa valotus vastaa tomaatilla käytettyä valotusta. Tuloksia voi tukea se seikka, että petolude on aktiivinen pimeässä. Lyhyen päivän vaikutuksesta munintamääriin ei löydy aiemmista tutkimuksista vertailukohteita. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että lyhyt päivä lisää munintaa.

Lyhyet valojaksot (11:13 ja 8:16) eivät saaneet diapaussia aikaiseksi *Macrolophus* -ludenaaraissa, josta voitaisiin päätellä, että näillä kyseisillä luoteilla ei ole diapaussia, johon päivänpituus vaikuttaisi. On kuitenkin mahdollista, että suurpainenatriumlampuilla ja päivänvaloloisteputkilla annettulla valotuksella on vaikutusta *Macrolophusten* käyttäytymiseen, sillä lamppujen spektrit eroavat toisistaan. Vaikutus perustuu siihen, että hyönteiset pystyvät aistimaan valon eri pituuksia ja toimivat niiden perusteella.

Eliniän pituudessa ei ollut tilastollisia eroja kammioiden välillä eli valotusjakson pituudella tai valonlaadulla ei ole vaikutusta *Macrolophus*-petoluteen elinikään. Myös Hamdan (2006, 135 - 146) havaitsi kokeessaan, että päivänpituudella ei ollut vaikutusta *M. caliginosuksen* aikuisten elinikään. Tulos oli erikoinen, sillä muihin tekijöihin valojaksolla oli vaikutusta. Perdiksen ja Lykouressiksen (2002a, 261 - 272) kokeessa naaraiden elinikä oli keskimäärin sama kuin tässä kokeessa. Tomaatilla elinikä oli noin 50 päivää ja munakoisolla 64 päivää. Kun lämpötila oli vain 15 °C, elinikä oli huomattavasti pidempi, 122 - 129 päivää eli lämpötila ilmeisesti vaikuttaa eliniän pituuteen enemmän kuin valojakso.

5.3 Kuoriutumisprosentti

Kuoriutumisprosenttiosion tulos tuki edellisten osioiden tuloksia. Parhaat tulokset tulivat lyhyestä päivästä. Tosin oli huomioitava, että kammiossa, jossa oli päivänvaloloisteputket ja pitkä päivä, tapahtui odottamaton joukkokuolema, jolle ei löytynyt todistettavaa syytä sekä kokeessa kuoriutui jo kolmas sukupolvi.

Kuoriutumiskokeen paras kuoriutumistulos oli 83 %, kun valojakso oli 8:16. Paras kuoriutumisprosentti valojaksolla 16:8 oli 47,5 %. Muissa tutkimuksissa kuoriutumisprosentit ovat olleet parempia, kun valojakso on ollut 16:8. Perdiksen ja Lykouressiksen (2002a, 261 - 272; 2004, 1291 - 1298) kokeissa toukkia kuoriutui kyseisellä valojaksolla 70 - 75 % munituista munista.

5.4 Kokeiden mahdolliset virhelähteet

Fekunditeetti- ja kuoriutumisprosenttiosioissa tuloksiin vaikutti, että kaikki munat ja munankuoret oli laskettu ihmisvoimin ja joku muna tai kuori oli voinut jäädä huomaamatta. Näissä määrissä, vaikutus on kuitenkin pieni, koska ennen kokeen aloittamista useampi ihminen tarkasti saman näyt-

teen, jotta munien löytämistaso olisi kaikilla tulosten laskemiseen osallistuneilla suunnilleen sama.

Kokeen aikana (kesti 120 päivää) kasvatuskaappien kanssa oli ongelmia. Sähkökatkosten takia kammioista katkesi virta ja valot sammuivat. Kesti yleensä noin 4 - 5 tuntia ennen kuin valojaksot saatiin uudelleen asetettua ja lamput syttyivät. Näin tapahtui muutaman kerran, mikä on voinut johtaa siihen, että luteiden päivärhythmi on voinut häiriintyä ja vaikuttaa näin niiden munintamääriin sekä pitkäikäisyyteen.

Lämpötilapiikkien sekä ulkona pakastuneen ilman takia kammioiden kosteudet heittelevät. Kosteutta oli hankala pitää tasaisena. Kosteus laski joitain kertoja 40 - 50 %:iin, mikä oli 20 - 30 % -yksikköä vähemmän kuin suositeltava taso. Liian alhainen kosteus on voinut kuivattaa lehtiekkoja nopeammin, mikä sai suonet rypistymään ja vaikeutti munanlaskentaa.

Luteita käsiteltiin varsin usein, mikä luultavasti aiheutti niille stressiä. Luteita siirrettiin ja kerättiin aspiraattorin kanssa, maljat otettiin kasvatuskaapeista ja vietiin kylmiöön, petrimaljoja käännettiin ja kopauteltiin. On vaikea sanoa, miten luteet tähän reagoivat.

Luteet olivat yksinään maljoilla: yksilöiden välillä ei ollut kilpailua ja ruokaa oli yli tarpeen, mikä on voinut nopeuttaa toukkien kehitysnopeutta tai saanut naaraat elämään pidempään verrattuna siihen, että luteet olisivat olleet normaalissa ympäristössä ilman ihmisten häirintää. Ne joutuisivat saalistamaan itse sekä kilpailemaan ruoasta ja elintilasta.

Kokeessa oli koeyksilöitä rajattu määrä, jos niitä olisi ollut enemmän, tulos olisi tarkempi. Mutta kokeen kasvattamista rajoitti se, että koe vaati paljon työvoimaa ja – aikaa, joten koetta ei olisi enää ehditty hoitaa sen vaatimalla tavalla.

Kirjallisuustulokset, joihin tässä kokeessa saatuja tuloksia verrataan, voivat olla ristiriitaisia, koska *Macrolophus pygmaeus* ja *M. caliginosus* ovat erittäin vaikea erottaa toisistaan ilman DNA-analyysiä. Artikkeleissa voidaan puhua *M. pygmaeus*-lajista *M. caliginosus*-nimellä, joten aikaisemmissa artikkeleissa olevien tutkimusten tulokset voivat koskea toista lajia kun on oletettu.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Valojaksot 8:16 ja 11:13 vaikutti munintamäärään positiivisesti, toisin kuin luultiin ja sama tulos saatiin kuoriutumiskokeesta, mutta naaraiden elinikään valojaksolla ei ollut vaikutusta.

Kehitysnopeudessa tulokset olivat niin kuin oli odotettu. Kasvihuoneissa yleisesti käytetty valojakso 16:8 oli paras vaihtoehto - toukat kehittyivät nopeimmin aikuisiksi.

Pääasiallisesti siis valojaksot 8:16 ja 11:13 soveltuvat *Macrolophus pygmaeus*-lajille paremmin kuin yleisesti käytetty valojakso 16:8. Tämä tulos ei ole hyvä ympärivuotisen tomaattituotannon kannalta. Tomaatti tarvitsee paljon valoa kasvaakseen ja tuottaakseen satoa. Tomaatin viljely on myös todella optimoitua ja automatisoitua. Lämpötila, kosteus ja muut kasvuolosuhteet ovat säädetty tarkasti. Nämä olot eivät kuitenkaan vastaa niitä olosuhteita, joihin *Macrolophus*-petolude on tottunut, vaikkakin se on sopeutuvainen. Se on kotoisin Välimeren alueelta, missä päivänpituus on luontaisesti lyhyempi kuin kasvihuoneissa luodut valojaksot. Isäntäkasvina tomaatti on kyllä sopiva petoluteille, sillä sen pääisäntäkasveihin kuuluu *Solanacea*-heimon kasvit.

Olisiko mahdollista järjestää kasvihuoneissa sellaiset olosuhteet, jotka palvelevat kaikkia tahoja. Esimerkiksi tomaatti tarvitsee paljon valoa latvaosiin, mutta alaosasta lehdet poistetaan ja siellä on luontaisesti hämäämpää. Voisiko alaosiin luoda hämäävät olosuhteet, missä *Macrolophus*-petoluteet voisivat lisääntyä ja munia.

Lyhyttä päivää käytetään hyväksi joidenkin koristekasvien viljelyssä, jotta saadaan aikaiseksi esimerkiksi kasvin kukinta haluttuna ajankohtana. Monet koristekasvit kuuluvat *Asteracea*-heimoon, joka kuuluu *Macrolophus*-luteen isäntäkasveihin. Voitaisiinko tulevaisuudessa hyödyntää lyhyttä päivää ja *Macrolophusten* aktiivisuutta pimeässä koristekasvien viljelyssä.

Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia miten eri valon aallonpituudet vaikuttavat *Macrolophusten* käyttäytymiseen. Suurpainenatriumlampujen ja päivänvaloloisteputkien spektrit eroavat toisistaan ja niitä on vaikea muuttaa vaihtamatta lampuja tai koko valotuskalustoa. Näiden valotusmuotojen rinnalle ja tulevaisuudessa mahdollisesti niiden tilalle on tulossa LED-valotus. LED-valot mahdollistavat valon määrän, spektrin ja niiden yhdenmukaisuuden säätämisen helposti.

Olisi kiinnostava tietää miten nämä luteet reagoivat LED-valotukseen ja voitaisiinko niillä tarjota *Macrolophuksille* vielä paremmat valo-olosuhteet kuin nyt. Koko ajan enemmän ja enemmän halutaan energiatehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä lähestymistapoja esimerkiksi tuholaistorjuntaan ja valotukseen, josta hyvinä esimerkkeinä ovat juuri biologisen torjunnan suosion kasvu ja uusien valotusmuotojen kehitys kuten LED-valot. LED-valojen edellä mainittujen hyötyjen lisäksi näillä valoilla voidaan parantaa kasvihuonetuotannon energiatehokkuutta. Korvaamalla osa suur-

painenatriumlampuista LED-valoilla, voitaisiin vähentää energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä. Säästöjä tulisi energiaa säästävästä lamputa, mutta myös siitä, että valotuksesta syntyvää ylimääräistä lämpöä ei tarvitsisi enää tuulettaa ulos lämpiminä kausina.

Myös mahdollisen diapaussin tutkiminen olisi kiehtovaa. Onko todella niin, että *Macrolophuksilla* ei ole diapaussia, johon päivänpituus normaalisti vaikuttaa sekä onko lämpötilalla todella enemmän vaikutusta *Macrolophus pygmaeusten* elinikään kuin valoajaksolla.

lähteet

Castañe, C., Arnó, J., Gabarra, R. & Alomas, O. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control* 59, 22 - 29.

Constant, B., Grenier, S. & Bonnot, G. 1994. Analysis of some morphological and biochemical characteristics of the egg of the predaceous bug *Macrolophus caliginosus* (Het. : Miridae) during embryogenesis. *Entomophaga* 39, 189 - 198.

Eyles, A., Marais, T. & George, S. 2008. First New Zealand record of the genus *Macrolophus* Fieber, 1858 (Hemiptera: Miridae: Bryocorinae: Dicyphini): *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839), a beneficial predacious insect. *Zootaxa* 1779, 33 - 37.

Franco, K., Jauset, A. & Cantañe, C. 2011. Monogamy and polygamy in two species of mirid bugs: a functional-based approach. *Journal of Insect Physiology* 57, 307 - 315.

Hamdan, A.J. 2006. Effect of photoperiod life history of the predatory bug, *Macrolophus caliginosus* Wagner [Hemiptera:Miridae]. *An – Najah Univ. J. Res. (N. Sc.)* 20, 135 - 146.

Johansen, N., Vänninen, I. Pinto, D., Nissinen, A. & Shipp, L. 2011. In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Annals of Applied Biology* 159, 1 - 27.

toim. Koivunen, T. 1997. Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus.

Lundgren, J. 2011. Reproductive ecology of predaceous Heteroptera. *Biological Control* 59, 37 - 52.

Lykouressis, D., Perdikis, D. & Michalaki, M. 2001. Nymphal development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) on two eggplant varieties as affected by temperature and presence/absence of prey. *Biological Control* 20, 222 - 227.

Martinez-Cascales, J., Cenis, J., Cassis, G. & Sanchez, J. 2006. Species identity of *Macrolophus melanotoma*(Costa 1853) and *Macrolophus pygmaeus*(Rambur 1839) (Insecta: Heteroptera: Miridae) based on morphological and molecular data and bionomic implications. *Insects Systematics & Evolution* 37, 385 - 404.

Murmann, T. 1988. Tomaatin viljely. Helsinki: Kauppapuutarhaliitto Oy.
Perdikis, D & Lykouressis, D. 2002a. Life table and biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* when feeding on *Myzus persicae* and *Tri-*

aleurodes vaporariorum. Entomologia Experimentalis et Applicata 102, 261 - 272.

Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2000a. Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). Biological Control 17, 55 - 60.

Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2002b. Thermal requirements for development of the polyphagous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: miridae). Environmental Entomology 31, 661 - 667.

Perdikis, D. & Lykouressis, D. 2004. *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) population parameters and biological characteristics when feeding on eggplant and tomato without prey. Journal Economic Entomology 97, 1291 - 1298.

Perdikis, D. Ch. & Lykouressis, D.P. 2000b. Description of the egg and nymphal instars of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). Entomologia Hellenica 14, 32 - 40.

Perdikis, D., Kapaxidi, E. & Papadoulis, G. 2008. Biological control of insect and mite pests in greenhouse Solanaceous crops. The European Journal of Plant Science and Biotechnology 2, 125 - 144.

Perdikis, D., Lykouressis, D. & Economou, L. 2004. Influence of light-dark phase, host plant, temperature and their interactions on the predation rate in an insect predator. Environmental Entomology 33, 1137 - 1144.

Perdikis, D., Lykouressis, D. & Economou, L. 1999. The influence of temperature, photoperiod and plant type on the predation rate of *Macrolophus pygmaeus* on *Myzus persicae*. BioControl 44, 281 - 289.

Perdikis, D., Margaritopoulos, J., Stamatis, C., Mamuris, Z., Lykouressis, D., Tsitsipis, J. & Pekas, A. 2003. Discrimination of the closely related biocontrol agents *Macrolophus melanotoma* (Hemiptera: Miridae) and *M. pygmaeus* using mitochondrial DNA analysis. Bulletin of Entomological Research 93, 507 - 514.

Raukko, E. 2006. Elämä on valon varassa. Puutarha & Kauppa 44, 4 - 5.

Rintala, T. & Rinne, V. 2010. Suomen luteet. Helsinki: Lönnberg Print & Promo.

Stack, P. & Drummond, F. 1997. Reproduction and development of *Orius insidiosus* in a blue light-supplemented short photoperiod. Biological Control 9, 59 - 65.

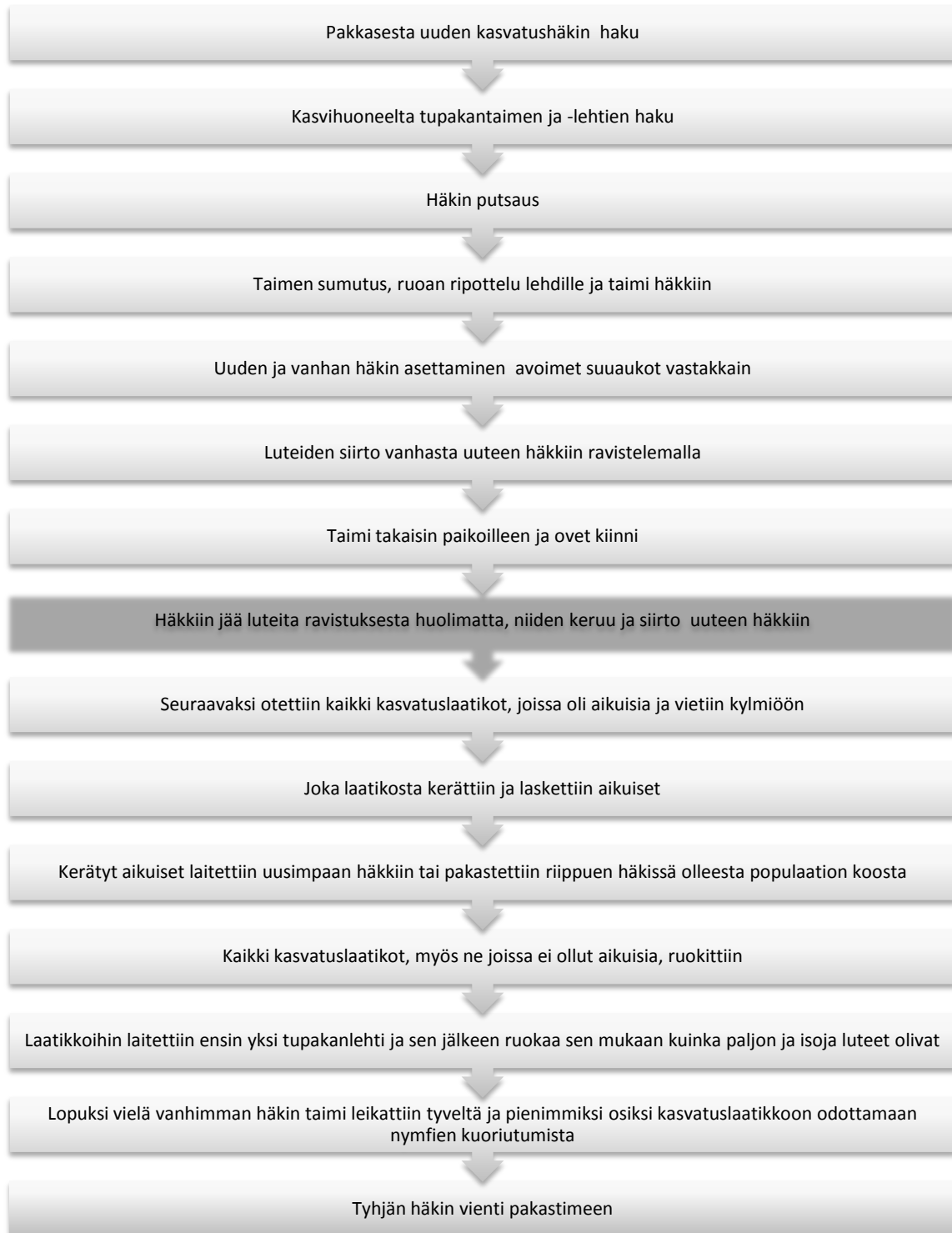
Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmettyinen, R., Pihakaski, S. & Portin, P. 2001. Biologian sanakirja. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Vandekerhove, B., Van Baal, E., Bolckmans, K. & De Clercq, P. 2006. Effect of diet and mating status on ovarian development and oviposition in the polyphagous predator *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). *Biological Control* 39, 532 - 538.

Vänninen, I. 2005. Valoviljelyn kasvinsuojelu puhutti biotorjunnan kursilla. *Puutarha & Kauppa* 3, 6 - 7.

Vänninen, I. 2011. Valon ominaisuudet vaikuttavat kasvinsuojeluun. *Puutarha & Kauppa* 3, 14 - 15.

KASVATUSRUTIINI



NAARAIEN LEHTIKIEKKOJENVAIHTO-, RUOKINTA- JA TARKASTUSRUTIINI

