



MAASEUTU 2020

# Hyönteisalan mahdollisuudet rehun ja ruuan tuotannossa

Jarkko Niemi ja Maija Karhapää  
Luonnonvarakeskus

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



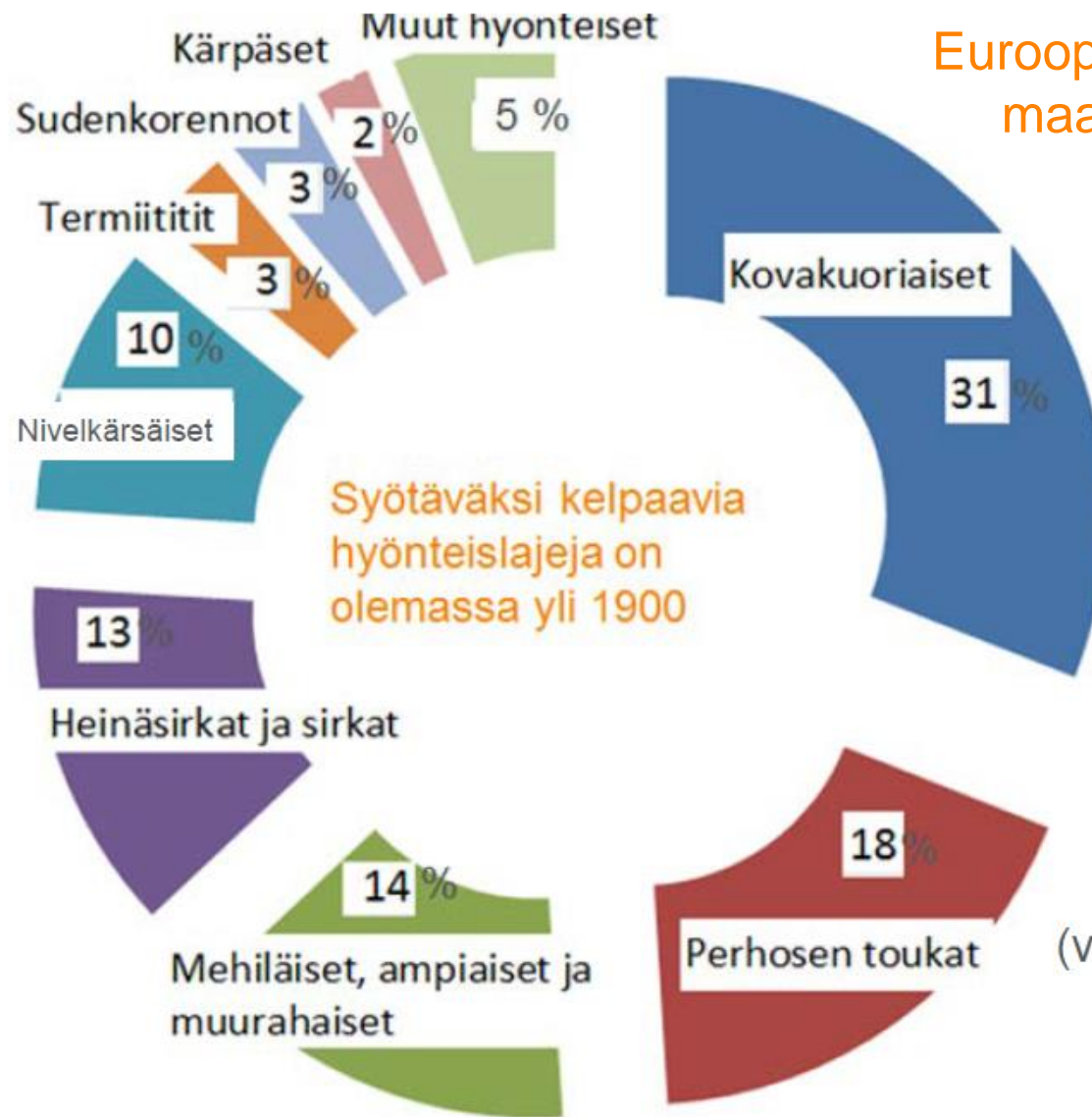
HELSINGIN YLIOPISTO  
RURALIA-INSTITUUTTI

  
**Luke**  
LUONNONVARAKESKUS

# Taustaa

- Hyönteisten tuottaminen rehuksi ja elintarvikkeeksi on varteenotettava keino proteiinin tuonnin vähentämiseksi
  - Täydennysproteiinin tuonti 85 %, 70 milj. €
  - Korkea proteiinipitoisuus, jopa 50-70 %
- Hyönteisissä on potentiaalia kiertotalouden vauhdittajaksi
  - Vähempiarvoisten biomassojen hyödyntäminen?
  - Ympäristötehokas proteiinin tuotanto?
- Toimiala on uusi, joten tarvitaan lisää tietoa mm.
  - Elintarviketurvallisuusmääräykset ja lainsäädäntö
  - Hyönteisten kasvatusprosessin toteutus
  - Hyönteisten suojelu ja luonnonmukaiset ravintovaatimukset
  - Tiedonvälitys eri mahdollisuuksista
  - Tuloksista viestiminen, mahdollisuuksien tunnistaminen

# Syötäväksi kelpaavat hyönteislajit (n. 2000 kpl)



Syötäväksi kelpavia hyönteislajeja on olemassa yli 1900

Euroopassa uutta, mutta maailmassa n. 2 mrd. syö hyönteisiä!

(van Huis ym. 2013).

# ENTOLAB-hankkeen tavoitteet

- Auttaa hyönteiskasvatukseen perustuvan yritystoiminnan käynnistymistä ja kehittymistä Etelä-Pohjanmaalla.
- Selvittää, millä keinoilla kotisirkkojen tuotanto voisi onnistua kannattavasti ja lainsäädännön edellytykset täyttäen
- Kartuttaa hyönteisalan tuotannon ja –alan osaamista Etelä-Pohjanmaalla
- Yritysideoiden synnyttäminen ja edistäminen
- Selvittää sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksia
- ”Hyönteistuotanto – kiertotaloutta parhaimmillaan”

# Hankkeen keskeisimpiä toimenpiteitä

Tuotannonhallinta ja –talousselvitys. Kootaan yhteen olemassa oleva tieto hyönteisten ravinto- ja olosuhdevaatimuksista. Selvitetään tuotannon automatisointiprosessia ja taloudellisia mahdollisuuksia.

Kotisirkkujen kasvatusta testataan erilaisilla rehuvaihtoehdoilla, jotta saataisiin selville tuotantotulokset eri rehuilla ja tietoa tuottavuudesta ja tuotantokustannusten.

**Menestyvä  
hyönteistalous**

Tuote- ja tuotantoturvallisuuden varmistaminen. Keskeisimmät hygieniaan ja tuoteturvallisuuteen liittyvät riskit selvitetään (hyönteisten rehu, hyönteiset rehu- tai ruokakäytössä). Laaditaan Best practice-ohjeet, joiden avulla voidaan täyttää vähintään lakisääteiset velvollisuudet.

Sarja työpajoja, joissa pohditaan ja ratkotaan erilaisia tapoja käyttää hyönteisiä (ruoka, rehu, non-food) sekä itse kasvatukseen liittyviä haasteita. Lisäksi järjestetään pienryhmätyöpajoja.

# Hankkeeseen osallistuvia tai sitä rahoittavia tahoja

## Toteuttajat

- Luonnonvarakeskus
- Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu

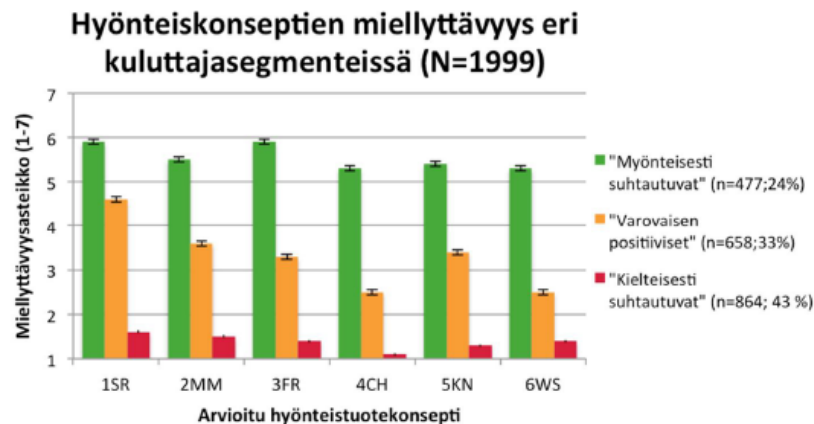
## Muut tahot

- Manner-Suomen maaseudun kehittämisrahasto/Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
- Lakeuden etappi
- Foodwest
- Pellon

- Seinäjoki activity park
- Finsect
- A-rehu
- Uutelax
- Ari Kujala
- Ylisen broiler
- Matti Kivimäki
- MTY Sippola
- Korpimaan fasaanitila
- Niemi-säätiö
- Etelä-Pohjanmaan korkeakoulusäätiö

# Miten kuluttajat suhtautuvat hyönteisruokaan?

- 70 % suomalaisista koki hyönteisruoan kiinnostavana ja puolet oli valmis ostamaan sitä
- Kuluttajien ostohalukkuuteen vaikuttavat (Piha ym. 2017)
  - Subjektiiivinen ja objektiivinen tieto → Asenteet
  - Kokemukset tuotteista
  - Ruokaan liittyvät pelot



Kuva 10 Hyönteistuotekonseptien arvioitu miellyttävyys kuluttajasegmenteissä. 1SR=Sirkka-Ruislastut 2MM=Muurahais-mustikkarouhe, 3FR=Friteeratut sirkat dippikastikkeella, 4CH=Chilimaustettu hyönteisrouhe, 5KN= Kana-jauhomaatonugetit ja 6WS= Wokkisekoitus jauhomadoista ja kasviksista

1. Piha, S., Pohjanheimo, T., Lähteenmäki-Uutela, A., Křečková, Z., Otterbring, T., *The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe, Food Quality and Preference* (2016).

# Hyönteiskasvatuksen mahdollisuuksia

- Tehokkuus- ja ekologisuus-näkökulman korostuminen
- Kuluttajien kokeilunhalu
- Hukkalämpö esim. kotieläinrakennuksesta
- Hyönteisten tuottaman metabolisen lämmön hyödyntäminen
- Uusia innovaatioita: Kasvatus maatalan sivuelinkeinona
- Hyönteisten perimän jalostaminen
- Hyönteiset jätteenkäsittelyn prosesseissa
- Non-food-käyttö
- Teknologia- ja tuotekehityksessä paljon mahdollisuuksia
  - Etenkin tuotannon automatisointi, sillä merkittävä ja laajamittainen kaupallistaminen edellyttäisi merkittävää lisäystä tuotannon volyymeissa



# Hyönteiskasvatuksen haasteita

- Automaation vähäisyys ja käsityön määrä
- Energian menekki lämmityksessä
- ➔ Näiden seurauksena korkea kustannustaso, mikä on haaste etenkin rehukäytössä
- ➔ Nykytilanteessa tuotantokustannustaso on korkeahko ja volyyymi pieni rehukäyttöön, mutta tuotannon tehokkuuden ja mittakaavan noustessa tilanne muuttunee
- Sopivien, muualla käyttämättömien rehaulähteiden puute
- Kuluttajien asenteet ja epäluulot
- Kulutuksen vakiinnuttaminen kokeilun jälkeen

# Mahdollisia riskejä

- Haitallisiin tulokaslajeihin liittyvät riskit
  - Valittava kasvatettavaksi lajeja, jotka eivät luontoon päästessään aiheuta haittaa
  - Maailmanlaajuisesti tulokaslajien on arvioitu vähentävän maataloustuotantoa 14 % (Pimentel 2007; Kenis & Branco 2010)
- Taudit ja tuholaiset; sienet, bakteerit, virukset
  - Esim. virustaudit voivat hetkessä hävittää tilan koko hyönteispopulaation, mikä on merkittävä tuotantoriski
  - Hyvä hygienia ja tuotanto-olosuhteiden hallinta, perimän monipuolisuuden ylläpitäminen, sukusiitoksen välttäminen
- Markkinoihin ja lainsäädäntöön liittyvät riski
- Työturvallisuus

# Mahdollisia elintarviketurvallisuushkia

- Allergeenit
- Homeemyrkyt/mykotoksiinit
- Pesticidit
- Raskasmetallit ja alkali
- Patogeeniset mikro-organismit  
(esim. *Staphylococcus* and *Bacillus*, *Campylobacter*, *Enterobacteriaceae*; sienet *Aspergillus*, *Fusarium* ym)
- Myös väärä käsittely voi aiheuttaa patogeeneja
- Huomioitava tuotantoprosessissa ja esim. allergeenit pakkausmerkinnöissä

# Hyönteisten käyttöön liittyviä EU-tason näkökohtia

- Hyönteisala voi luoda työtä, kasvua ja innovaatioita
- Ruokakäytössä elintarviketurvallisuus on etusijalla ja rehu on olennainen osa sen varmistamista
  - Ruoantuotannossa on täytettävä normaalit hygieniavaatimukset (HACCP, turvallisuus, hygienia, jäljitettävyys)
  - **Huom! Rehulainsäädännön ja -hygienian vaatimukset koskevat myös hyönteisille annettavaa rehua!**
- EU:ssa kasvatettavilla hyönteiset eivät saa olla ...
  - haitallisia ihmisten, eläinten tai kasvien terveydelle
  - ➔ Ei pidetä haitallisia lajeja tai vaarallisia tulokaslajeja, tuonnille ja kv. kaupalle asetetut periaatteet
  - tunnettuja taudinvälittäjiä (vektoreita)
  - Uhanalaisia tai suojeltuja lajeja

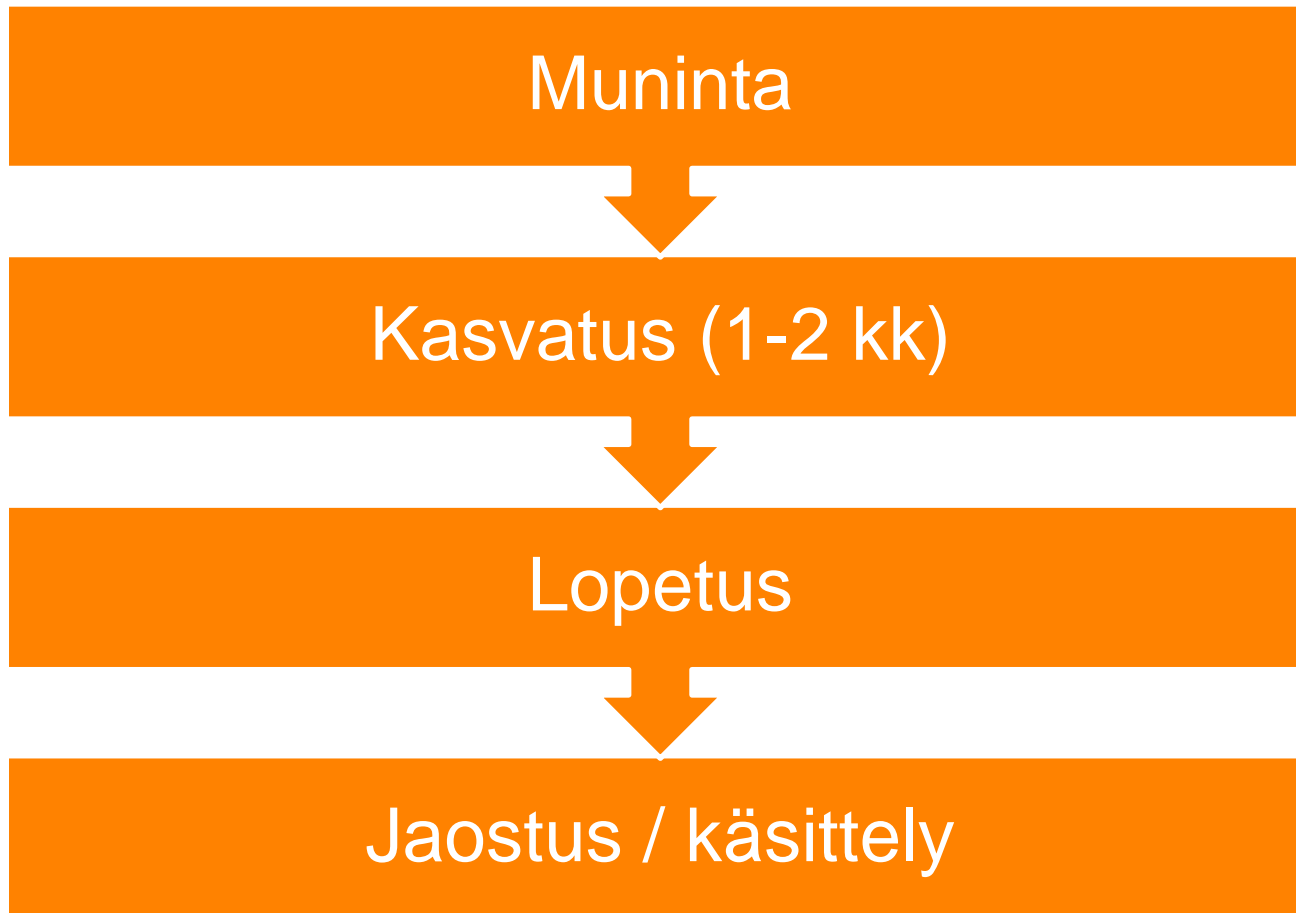


# Hyönteisten käyttöön liittyviä EU-tason näkökohtia

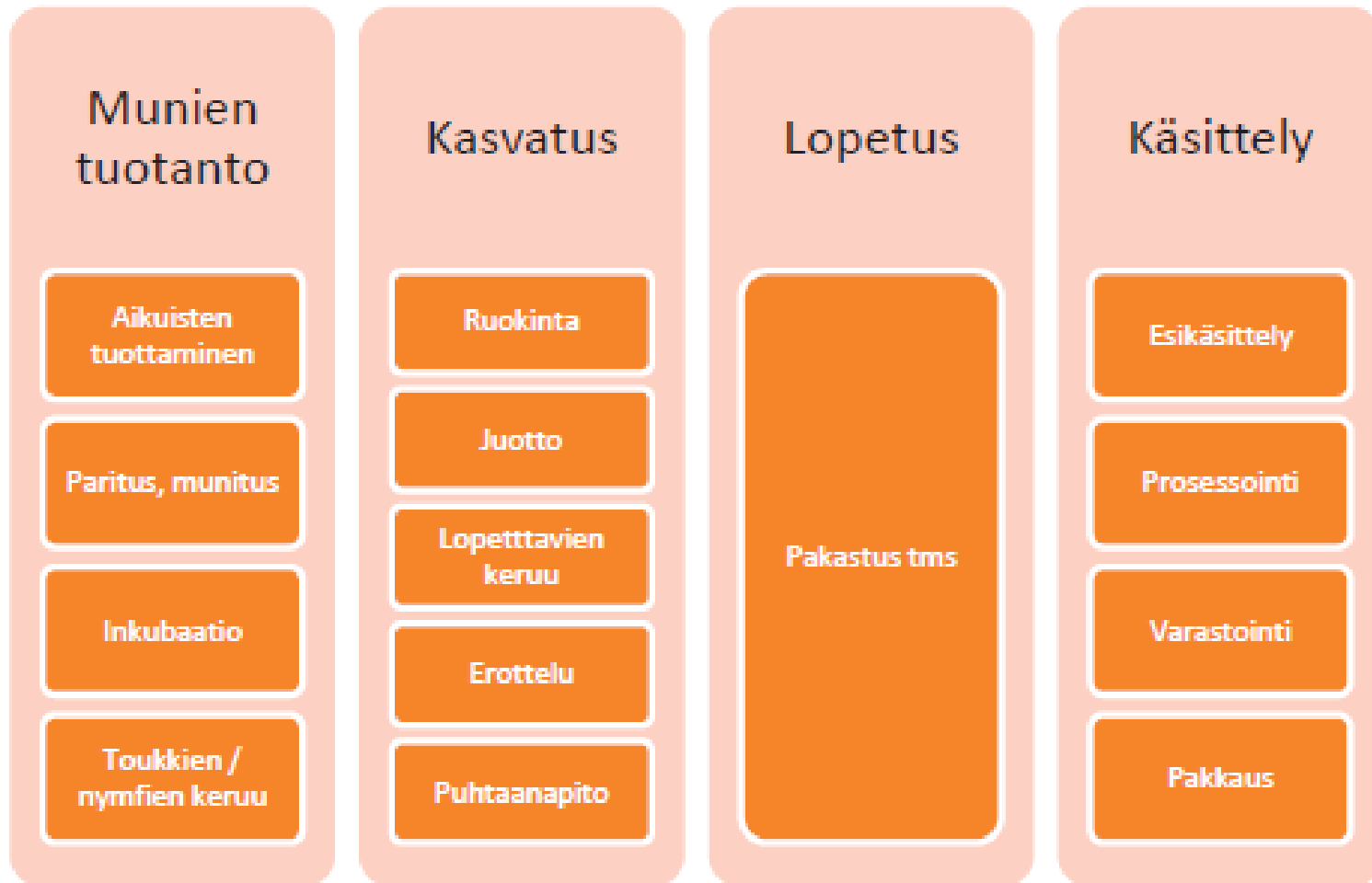
- Tuotantokäytössä hyönteiset katsotaan “maatalouseläimiksi”
- Ala linkittyy maatalouteen: hyönteisiä “kasvattavat maatilat”
- Ympäristönsuojelusta pidettävä huolta (päästöt, vieraslajit...)
- Hyönteisille ei ole omaa eläinsuojelunormistoa, mutta eläinsuojelun yleiset periaatteet koskevat myös niitä



# Hyönteisten kasvatustarve yleisellä tasolla



# Hyönteisten kasvatustuotantoprosessit



Lähde: Heiska & Huikuri (2017)

# Hyönteiset voivat hyödyntää rehua melko tehokkaasti

Kotisirkan, jauhomadon ja broilerin tuotannon tunnuslukuja

	Kotisirikka (PF-FW1)	Jauhomato	Broileri
Rehuhyötysuhde (elopaino)	1,3-1,8	2,2	1,7-2,3
Rehuhyötysuhde (syötävä paino)	1,7-2,3		2,4-4,2
Proteiinimuuntosuhde	35-23		33-25

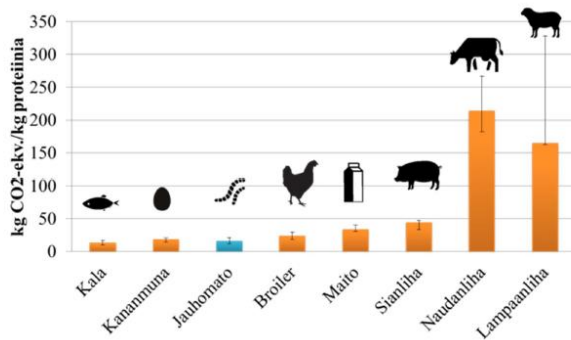
Lähde: Lundy ja Parrella (2015), Oonincx ym. (2015)

Esimerkiksi sirkoista jopa 80 % voidaan hyödyntää ruoaksi



# Energia ja ympäristövaikutukset

- Yli 95 % hyönteiskasvatuksen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu rehusta ja lämmitysenergiasta
- Ympäristön näkökulmasta olennaista olisi löytää sopivat biotalouden sivuvirta, jota ei käytettäisi jo nyt ruoaksi tai rehuksi
- Trooppinen lämpötila: vaihtolämpöisillä hyönteisillä kasvu ja lisääntyminen edellyttää riittävän korkeaa ympäristön lämpötilaa, mikä lisää energiankulutusta



Kuva 2. Hyönteistuotannon kasvihuonekaasupäästöt verrattuna tavanomaisiin eläintuotteisiin

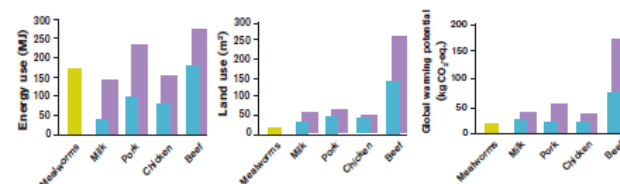
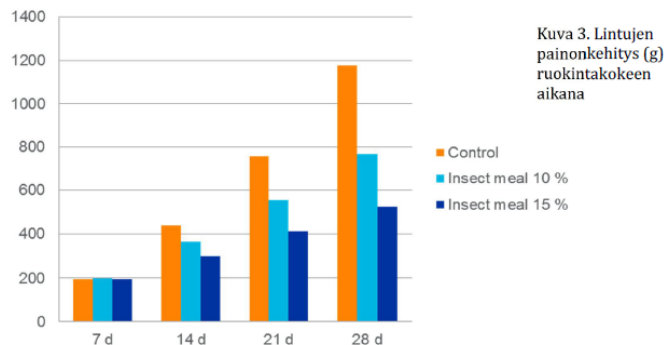


Figure 4. Environmental impact (from the production of one kg of edible protein) of mealworm production on one farm in the Netherlands compared with that of other animal products. Purple and blue bars represent maximum and minimum data from a literature survey (Oonincx and de Boer, 2012).

# Hyönteiset rehuna

## Hyönteiset ruokaketjussa-hankkeen koe 1

- Broilerin kasvatuskoe, hyönteisjauhoa (jauhopukki) sekoitettiin 0 %, 10 % tai 15 % rehusta
  - Hyönteisrehua syöneet linnut kasvoivat kontrollilintuja heikommin
  - Muissa tutkimuksissa on 10 % hyönteisjauhoa broilerin rehussa ei ole heikentänyt tuotantotuloksia (Makkar ym. 2014)
  - Aminohappotäydennys, sulavuus, muu koostumus?
    - ➔ Hyönteisrehulla voidaan korvata kalanjauhoa, mutta rehun koostumukseen kiinnitettävä huomiota



# Hyönteiset rehuna

## Hyönteiset ruokaketjussa-hankkeen koe 2

- Hyönteiset ruokaketjussa-hankkeessa kaksi koetta:
- Kirjolahien kasvatuskoe, jossa kalajauhoa (jota alun perin 21 % kalojenrehusta) korvattiin jauhopukilla (0 %, 7 %, 14 % tai 21% rehusta)
  - Kalanjauhon määrän laskiessa alle 12 % tai hyönteisjauhon osuuden noustessa yli 9 % kalojen kasvu, rehukerroin ja valkuaisen muutotehokkuus alkoivat heikentyä, Perkaussaanto heikentyi mekrisevästi vasta korkeimmalla lisäystrasolla
  - Tulos liittyy eroihin valkuaisen sulavuudessa
  - ➔ Hyönteisrehulla voidaan korvata kalanjauhoa

# Mahdollisia ravinnonlähteitä

- Rehussa on oltava vähintään 20 % raakavalkuaista
- Rehupartikkelien on oltava pieniä, max 0,8 mm.
- Valmis rehusekoitus parempi kuin komponentit erillisinä
- Normaalit rehut ja rehunvalmistuksessa käytettävät aineet, kuten vilja, soija
- Sivuvirrat kuten perunan kuoret, siementen ”lajittelujäte”, muotonsa tai kokonsa puolesta kauppakelvottomat kasvikset
- Nurmikasvit, säilötty nurmirehu?, haitattomat rikkakasvit
- Hygienia tärkeää

# Rehuja, joilla sirkkvoja on kasvatettu tutkimuksissa

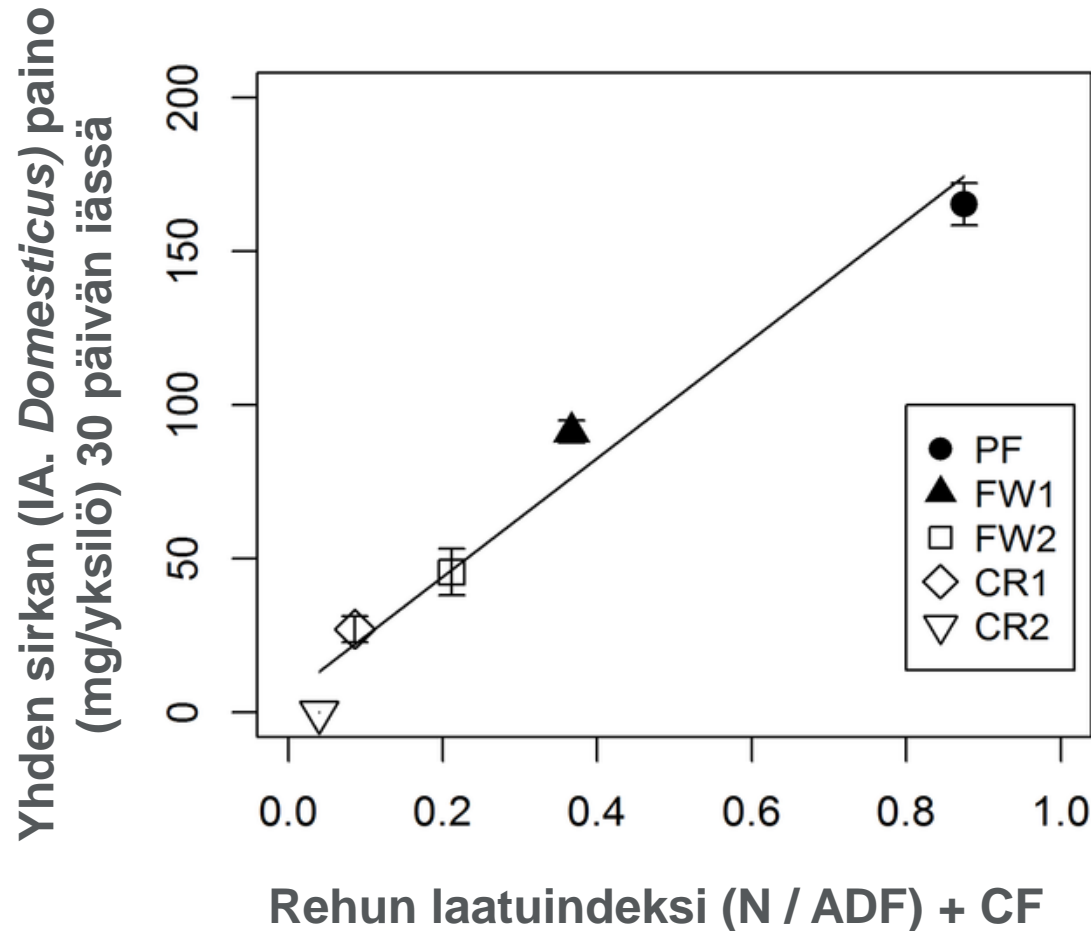
## Hyvällä menestyksellä

- Kananrehu (yleisin ja edullisin?)
- Kananrehun + riisileseet
- Kalanrehu
- Kaninrehu
- Entsymaattisesti prosessoidun kotitalouksien biojätteen kiinteä fraktio
- Mäskin, käytetyn oluthiivan ja keksinmurujen seos
- Seos soijasta, vehnä jauhoista, maitojauheesta, hiivasta ja jauhetusta maksasta
- HUOM! Käytettävien rehu-aineiden on oltava hyväksytyt hyönteisille. Esim. kananrehussa voi olla rehuaineita, joita ei ole hyväksytyt hyönteisille.

## Huonolla menestyksellä

- Kotitalouksien prosessoimaton **biojäte**
- Vehnästä ja maissista valmistettu säilörehu, jonka biomassasta 50% **korsia** ja lehtiä
- Sekoitus (2:1:1), siipikarjan **lantaa**, vehnän korresta ja maissin **korresta** valmistettua säilörehua
- Käytetyn oluthiivan, perunan kuorien ja juurikasmelassin seos
- Keksinmurujen ja leivän seos
- Perunan kuorien, leivän ja juurikasmelassin seos

# Rehun laadun vaikutus kotisirkan (*A. domesticus*) biomassaan

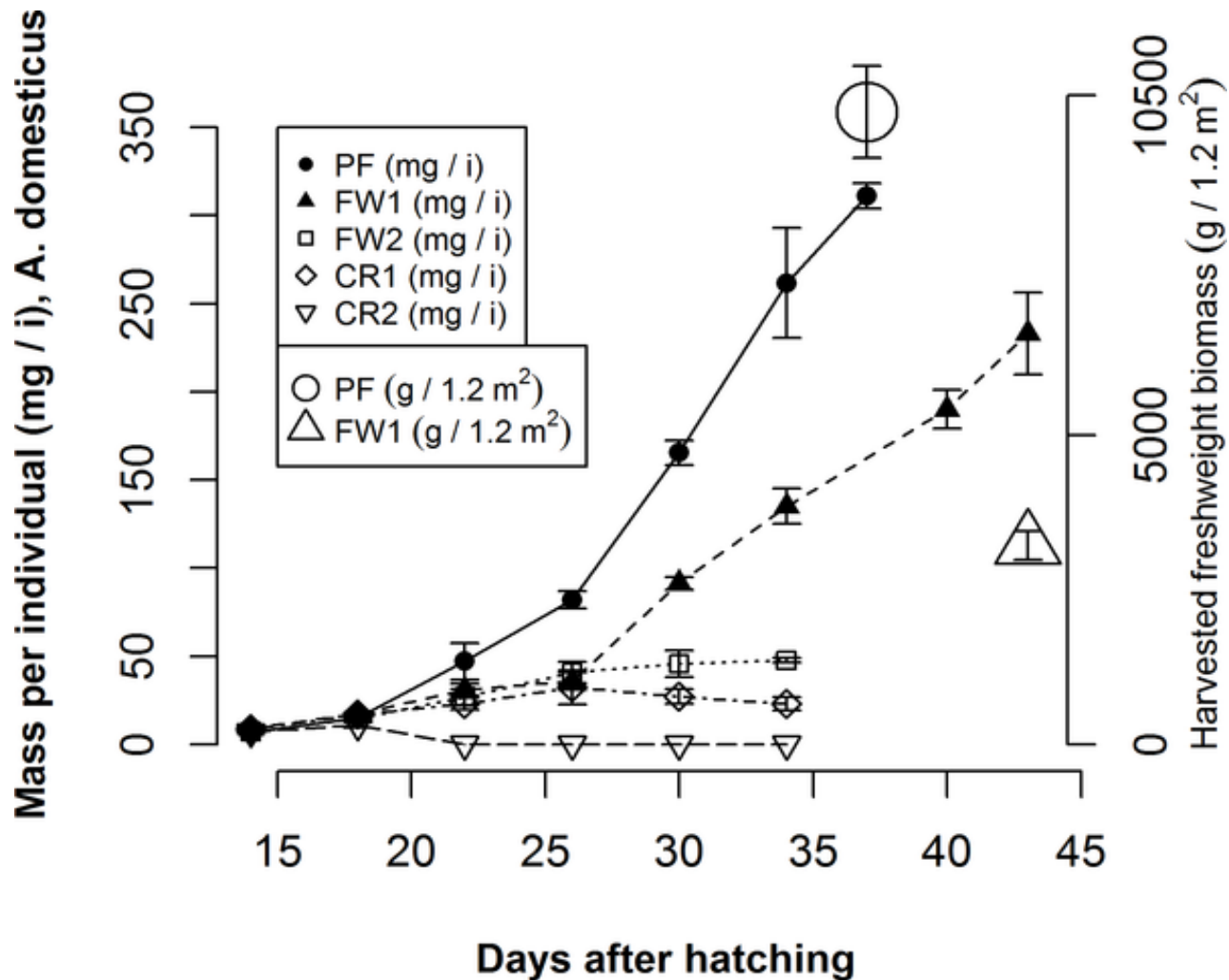


**Lähde:** Lundy ME, Parrella MP (2015) Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. PLOS ONE 10(4): e0118785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>  
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118785>

## Argentiinan torakan, mustasotilaskärpäsen, jauhomadon ja kotisirkan selviytymisaste (%), kasvuaika (pv) ja rehumuuntosuhde Oonincx ym. (2015) tutkimuksessa

		Argentiinan torakka	Mustasotilas-kärpäsen	Jauhomato	Kotisirikka
Selviytymisprosentti	HP-HF	80	86	79	27
	HP-LF	47	77	67	6
	Kontrolli	75	75	84	55
	LP-HF	53	72	19	7
	LP-LF	51	74	52	11
Kasvuaika	HP-HF	200	21	116	55
	HP-LF	294	33	144	117
	Kontrolli	211	21	145	48
	LP-HF	266	37	191	167
	LP-LF	237	37	227	121
RHS	HP-HF	1,7	1,4	3,8	4,5
	HP-LF	2,3	1,9	4,1	10
	Kontrolli	2,7	1,8	4,8	2,3
	LP-HF	1,5	2,3	5,3	6,1
	LP-LF	1,7	2,6	6,1	3,2

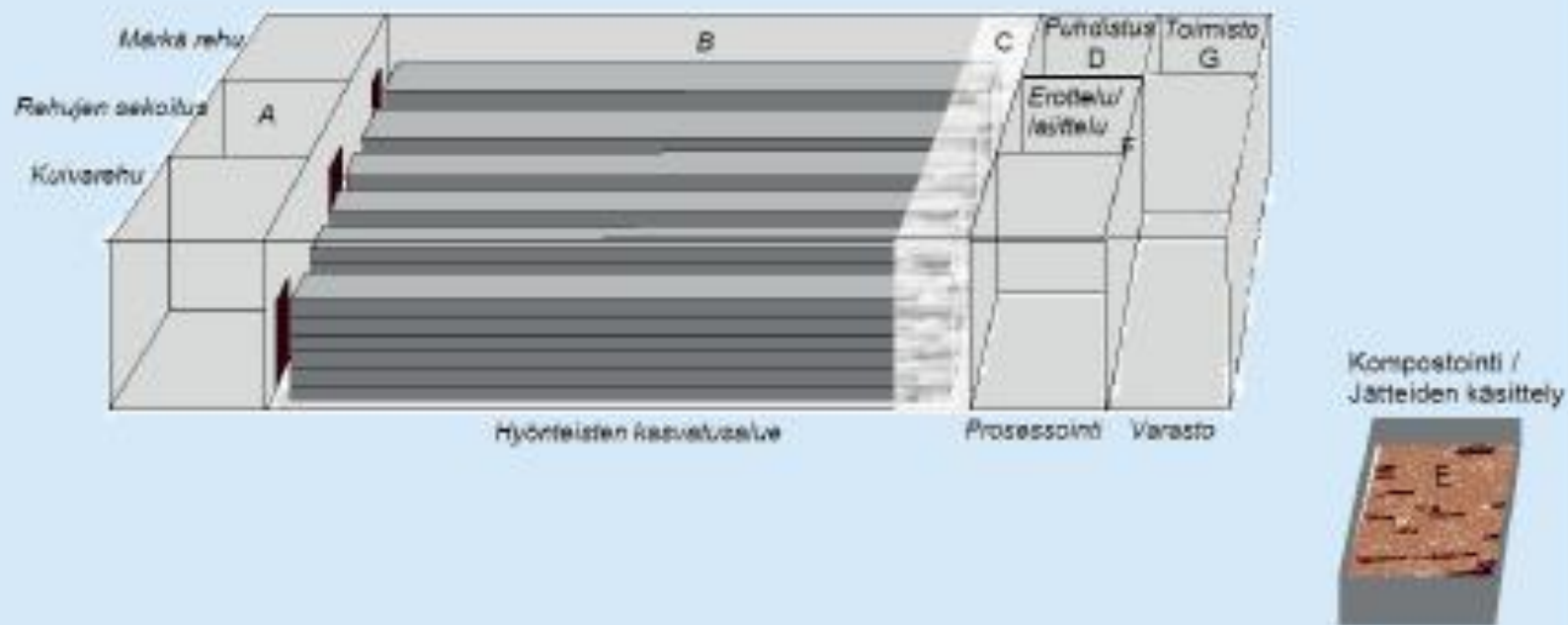
Fig 1. Biomass response of *A. domesticus* to variation in diet.



Lundy ME, Parrella MP (2015) Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. PLOS ONE 10(4): e0118785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>  
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118785>



## Esimerkki hyönteisten kasvatuslaitoksesta



Kuva 13. Esimerkki hyönteisten massatuotantolaitoksesta Cortes Ortiz et al. (2016) mukaan

# Taloudellinen kannattavuus

- Caraballon (2017) selvityksessä kotisirkkojen tuotantokustannuksista noin puolet oli työkustannuksia, 30 % kiinteitä kustannuksia ja 20 % muita muuttuvia kustannuksia
- Muuttuvista kustannuksista suurimmat kustannuserät olivat rahti ja rehu
- Tuotteistaminen, myyntihinta ja tuotannon tehokkuus vaikuttavat kannattavuuteen!

	€/kg	Yhteensä
<b>Myyntituotot</b>	<b>70</b>	<b>12250</b>
<b>Muuttuvat kustannukset</b>		
Rehu	6.39	1117
Liike- ja eläinpääoman korko	0.45	78
Sähkö ja vesi	9.33	1632
<b>Muuttuvat kustannukset yhteensä</b>	<b>16.16</b>	<b>2823</b>
<b>KATE A</b>	<b>53.84</b>	<b>9422</b>
<b>Työkustannus</b>	<b>41.19</b>	<b>7209</b>
<b>KATE B</b>	<b>12.65</b>	<b>2213</b>
<b>Kiinteät kustannukset</b>		
Rakennus	4.71	824
Muut kiinteät kustannukset	15.58	2726
Yleiskustannukset	3.88	678
<b>Kiinteät kustannukset yhteensä</b>	<b>24.16</b>	<b>4228</b>
<b>Nettovoitto/tappio</b>	<b>-11.51</b>	<b>-2014</b>

# Millaisissa olosuhteissa ja millaisella ravinnolla hyönteiset kasvavat?

# Hyönteisten hiilihydraattitarve

Rakennusaineena:

- Hyönteisten kutikula (ulkoinen tukiranka) sisältää kitiini polysakkaridia

Polttoaineena (eroja sulavuudessa lajien välillä):

- Maltoosi on suurimmalle osalle hyönteisistä sulavaa, mutta laktoosi ei ole
- Kärpäset pystyvät sulattamaan melibioosia, mutta mehiläiset eivät
- Selluloosa yleensä vain suolen täytteenä (bulkkiaineena)

# Hyönteisten proteiinitarve

Valkuaisaineet eli proteiinit koostuvat aminohapoista:

- Hyönteisillä välttämättömiä aminohappoja on 8-10: metioniini, treoniini, tryptofaani, valiini, isoleusiini, leusiini, fenyyialaniini, lysyiini, arginiini ja histidiini
- Hyönteisillä ravinnon aminohappotasapaino on todettu tärkeäksi vain muutamilla lajeilla, kuten mehiläisillä
- Parhaita eläinkunnan proteiini lähteitä ovat kananmuna ja maitotuotteet (etenkin kaseiini)

# Hyönteisten sterolitarve

- Sterolit ovat hyönteisille välttämättömiä ravintoaineita
- Steroleja tarvitaan mm. solukalvojen rakenteisiin, hormoneihin, pintavahoihin ja kitiinikuoren rakenteisiin

Hyönteiset saavat steroleja:

- Kolesterolista, jota hyönteiset saavat eläinperäisistä rehun raaka-aineista kuten esim. munankeltuainen, maito, kalaöljy
- Kasvisteroleista, jota on mm. kasviöljyssä, soijapavuissa tai maississa
- Ergosterolista, jota on mm. hiivassa (sienten solukalvon steroli)

# Hyönteisten vitamiinitarve

Hyönteisten vitamiinitarpeesta on vain vähän tietoa

- Pantoteenihappo (B<sub>5</sub>-vitamiini) on kaikille hyönteislajeille välttämätön
- Riboflaviini (B<sub>2</sub>-vitamiini) monille lajeille välttämätön
- Koliini ja karnitiini ovat välttämättömiä joillekin hyönteislajeille
- C-vitamiini on välttämätön monille kasveja ravintonaan käyttäville hyönteisille
- Hyönteisten vitamiinien puutokset eivät näy sairauksina kuten selkärankaisilla, vaan vitamiinien puutostilojen on todettu aiheuttavan siipien epämuodostumia, kasvun heikkenemistä, alentunutta hedelmällisyyttä ja painon laskua

## Kivennäis- ja hivenainetarve

- Hyönteisten kivennäisten ja hivenaineiden tarpeita ei ole juuri pystytty määrittelemään
- Hyönteisille tärkeitä kivennäisiä ovat fosfori, kloori, kalsium, kalium, natrium, mangaani, magnesium, rauta, kupari ja sinkki

Taulukko 1. Wesson suolaseos (Cohen 2004, s. 32)

Ainesosa	Määrä (%)
Kalsiumkarbonaatti	21,0
Kuparisulfaatti 5H <sub>2</sub> O	0,039
Rautafosfaatti	1,470
Mangaani sulfaatti (vedetön)	0,020
Magnesiumsulfaatilla (vedetön)	9,0
Kalium alumiinisulfaatti	0,009
Kaliumkloridi	12,0
Kaliumdivetyfosfaatti	31,0
Kaliumjodidi	0,005
Natriumkloridi	10,5
Natriumfluoridi	0,057
Trikaliumfosfaatti	14,9

Hyönteisten ruokinnassa käytettyjä mineraaliseoksia ovat mm.

Wesson suolaseos  
ja AIN mineraaliseos 76



## Kotisirkka (*Acheta domesticus*)



Aikuinen kotisirkka on noin 2-2,5 cm pitkä, perälisäkkeet ja tuntosarvet lisäävät kokonaispituutta

(Kuva Mitteleer Feldgrille)

- Sirkat kuuluvat suorasiipisten (*Orthoptera*) hyönteisten lahkoon yhdessä heinäsirkkojen ja hepokattien kanssa.
- Yhteistä suorasiipisille hyönteisille on sirtyt ja takajalat, jotka soveltuvat hyvin hyppäämiseen

# Kotisirkan elinkaari

Saavutettuaan aikuisuuden, naaraat pystyvät pariutumaan kahden päivän kuluessa

Muninta alkaa 9 päivänä aikuisuuden saavuttamisesta

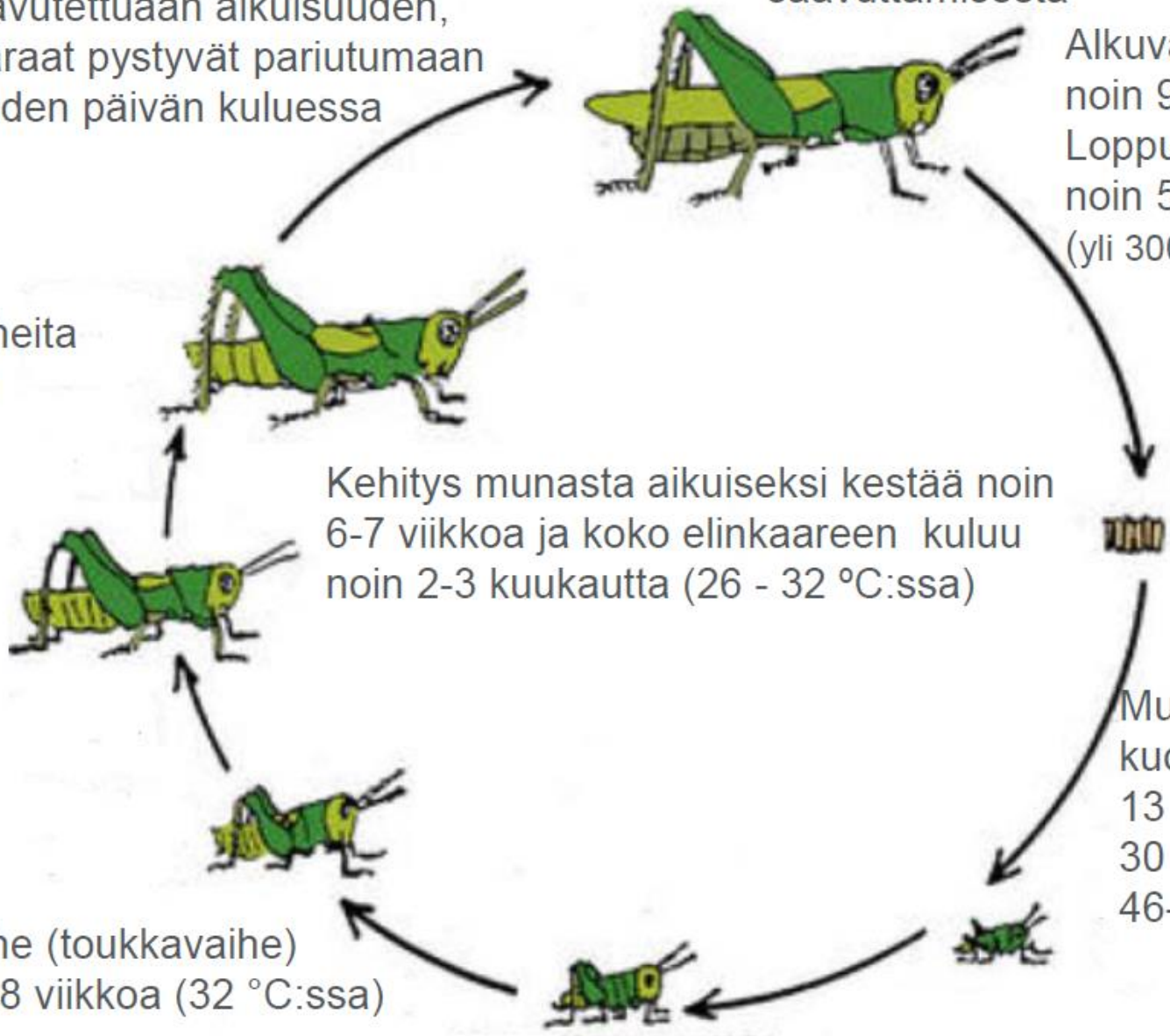
Alkuvaiheessa noin 95 munaa/pv, Loppuvaiheessa noin 55 munaa/pv (yli 3000 kpl/70 päivää)

Nymfivaiheita 6-10 kpl

Kehitys munasta aikuiseksi kestää noin 6-7 viikkoa ja koko elinkaareen kuluu noin 2-3 kuukautta (26 - 32 °C:ssa)

Munien kuoriutumisaika:  
13 pv 30 °C:ssa  
30 pv 27 °C:ssa  
46-51 pv 23 °C:ssa

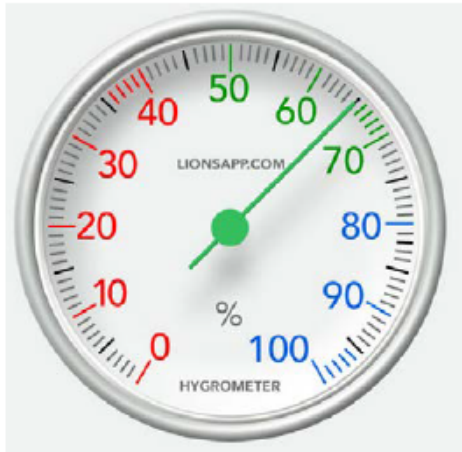
Nymfivaihe (toukkavaihe) kestää 6-8 viikkoa (32 °C:ssa)



# Kotisirkkojen kasvatusolosuhteet



Sirkat selviävät ja lisääntyvät huoneenlämmössäkin, mutta sirkkojen optimaalinen kasvatuslämpötila on 32 -35 °C (29,5- 33 °C)  
Minimi 25 °C , maksimi 35 °C



Optimaalinen Ilmankosteus  
(suhteellinen kosteus-% = RH)

Aikuiset sirkat  
55 % riittävä

Muut kehitysvaiheet:  
60-75 %

# Kasvatustiheys

- Sirkkayksilön tilantarve on 2,5 cm<sup>2</sup>, jolla voidaan minimoida kuolleisuus ja maksimoida tilankäyttö
- Sirkkojen kuolleisuus lisääntyy kasvatustiheyden noustessa liian suureksi
- Kasvatustiheys ja ryhmäkoko vaikuttavat huomattavasti rehuhyötysuhteeseen

# Kotisirkan rehu

Kotisirikka on kaikkiruokainen

- Luonnossa ravinnoksi kelpaavat mm. ruuantähteet ja hyönteisten raadot
- Kannibalismin ehkäisemiseksi rehussa tulisi olla riittävästi proteiinia
- Partikkelikoko riippuvainen sirkan koosta
- Kasvattajat käyttävät kanan rehua

Optimaalinen rehun koostumus (Patton, 1967):

- 20–30 % proteiinia (pienille proteiinipitoisempaa)
- 32–47 % hiilihydraatteja
- 3,2–5,2 % rasvoja

## Tuoreravinto/vesi

- Vettä tarjotaan, joko sumuttamalla astian pinnoille, imeytettynä pumpuliin tai tarjottuna lintujen juoma-automaattipullosta
- Sirkat saavat tarvitsemansa veden myös, jos niille on tarjolla kuivan ruoan lisäksi tuoreruokaa esim. kiinankaalia, kurkkua, porkkanaa, perunaa, salaattia, hedelmää tai jotain muuta kosteaa vihannesta tai kasvista
- Hyönteisille syötettävät ulkomaiset hedelmät ym. on syytä kuoria tai vähintäänkin pestä hyvin niiden käsittelyyn käytettyjen hyönteismyrkkyjen takia



(Photo: Christopher Münke, 2012)



(Photo: Christopher Münke, 2012)





# Jauhopukki ja jauhomato

- Jauhopukki on tuhohyönteinen, jota tavataan silloin tällöin sisätiloissa
- Jauhomato on jauhopukki kovakuoriaisen toukka
- Jauhopukki elää luonnossa lahoavassa puussa sekä lintujen että ampiaisten pesissä ja kulkeutuu sieltä sisään asuntoihin
- Viihtyy kosteassa, hämärässä ja lämpimässä paikassa
- Jauhopukki ja jauhomato ovat luonnossa sekaravinnon syöjiä
- Pääasiallisena ravinnon lähteenä ovat viljatuotteet
- Proteiinilähteinä luonnossa ovat muut hyönteiset ja esim. höyhenet



Jauhopukki: 12–18 mm

Jauhomato: n. 30 mm

# Jauhopukin elinkaari

Jauhopukkinaaras  
munii noin 300-500  
munaa elämänsä aikana

Muninta alkaa  
4-19 päivässä

Jauhopukki  
elää noin  
2-3 kk

Kotelovaihe kestää  
6 päivää +28 °C:ssa,  
3-4 viikkoa +25 °C:ssa  
6 kk +20 °C:ssa

Hautomisaika riippuu lämpötilasta  
optimioloissa kuoriutumiseen  
kuluu 4-7 päivää  
25 °C:ssa 2 viikkoa

Toukkavaihe kestää  
optimilämpötilassa  
(27 °C:ssa) 6-7 viikkoa  
(voi kestää 3-18 kk)

Jauhomadot luovat  
kitiinikuorensa  
9-20 kertaa ennen  
koteloastetta

# Jauhomatojen kasvatus

Laatikoissa  
pitää olla  
ilmareikiä

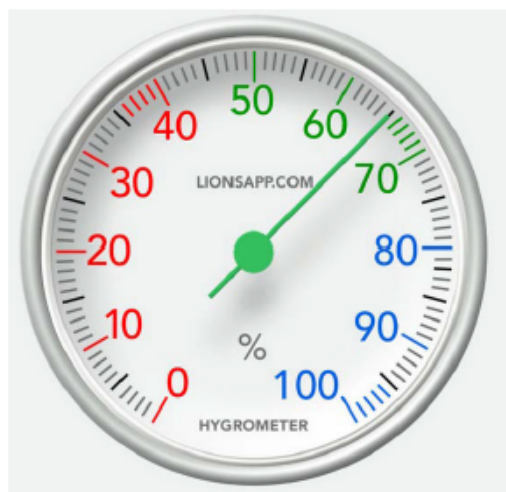


Jauhopukki  
kuoriaislaatikon  
pohja  
voi olla verkkoa,  
jolloin  
siivilöintitarve  
vähenee

# Jauhomatojen kasvatusolosuhteet



- Jauhomatojen optimaalinen kasvatuslämpötila on noin 25-30°C.
- Sopeutuvat elämään 15-40 °C:ssa,
- Voivat pysyä hengissä jopa 0–15 °C tai 40–45 °C



Optimaalinen suhteellinen kosteus on noin 50-75 %

Kosteus-% vaikuttaa kasvunopeuteen:

- Paras kasvunopeus 70 %,
- Hidas 30 %
- Erittäin hidas 13 %

# Jauhomatojen kasvatustiheys



Aikuisten jauhomatojen kasvatustiheys on 0,94-1,18 kpl/cm<sup>2</sup>

Liian suuri kasvatustiheys aiheuttaa:

- Kasvun ja kehittymisen hidastumista tai estymistä
- Rehunmuuntosuhteen huononemista
- Lisääntymisen hidastumista
- Kannibalismin ja kuolleisuuden lisääntymistä

## Kasvatusalusta (ravintoalusta)

- Jauhopukit ja jauhomadot elävät kasvatusalustassa (4-6 cm syvä), syövät sitä, ja munivat siihen

Optimaalinen kasvatusalusta:

- noin 20 % proteiinia (DM)
- 80-85 % hiilihydraattia (eivät voi sulattaa selluloosaa tai laktoosia)
- Jauhomadot tarvitsevat steroleja (1 %)
- Joitakin B-ryhmän vitamiineja tarvitaan
- Karnitiini ovat välttämätön
- Jauhomatojen kivennäis- ja hivenainetarpeesta tiedetään vain vähän (sinkki ja kalium)

## Kasvualustan koostumus

Harri Suomalaisen resepti (Herpetomania 5-6,1999)

- 250 g vehnäjauhoja
- 250 g kaurahiutaleita
- 100 g soijajauhoja
- 70 g maissijauhoja
- 30 g olut- tai kuivahiivaa
- 300g vehnäleseitä

Yksinkertainen jauhomatojen kasvatusalusta sisältää vehnäleseitä ja 5 % oluthiivaa (Fraenkel ym. 1950)

# Tuoreruoka

- Jauhopukeille ja jauhomadoille annetaan muutaman kerran viikossa tuoreruokaa (omena, porkkana, peruna, salaatti, kurkku tai banaaninkuoret jne.)
- Tuoreruoka asetetaan paperin, muovin tai peltikannen päälle
- Sekä jauhomadot että kuoriaiset saavat nesteensä kasviksista, joten tuoreruokinnan laiminlyönti johtaa kasvun heikkenemiseen, kannibalismiin ja kuolemiin
- Tuoreruoasta madot saavat myös vitamiineja ja muita tärkeitä ravintoaineita



# Jauhomatojen kasvatuksessa synkronointi on ongelma (kehitetty siiviläkoneita erottelua varten)



Kuva: Cohen A. C. 2004. Insect Diets: Science and Technology

# Mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*)



Mustasotilaskärpäsiä (kuva: Bioflytech)



Mustasotilaskärpäsen toukkia (3–19 mm)

Mustasotilaskärpänen (n. 13-20 mm) munii kaikenlaisiin rakoihin lähelle ravintomateriaalia (jätettä)



Mustasotilaskärpäsen koteloita

# Mustasotilaskärpäsen elinkaari (n. 45 päivää)

Kotelovaihe  
kestää 10 päivää-  
useita kuukausia

Aikuinen elää  
vain 5-9 päivää

Naaras munii 500-  
900 munaa kostean  
ravinnerikkaan  
jätteen läheisyyteen

Esikotelovaihe  
on kuudes  
toukkavaihe  
(noin 7 päivää)

Munat kuoriutuvat  
noin 4 päivän  
kuluttua

Toukkavaiheet (5 kpl)  
kestävät noin 13-18  
päivää



# Mustasotilaskärpäsen kasvatusastia



<https://www.slideshare.net/MarissaLauer/bsfwastemanagementfinalpresentation>

# Mustasotilaskärpäsen kasvatusastia (BioPod™)



The BioPod™



Poistumisramppi

Keräilyastia

BioPod™ Interior

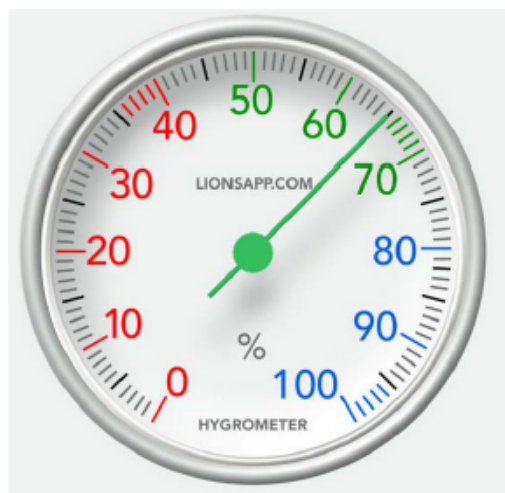
# Mustasotilaskärpäsen kasvatusastia (Farm 432)



# Mustasotilaskärpäsen kasvatusolosuhteet



Mustasotilaskärpäsen  
optimaalinen  
kasvatuslämpötila on 27°C



Optimaalinen ilmankosteus  
60-70 % RH

Optimaalinen valojakso  
14:10 (valo:pimeä)

## Sotilaskärpäsen kasvatusalusta

- Sotilaskärpäsen toukat syövät orgaanisia jätteitä:
- Pilaantunut tai käyttämätön ruoka tehtaista, ravintoloista, yksityisiltä, kaupoista
- Myyntiin kelpaamattomat hedelmät ja vihannekset, jne.
- Sian- ja kananlanta (ei saa käyttää rehuaineena)
- Teurasjätteitä (ei saa käyttää), kalajätteitä sekä maitotuotteita enintään 5 prosenttia kokonaisrehuista
- Uutta rehua (jättemateriaalia) lisätään vain tarpeen mukaan, koska kasvualustan on pysyttävä aerobisena (hajuton)
- Kasvualusta kastellaan sumuttamalla, ylimääräinen vesi valuu kasvatuslaatikon alaosaan pois
- Kuivat, kuitumaiset, paljon selluloosaa sisältävät materiaalit eivät sovellu, kuten ruoho, lehdet, varret, paperi ja pahvi



## Yhteenveto

- Nämä kaikki hyönteiset ovat trooppisissa olosuhteissa kasvatettavia
- Kotisirkan ruokinta orgaanisilla jätteillä vaikuttaa vaikeimmalta toteuttaa, jauhomatojen ruokinta on helpompaa ja sotilaskärpäsen toukan ruokinta helpointa
- Sotilaskärpäsen toukka pystyy parhaiten käyttämään hyväksi erilaisia orgaanisia kotitalouksien, kaupan- teollisuuden ja ravintoloiden ylijäämätuotteita ja jätteitä

# Lopuksi



- Hyönteiskasvatuksessa on monia mahdollisuuksia
- Haasteena on lainsäädännön lisäksi tuotannon automatisointi, kustannusten pitäminen kurissa ja tuotteistaminen
- Tutkimuksella ja tuotekehityksellä on todennäköisesti saatavissa vielä merkittäviä parannuksia
- Mietittävä, mikä on yrityksen tuotevalikoima ja ydinbisnes – Ruoka, rehu vai joku muu?
- Entolab-hankkeen aloitusseminaarin materiaaleja löytyy [täältä](#)