



# Optimaliseren van de reproductie van de meeltor door huisvesting en voeding

Arjan Borghuis – HAS Hogeschool

Gebaseerd op studentenrapporten AJ 2018-2019



**Interreg**   
EUROPESE UNIE  
**Vlaanderen-Nederland**  
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

**entomo** **SPEED**

## Inhoud

1	Invloed van huisvesting op de reproductie van de meeltor.....	3
1.1	Materiaal en Methode .....	3
1.1.1	Algemeen.....	3
1.1.2	Experimenten .....	3
1.1.3	Werkwijze.....	4
1.1.4	Statistische-analyse .....	4
1.2	Resultaten.....	5
1.2.1	Experiment 1 .....	5
1.2.2	Experiment 2 .....	6
1.3	Conclusie & discussie.....	9
1.4	Literatuurlijst .....	11
2	Voeding- en overzetzfrequentie .....	13
2.1	Materiaal en methode.....	13
2.1.1	Herkomst, huisvesting en verzorging .....	13
2.1.2	Grootte van de ovaria.....	13
2.1.3	Samenstelling voer .....	14
2.1.4	Overzetzfrequentie .....	14
2.1.5	Dataverwerking .....	15
2.2	Resultaten.....	15
2.2.1	Effect voeding op ovaria.....	15
2.2.2	Invloed van overzetzfrequentie op het aantal glaswormen .....	16
2.3	Discussie .....	18
2.3.1	Voertype .....	18
2.3.2	Overzetzfrequenties.....	18
2.3.3	Conclusie en aanbevelingen .....	19
2.4	Literatuurlijst .....	19

# 1 Invloed van huisvesting op de reproductie van de meeltor

## 1.1 Materiaal en Methode

### 1.1.1 Algemeen

Tijdens dit onderzoek is gekeken naar het effect van huisvesting op de reproductie van meeltorren. Er zijn twee experimenten uitgevoerd. Er is onderzocht of oppervlakte vergroting, door het introduceren van eierdoosconstructies, meer nakomelingen geeft en welk effect het optimaliseren van de dichtheid aan torren, bij een bepaalde hoogte van een eierdoosconstructie, heeft op het aantal nakomelingen.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in het InsectLab van de HAS Hogeschool te 's-Hertogenbosch. Het InsectLab bestaat uit twee containers met een werkruimte en twee klimaatkamers. In een van de twee klimaatkamers is het onderzoek uitgevoerd. De klimaatkamer is onderverdeeld in 2 helften met schappen en is ingesteld op 28 graden Celsius.

Tijdens dit onderzoek is gekeken of het mogelijk is meeltorren te huisvesten op een alternatieve manier die voortkomt uit de krekelmethode. Er is gekeken of meeltorren gebruik maken van oppervlakte vergroting gecreëerd door een eierdoosconstructie. Hierbij is gekeken welke hoogte van de eierdozen het meest geschikt is en welke dichtheid aan torren hiervoor optimaal is.

De torren die voor dit onderzoek zijn gebruikt zijn afkomstig van Wadudu Insecten Centrum. Hier worden de torren gehuisvest in plastic Euronorm bakken van 60 x 40 x 15 cm. De bodem is bedekt met afzetsubstraat voor eieren wat tevens dient als voeding. De bakken worden in een klimaatcel gehouden bij een temperatuur van 28 °C met een luchtvochtigheid van 60% in schappen van tien tot vijftien bakken. In een bak zitten ongeveer 1100 meeltorren, met een gemiddeld gewicht van 120 gram.

Alle experimenten vonden plaats bij een temperatuur van 28 °C en bij een luchtvochtigheid van 60%. De bakken zijn volgens een Latijns vierkant ingedeeld in de rekken. De bodem van de bakken werd bedekt met een laag Breed voer.

### 1.1.2 Experimenten

Experiment 1: Geeft oppervlakte vergroting, door het introduceren van eierdoosconstructies, meer nakomelingen?

Om te kijken of oppervlakte vergroting, door eierdoosconstructies, leidt tot een grotere reproductie aan eieren zijn de torren gehuisvest in 9 Euronorm bakken. De gebruikte eierdoosconstructies bestaan uit 6 eiertrays. In drie bakken van 60 x 40 x 30 cm werd een eierdoosconstructie gebruikt van 30 x 30 x 30 cm. Eierdoosconstructies van 30 x 30 x 15 cm werden in 3 andere bakken met dezelfde afmetingen geplaatst. Drie bakken van 60 x 40 x 15 cm diende als controlegroep hierin werd geen eierdoosconstructie geplaatst.

Experiment 2: Welk effect heeft het optimaliseren van de dichtheid aan torren bij een bepaalde hoogte van een eierdoosconstructie op het aantal nakomelingen?

Om de dichtheid aan torren te bepalen zijn twaalf bakken gebruikt. Voor dit experiment zijn dezelfde eierdoosconstructies gebruikt als bij experiment 1. De totale oppervlakte in de bak is afhankelijk van de eierdoosconstructie en hierop zijn dichtheden gebaseerd (Tabel 1).

*Tabel 1: Hoogte van de eierdoosconstructie in cm, gewicht van de torren in gram en de geschatte torren dichtheid in aantal torren/cm<sup>2</sup> per bak.*

Baknummer	Hoogte eierdoosconstructie (cm)	Gewicht torren (in gram)	Geschatte dichtheid (aantal torren/cm <sup>2</sup> )
1	30	720	0.50
2	30	720	0.50
3	30	360	0.25
4	30	360	0.25
5	15	425	0.50
6	15	425	0.50
7	15	213	0.25
8	15	213	0.25
9	30	120	0.08
10	30	120	0.08
11	15	120	0.14
12	15	120	0.14

### 1.1.3 Werkwijze

Tijdens het onderzoek werden de meeltorren gevoerd met Breed voer. Vocht werd beschikbaar gesteld door middel van stukjes wortel. Het voerschema is bijgehouden in een logboek. De torren werden na 2 tot 3 weken uit de Euronorm bakken gehaald. De levende en dode torren werden van elkaar gescheiden vervolgens werden deze gewogen en geteld. De gelegde eieren in de bakken zijn opgekweekt tot meelwormen, deze zijn na 5 weken gezeefd en geteld. Voor het zeven zijn verschillende zeven op elkaar geplaatst, één met een maaswijdte van 0.6 mm en twee met een waaswijdte van 2 mm. Na het zeven zijn de wormen in Euronorm bak van 40 x 30 x 7.5 cm gezet en geplaatst in een tent van insectengaas. Met gebruik van een föhn zijn de vervellingsresten verwijderd uit de bakken. De bakken met gezeefde meelwormen werden gewogen, hiervan werd 10 gram apart afgewogen en met de hand geteld. Vervolgens werd het totaal aantal meelwormen over de hele bak geschat aan de hand van die 10 gram.

### 1.1.4 Statistische-analyse

Voor het analyseren van de resultaten van experiment 1: om te bepalen of de huisvesting effect heeft op de reproductie werd de OneWay ANOVA gebruikt met de hoogte van de eierdoosconstructies als de verklarende variabele en het aantal nakomelingen als de respons variabele.

Experiment 2: werd gebruik gemaakt van de meervoudige variantieanalyse met de hoogte van de eierdoosconstructies en torrendichtheid als de verklarende variabelen en het aantal nakomelingen als de respons variabele. Alle statistische analyses werden uitgevoerd met behulp van SPSS-25. Bij elke analyse werd gebruikt gemaakt van een significantie van  $P < 0.05$ .

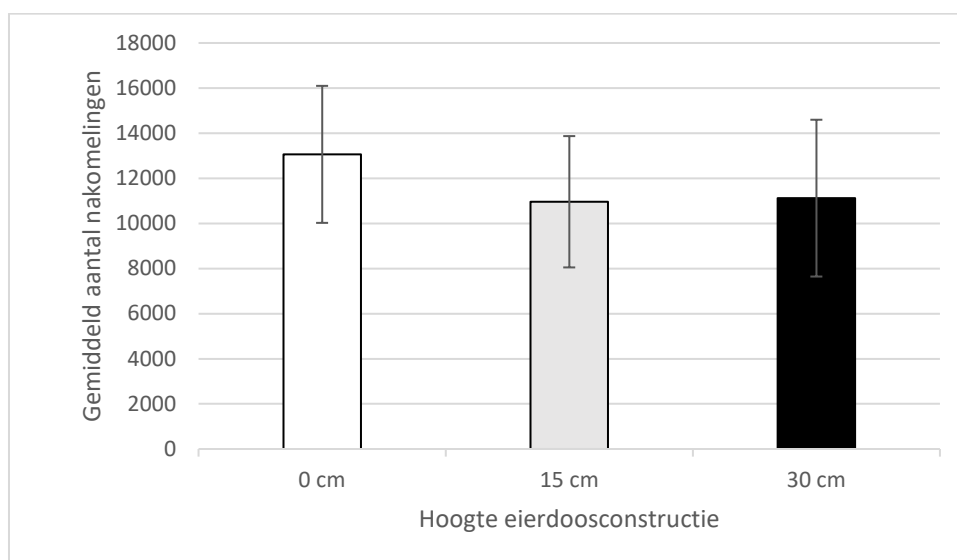
## 1.2 Resultaten

### 1.2.1 Experiment 1

Geeft oppervlakte vergroting, door het introduceren van eierdoosconstructies, meer nakomelingen?

#### 1.2.1.1 Gemiddeld aantal nakomelingen door eierdoosconstructie

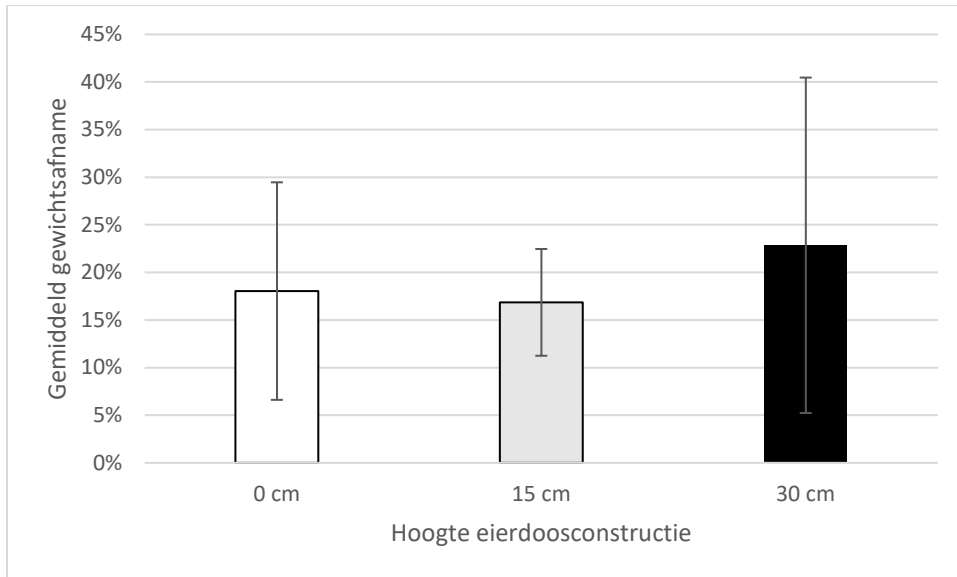
Er is geen significant verschil aangetoond tussen het aantal nakomelingen van torren gehouden in Euronorm bakken met een eierdoosconstructie van 0 cm, 15 cm of 30 cm ( $p = 0,679$ ) (Figuur 1). De resultaten zijn verkregen uit twee metingen. De resultaten van meting 1 zijn verkregen na twee weken, de resultaten van meting 2 zijn verkregen na drie weken. In de grafiek is het gemiddelde genomen van de twee metingen. Het hoogste aantal is waargenomen bij een eierdoosconstructie van 0 cm met gemiddeld 13062 nakomelingen. De eierdoosconstructie met een hoogte van 30 cm volgt hierop met 11121 nakomelingen, het laagste aantal nakomelingen, 10961, is te zien bij een hoogte van 15 cm.



Figuur 1: Gemiddeld aantal nakomelingen per eierdoosconstructie met hoogte 0 cm (wit), 15 cm (grijs) en 30 cm (zwart). Er is geen significant verschil aangetoond tussen het aantal nakomelingen per eierdoosconstructie ( $p = 0,679$ ).

#### 1.2.1.2 Afnamepercentage startgewicht

Na de metingen is het startgewicht van de torren vergeleken met het eindgewicht. Er is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddelde gewichtsafnamepercentage met een eierdoosconstructie van 0 cm, 15 cm, of 30 cm ( $p = 0,830$ ) (Figuur 2). De resultaten zijn verkregen uit twee metingen. De resultaten van meting 1 zijn verkregen na twee weken, de resultaten van meting 2 zijn verkregen na drie weken. In de grafiek is het gemiddelde genomen van de twee metingen. De grootste afname is waargenomen bij een eierdoosconstructie van 30 cm met gemiddeld 23%. De eierdoosconstructie hoogte van 0 cm volgt hierop met 18%. Het laagste afname percentage, 17%, is te zien bij een hoogte van 15 cm.



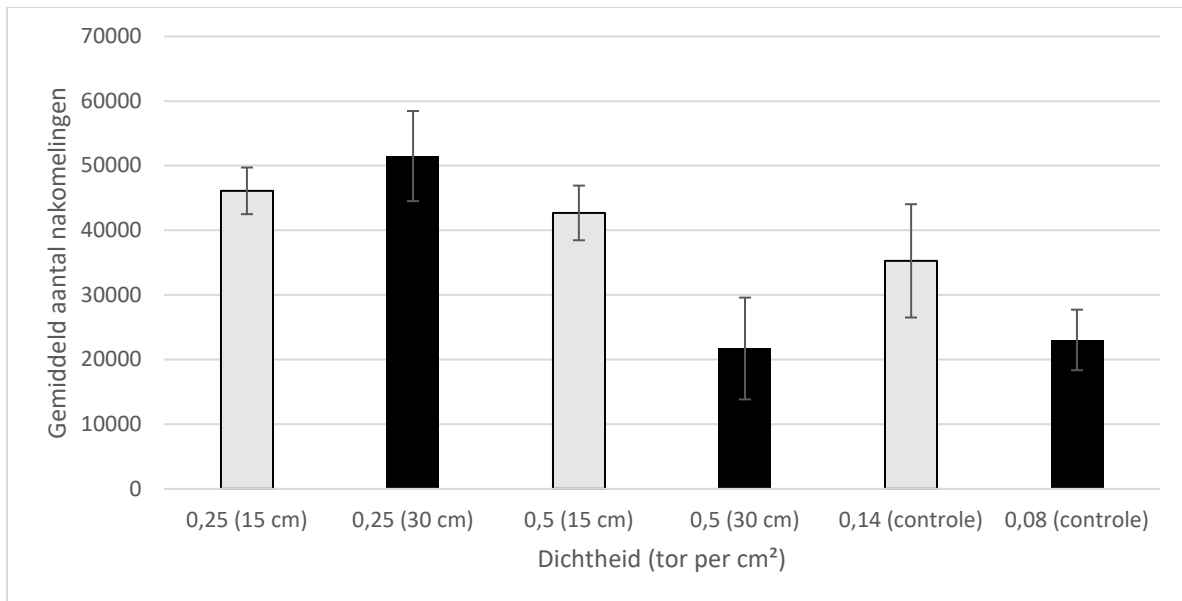
Figuur 2: Gemiddeld gewichtsafnamepercentage per eierdoosconstructie met hoogte 0 cm (wit), 15 cm (grijs) en 30 cm (zwart). Er is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddelde gewichtsafnamepercentage per eierdoosconstructie ( $p = 0,830$ ).

## 1.2.2 Experiment 2

Welk effect heeft het optimaliseren van de dichtheid aan torren bij een bepaalde hoogte van een eierdoosconstructie op het aantal nakomelingen?

### 1.2.2.1 Gemiddeld aantal nakomelingen per eierdoosconstructie

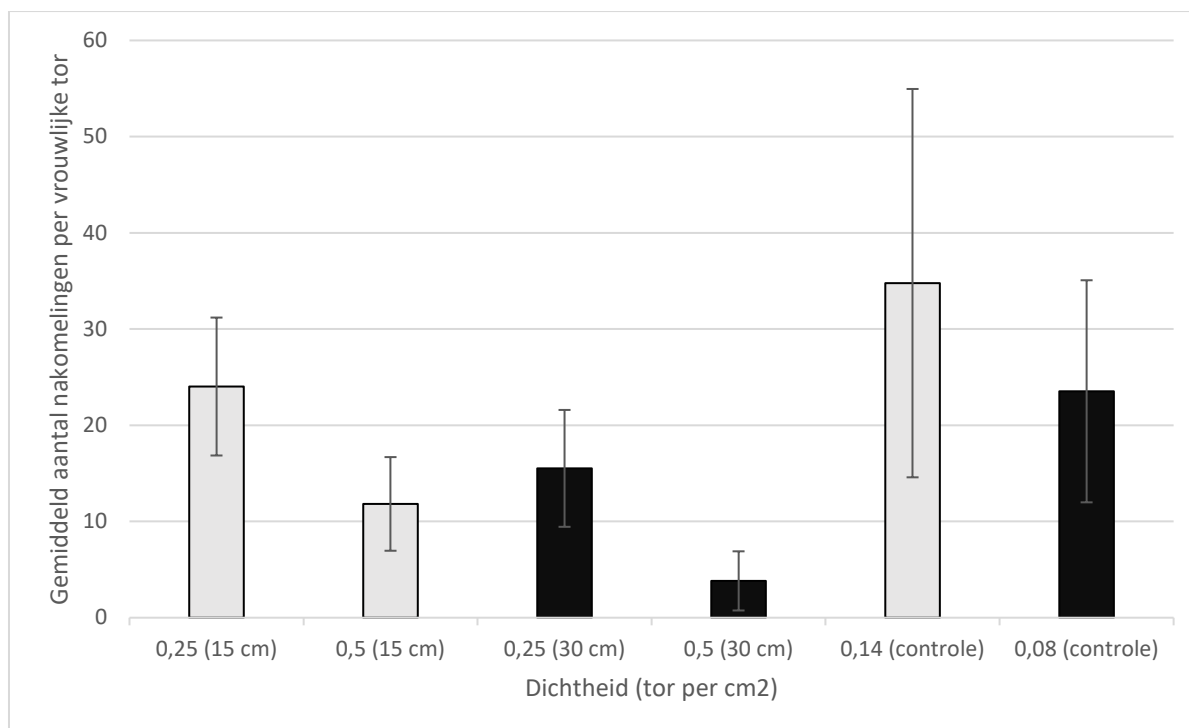
Bij het experiment naar het optimaliseren van de dichtheid van de torren, voor een eierdoosconstructie, is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddelde aantal nakomelingen bij een eierdoosconstructie van 15 en 30 cm ( $p = 0,254$ ) (Figuur 3). De resultaten zijn verkregen uit twee metingen. De resultaten van meting 1 en 2 zijn op verschillende momenten verkregen na een periode van twee weken. Een eierdoosconstructie van 30 cm met een dichtheid van 0,5 tor per  $\text{cm}^2$  geeft gemiddeld 21718 nakomelingen, dit is het laagste aantal. Het hoogste gemiddeld aantal nakomelingen is gevonden bij een bak met een eierdoosconstructie met hoogte van 30 cm en een dichtheid van 0,25 tor per  $\text{cm}^2$  dit is gemiddeld 51486 nakomelingen.



Figuur 3: Gemiddeld aantal nakomelingen per eierdoosconstructie met hoogte 15 cm (grijs) en 30 cm (zwart). Er is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddeld aantal nakomelingen per eierdoosconstructie ( $p = 0,254$ ).

#### 1.2.2.2 Gemiddeld aantal nakomelingen per vrouwelijke tor

Bij het experiment naar het optimaliseren van de dichtheid van de torren, voor een eierdoosconstructie, is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddeld aantal nakomelingen per vrouwelijke tor, met een eierdoosconstructie van 15 en 30 cm ( $p = 0,254$ ) (Figuur 4). De resultaten zijn verkregen uit twee metingen. De resultaten van meting 1 en 2 zijn op verschillende momenten verkregen na een periode van twee weken. Een eierdoosconstructie van 30 cm met een torren dichtheid van 0,5 tor per cm<sup>2</sup> geeft de minste nakomelingen met gemiddeld 4 nakomelingen per tor. Het hoogst aantal nakomelingen is bij een eierdoosconstructie hoogte van 15 cm (controle) en een dichtheid van 0,14 tor per cm<sup>2</sup> dit is gemiddeld 35 nakomelingen per tor.

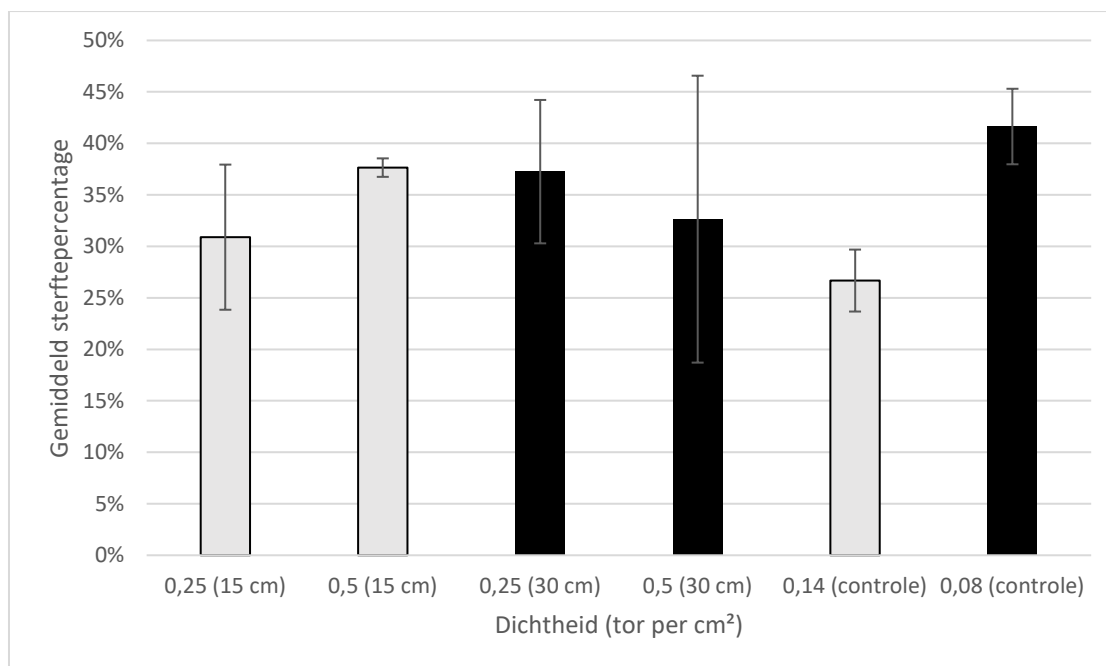


Figuur 4: Gemiddeld aantal nakomelingen per eierdoosconstructie met hoogte 15 cm (grijs) en 30 cm (zwart). Er is geen significant verschil aangetoond tussen het aantal nakomelingen per tor per eierdoosconstructie ( $p = 0,254$ ).

### 1.2.2.3 Gemiddeld sterftepercentage

Bij het experiment naar het optimaliseren van de dichtheid van de torren, voor een eierdoosconstructie, is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddelde sterftepercentage bij een eierdoosconstructie van 15 en 30 cm ( $p = 0,443$ ) (Figuur 5). De resultaten zijn verkregen uit twee metingen. De resultaten van meting 1 en 2 zijn op verschillende momenten verkregen na een periode van twee weken. Het hoogste sterftepercentage is gevonden bij een bak met een eierdoosconstructie van 30 cm en een torren dichtheid van 0,08 tor per cm<sup>2</sup> dit is gemiddeld 42%. Het laagste gemiddelde sterftepercentage is gevonden bij een eierdoosconstructie van 15 cm en een torrendichtheid van 0,14 tor per cm<sup>2</sup>, dit is gemiddeld 27%.





Figuur 5: Gemiddeld sterftepercentage per eierdoosconstructie met hoogte 15 cm (grijs) en 30 cm (zwart). Er is geen significant verschil aangetoond tussen het gemiddeld sterftepercentage per eierdoosconstructie ( $p = 0,443$ ).

### 1.3 Conclusie & discussie

Tijdens dit onderzoek is onderzocht of meeltorren, gehouden in een huisvesting vergelijkbaar aan die van de krekkel, meer nakomelingen produceren dan meeltorren in hun huidige huisvesting. Om dit te onderzoeken zijn net als bij de krekkel huisvesting eierdoosconstructies in de kweekbakken geplaatst. Krekels zijn kannibalistisch en vallen elkaar sneller aan naarmate de dichtheid toeneemt (Bazazi et al., 2010). Dit gecombineerd met het efficiënt gebruik van de ruimte resulteert in oppervlakte vergroting. Meeltorren zijn net als krekels kannibalistisch (Savidou & Bell, 1994). Hierdoor werd gedacht dat het gebruiken van eierdoosconstructies, bij meeltorren, hetzelfde effect zou kunnen hebben als bij krekels. Uit het onderzoek is gebleken dat het toevoegen van een eierdoosconstructie, aan de huisvesting van de meeltor geen effectieve methode is voor het verhogen van het aantal nakomelingen.

Bij het experiment waarbij gekeken is naar het creëren van oppervlakte vergroting is een significant verschil gevonden tussen de twee metingen. Dit verschil is mogelijk te verklaren doordat een van de twee metingen langer heeft ingestaan. Torren die langer zijn ingezet hebben meer tijd om eieren te leggen. Naarmate het aantal eieren toeneemt, stijgt ook de kans op vraat (Yoshida, 1974). Dus er kan aangenomen worden dat bij de meting die langer heeft ingestaan er meer vraat heeft plaatsgevonden. De torren die zijn ingezet voor de metingen zijn afkomstig uit twee verschillende batches. Er was een duidelijk verschil qua leeftijd van de torren, uit de twee batches, zichtbaar. In één van de batches zaten veel volgroeide meelwormen, dit duidt op jongere torren. Dit kan van invloed zijn geweest op de uitkomst van de metingen. Uit eerder onderzoek is ook al gebleken dat leeftijd invloed heeft op de eiafzet (Morales-Ramos et al., 2012). Doordat een batch jongere torren bevatte en deze minder eieren

leggen is de grote spreiding, die te zien is bij het aantal nakomelingen, tussen de twee metingen te verklaren. De grote spreiding bij het afname percentage is mogelijk te verklaren doordat bij een van de batches de torren veel stress hebben ondervonden tijdens het transporteren van de kwekerij naar onderzoekslocatie. Tevens duurde ook het overzetten van de torren van deze batch langer dan bij de andere batch. Uit ervaring van kwekerijen blijkt dat wanneer het overzetten langer duurt er meer sterfte optreedt. Verder is het zo dat bij het andere experiment geen significante verschillen gevonden zijn. Hoogstwaarschijnlijk zou er dus ook geen significant verschil zijn in dit experiment als er tussen de twee metingen geen significant verschil was aangetoond.

Er is gedurende het onderzoek waargenomen dat torren niet tot nauwelijks gebruik maakten van de gehele oppervlakte van de eierdoosconstructies. Torren gebruikten voornamelijk het onderste gedeelte van de eierdoosconstructies. Terwijl krekels wel het gehele oppervlak gebruiken. Dit zou kunnen komen doordat morfologisch gezien krekels en torren van elkaar verschillen. Krekels hebben sterk vergrootte achterpoten die aangepast zijn om goed te kunnen springen. Torren daarentegen hebben vele malen kortere poten. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het feit dat torren niet het gehele oppervlak gebruiken. Geacht wordt dat het de torren erg veel energie kost om helemaal naar boven te klimmen, terwijl krekels gemakkelijk naar een verhoogd oppervlakte kunnen springen. Het toevoegen van een eierdoosconstructie van 15 of 30 cm blijkt dan ook niet geschikt voor het verhogen van het aantal nakomelingen bij torren. Omdat er aan de onderkant van de eierdoosconstructie, bij zowel een hoogte van 15 als 30 cm, meer activiteit waargenomen is, is vervolgonderzoek aan te raden. Bij vervolgonderzoek zal onderzocht moeten worden of het plaatsen van eierdoosconstructies, bij verschillende hoogtes lager dan 15 cm, wel het aantal nakomelingen zal verhogen.

Het optimaliseren van de dichtheid zou zorgen voor verhoging van het aantal nakomelingen (Henrard et al., 2017). Echter is bij het experiment waarbij is gekeken naar de optimale dichtheid van de torren, geen significant verschil gevonden tussen de twee metingen, de verschillende dichtheden en de twee hoogtes van de eierdoosconstructies. Uit eerder onderzoek door Henrard et al. (2017) is gebleken dat vrouwelijke torren bij een lagere dichtheid significant meer eieren leggen. Ondanks dat bij het onderzoek geen significante verschillen gevonden zijn, is bij beide eierconstructiehoogtes met een torren dichtheid van 0,25 tor per cm<sup>2</sup> wel het hoogst aantal nakomelingen waargenomen. Waarschijnlijk heeft hier minder vraat, aan de eieren, plaatsgevonden (Weaver & McFarlene, 1990; Barnes & Siva-Jothy, 2000). Bij hoge dichtheden vindt er namelijk meer vraat, aan de eieren, plaats dan bij lage dichtheden. Vervolgonderzoek is aan te raden omdat bij ander onderzoeken wel significante verschillen zijn aangetoond in het aantal nakomelingen met verschillende dichtheden. Bij vervolgonderzoek zouden, aan de hand van andere hoogtes van eierdoosconstructies, dichtheden van 0.25 tor per cm<sup>2</sup> of lager getest kunnen worden.

Ondanks dat er geen significante verschillen zijn gevonden wat betreft het sterftepercentage, is het opvallend dat hier toch grote een spreiding te zien is. Deze spreiding was te zien bij een eierdoosconstructie met een hoogte van 30 cm met een dichtheid van 0,5 tor per cm<sup>2</sup>. Zoals eerdergenoemd kan de hoogte van de eierdoosconstructie invloed hebben gehad. Doordat de torren geen gebruik maakten van het gehele oppervlak maar het aantal torren wel geschat was op dit totale oppervlak is het mogelijk dat de torren te dicht op elkaar hebben gezeten. Hierdoor hebben zij meer stress ervaren en heeft er meer sterfte plaatsgevonden.

Uit vervolgonderzoek moet blijken of het zin heeft te investeren in eierdoosconstructies of een soortgelijke constructie voor het creëren van meer oppervlakte in de huidig gebruikte Euronorm bakken. Voor nu wordt aangeraden nog niet te investeren in eierdoosconstructies, maar eerst een vervolgonderzoek uit te voeren naar de optimale dichtheid van het aantal torren bij een bepaalde hoogte van een eierdoosconstructie. Aangeraden wordt het huidige experiment te herhalen met eierdoosconstructies die een hoogte van 0 tot maximaal 15 cm zullen bevatten. Voor dit vervolgonderzoek zullen andere dichtheden getest moeten worden. Aan de hand van dit vervolgonderzoek kan geconcludeerd worden of torren gebruik maken van oppervlakte vergroting, door bijvoorbeeld een eierdoosconstructie tot maximaal 15 cm hoog. Wanneer de optimale dichtheid gecombineerd zal worden met de juiste hoogte van een eierdoosconstructie zal het mogelijk zijn op een efficiënte manier meer torren te huisvesten in een Euronormbak, wat zal zorgen voor meer nakomelingen en dus een hogere opbrengst.

## 1.4 Literatuurlijst

Alltech (2013). Alltech Global Feed Summary.

Barnes, A.I. & Siva-Jothy, M.T. (2000). Density-dependent prophylaxis in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidea): cuticular melanisation is an indicator of investment in immunity. *The Royal Science*, 267: 177-182.

Bazazi, S., Couzin, L.D., Loannou, C.C., Lorch, P.D., Simpson, S.J., Sword, G.A. & Torney, C.J. (2010). The Social Context of Cannibalism in Migratory Bands of the Mormon Cricket. *PLOS ONE*,5:7p.

GeRu Reptiles (2011). Krekels kweken., <http://www.gerureptiles.com/krekelskweken> Retrieved: 25-06-2019.

Henrard, E., Kuntzelaer, J. & Voois, J. (2017). Optimalisatie van het reproductiesucces van de meeltor, *Tenebrio molitor* Invloed van populatiesamenstelling op de ei-afzet en de invloed van abiotische factoren op de ei-uitkomst. HAS Hogeschool, 18 p.

Khan, S., Khan, R., Alam, W. & Sultan, A. (2018). Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soya bean in broiler diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2: e662-e668.

Li, L., Zhao, Z., & Liu, H. (2013). Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*, 92: 103–109.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 33 p.

McLeod, A. (2011). World livestock 2011- livestock in food security. 20113401059 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 115 p.

Morales-Ramos, J.A., Guadalupe, M.R., Kay, S., Shapiro-Llan, D.I. & Tedders, W.L. (2012). Impact of adult weight, density and age on reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae ). *Journal of entomological science*, 47: 208-220.

Savvidou, N. & Bell, C.H. (1994). The effect of larval density, photoperiod and food change on the development of *Gnatocerus cornutus* (F.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Product Res.* 30: 17-21.

Stamer, A. (2015). Insect proteins--a new source for animal feed: The use of insect larvae to recycle food waste in high-quality protein for livestock and aquaculture feeds is held back largely owing to regulatory hurdles. *EMBO Reports*, 16(6): 676–680.

Wagenaar, J.P. & Visser, A. (2006). Lekker hapje blijkt te luxe: wormen en insecten als eiwitbron. *De pluimveehouderij*, 36 14: 46-47.

Wageningen University and Research (2018). Dossier Insecten als voedsel en veevoer <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Insecten-als-voedsel-en-veevoer.htm> Retrieved: 05-10-2018.

Weaver, D.K. & McFarlane, J.E. (1990). The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 36(7): 531-536.

Yoshida, T. (1974). Rate of oviposition and effect of crowding on egg cannibalism and pre-adult mortality in *Martianus dermestoides* Chevrolat (Coleoptera, Tenebrionidae). *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Okayama University*, 44: 9-14.

## 2 Voeding- en overzetsfrequentie

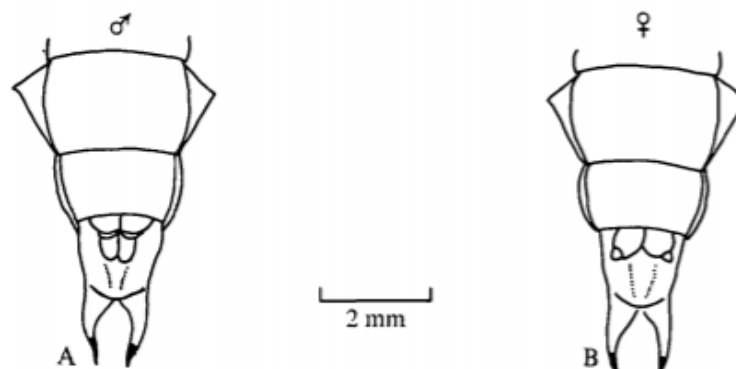
### 2.1 Materiaal en methode

#### 2.1.1 Herkomst, huisvesting en verzorging

De meelwormen en meeltorren die zijn gebruikt voor de verschillende proeven zijn afkomstig van twee verschillende leveranciers. De meelwormen zijn afkomstig van TNDN. Deze meelwormen worden hier gevoerd met Insectus Grow voer afkomstig van het bedrijf mijten en worden gekweekt bij een temperatuur van 26 graden Celsius en een luchtvochtigheid van 60% tot 65%. De meeltorren zijn afkomstig van Wadudu Kweekcentrum en een bak bevat verschillende leeftijden. Deze meeltorren worden gevoerd met Insectus Breed voer en worden gekweekt bij een temperatuur van 28 graden Celsius en een luchtvochtigheid van 65%. *T. molitor* en de larven hiervan zijn gehuisvest in Euronorm bakken van 60 cm diep, 20 cm breed en 15 cm hoog. Het voer vormt tevens het substraat. Verder werden er wortelen gevoerd voor vochtinname. Dit substraat en de wortelen waren Ad libitum beschikbaar voor de meelwormen en de torren. De bakken stonden in een klimaatcel met een constante temperatuur van 28 graden Celsius en een luchtvochtigheid van 65%. In deze cel stonden aan beide kanten stellingen met daarin bakken.

#### 2.1.2 Grootte van de ovaria

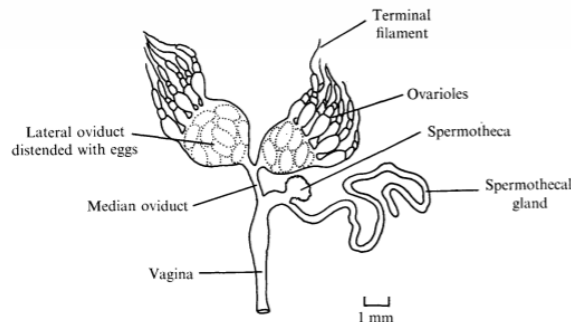
Bij dit experiment werd gekeken of het gebruik van Breed voer een positief effect heeft op de groei van de ovaria in de vrouwelijke meeltorren. Er zijn 2 groepen van meelwormen van 6 weken oud genomen en in quadruplo opgekweekt. Hierbij werd de ene groep gevoerd met Breed voer en de andere groep met Grow voer. Per voersoort waren er 4 kleinere bakken van 15 cm diep, 20 cm breed en 10 cm hoog, met 12,8 gram aan meelwormen per bakje. Wanneer de meelwormen het popstadium bereikt hadden, werden deze geselecteerd op geslacht volgens het *Tribolium* opkweek protocol (Beeman, Haas, & Friesen, 2018) en figuur 6 (Ullman, 1973) en per bakje werden er 15 vrouwelijke poppen individueel apart gehouden.



Figuur 6: Ventraal aanzicht van de abdominale extremiteiten van een mannelijke (A) en vrouwelijke (B) pop om de verschillen aan te tonen (Ullman, 1973).

Wanneer de meelwormen ontpopt waren tot meeltorren werden ze voorbereid op euthanasie door ze een dag in een koeler van 10 graden Celsius te zetten en vervolgens geëuthanaseerd door ze een dag in een vriezer bij min 20 graden Celsius te zetten. Na euthanasie werd een dissectie gedaan om het aantal eieren in de ovaria te meten. De dissectie werd uitgevoerd door het verwijderen van de elytra om daarna een dorsale incisie te maken in het vierde abdomale segment naar het posterior. Hierna is de abdominale holte blootgelegd om de ovaria te verwijderen (figuur 7). De ovaria werden

vervolgens gekleurd met een oplossing van 1% Methyleenblauw in ethanol voor een beter contrast (Ullman 1973). Van de verwijderde en gekleurde ovaria is per tor een preparaat gemaakt. Deze preparaten zijn vervolgens onder een camera microscoop (DigiMicro Lab 5.0) bekeken en vastgelegd. De eieren zijn geteld via de Cell-counter door ImageJ.



Figuur 7: Hoofdonderdelen van het vrouwelijke geslachtsorganen.

### 2.1.3 Samenstelling voer

Er werd onderscheid gemaakt tussen 2 verschillende typen voer (tabel 1). Grow voer wordt voornamelijk gebruikt voor het opgroeien van meelwormen. Wanneer deze ontpopt zijn tot meeltor, krijgen ze Breed voer voor een optimalere reproductie. In Grow voer zitten als additieven de vitaminen A, B1, B2, B6, B12, D3, E, K3, en H. De compositie bestaat uit gemalen maïs, sojameel, tarwezemelen, tarwe, gemalen tarwe, lijnzaad, maïsgluten maaltijd, koolzaad, rauwe sojaolie, glycerol en calciumcarbonaat geproduceerd uit genetisch gemodificeerde soja. In Breed voer zitten verder dezelfde componenten als in Grow voer, alleen hierbij is er ook nog luzerine toegevoegd.

Tabel 2: De samenstelling van de 2 typen voer weergegeven in procenten.

Componenten	Insectus Grow	Insectus Breed
	Samenstelling (%)	Samenstelling (%)
Ruw eiwit	20,00	22,80
Ruw vet	4,00	4,60
Ruw as	7,00	7,50
Ruw vezel	8,20	8,20
Calcium	1,01	1,15
Fosfoor	0,76	0,77
Sodium	0,14	0,14
Magnesium	0,23	0,22

### 2.1.4 Overzetzfrequentie

Bij dit experiment werd gekeken of er een significant verschil zit in de opbrengst van de eieren tussen verschillende frequenties van het overzetten van de meeltorren op nieuw substraat. Er werden gedurende twee weken drie verschillende situaties vergeleken: 1 keer, 2 keer en 3 keer per week. Hierbij is 1 keer per week overzetten de standaard situatie bij Wadudu Kweekcentrum. De meeltorren werden gehouden in bakken van 60 cm diep bij 40 cm breed bij 15 cm hoog, op 350 gram Insectus Breed voer met een dichtheid van een halve meeltor per cm<sup>2</sup>. Verder werd er twee keer per week per bak 50 gram wortelen gevoerd. Om uiteindelijk het aantal nakomelingen van de meeltorren per overzetzfrequentie te tellen, zijn de eieren uit laten komen tot meelwormen. Deze zijn vervolgens een

week na het laatste overzetmoment geteld door een steekproef te nemen van 35 gram substraat met meelwormen.

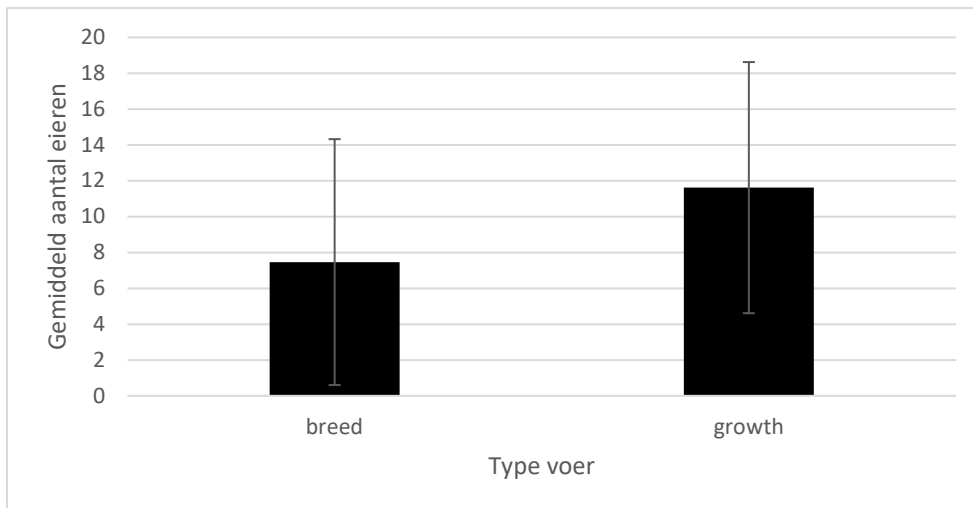
### 2.1.5 Dataverwerking

Om aan te tonen of een bepaald soort voer een significant verschil geeft in de grote van de ovaria en het aantal vertakkingen, werd gebruik gemaakt van een individuele t-toets met IBM SPSS Statistics 24. Voor de overzetfrequentie werd met de Anova-toets getest of er een significant verschil is tussen de metingen van de verschillende situaties per bak en per dag.

## 2.2 Resultaten

### 2.2.1 Effect voeding op ovaria

Het aantal eieren uit de ovaria van de meeltorren groep die op Grow voer is grootgebracht is significant hoger dan het aantal eieren uit de ovaria bij de groep die Breed voer kreeg ( $p=0,008$ ). Van de groep met Grow voer is het gemiddelde aantal eieren 11,62 en bij Breed voer is dit 7,46 (Figuur 8). Beide voertypes vertonen wel een grote spreiding.



Figuur 8: Het effect van Breed voer en Grow voer op de groei van de ovaria en het aantal eieren.

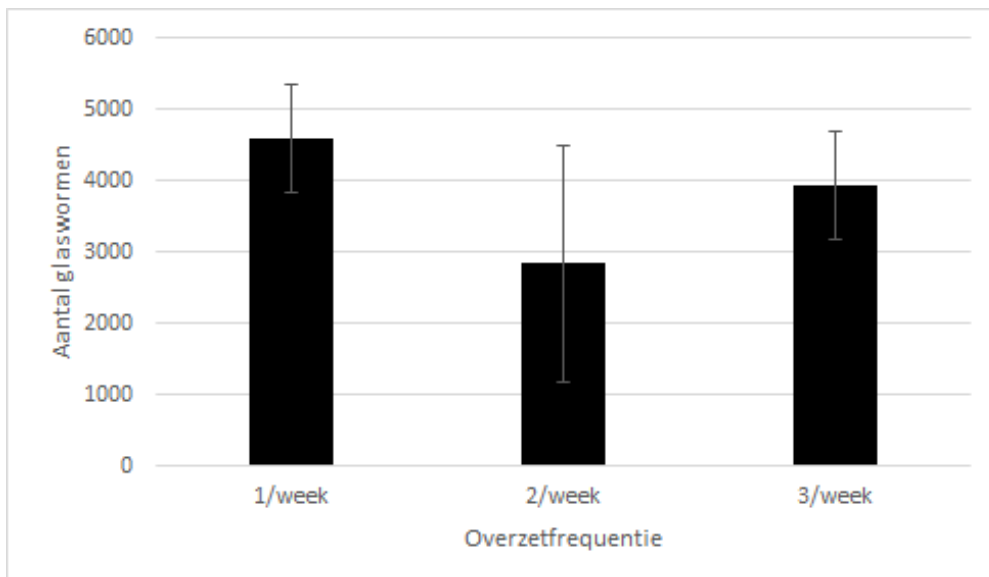
In figuur 9 is een van de foto's van de eieren vanuit de ovaria van een meeltor uit de Breed voer groep weergegeven, welke verwerkt is met ImageJ.



Figuur 9: Weergave van eieren uit de ovaria met Cell-count vanuit ImageJ.

### 2.2.2 Invloed van overzetzfrequentie op het aantal glaswormen

In figuur 10 zijn de gemiddelde aantallen glaswormen per overzetsmoment weergegeven. Hierbij zit geen significant verschil tussen de verschillende frequenties onderling ( $p = 0,238$ ). De overzetzfrequentie van 1 keer per week heeft een gemiddeld aantal glaswormen van 4600, de overzetzfrequentie van 2 keer per week 2850 en de overzetzfrequentie van 3 keer per week 3940.

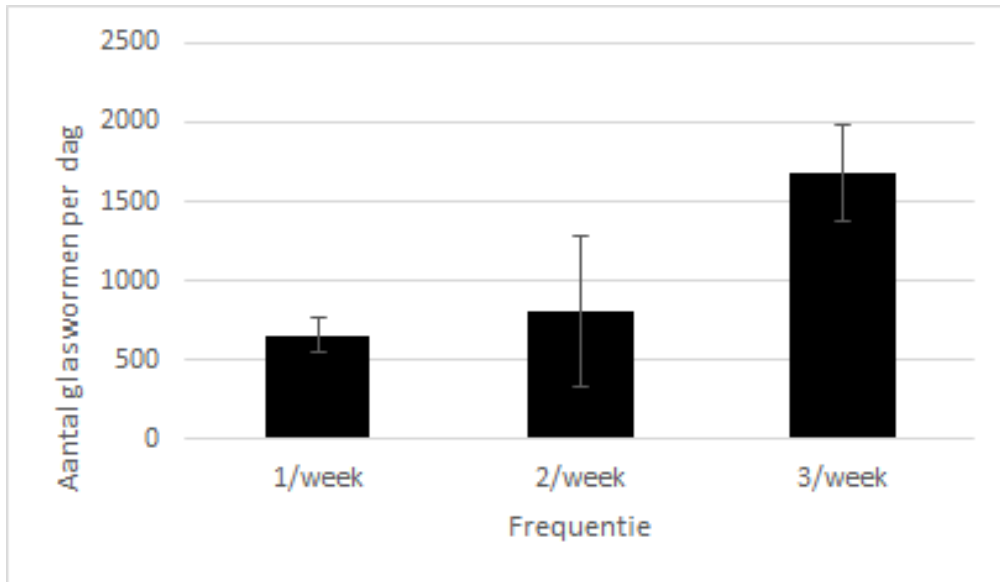


Figuur 10: Het aantal glaswormen per overzetzfrequentie.

Voor de overzetzfrequentie zijn ook het aantal glaswormen per dag in een grafiek weergegeven (zie figuur 11). Hierbij is een overzetzfrequentie van 1 en 2 keer per week significant verschillend met de

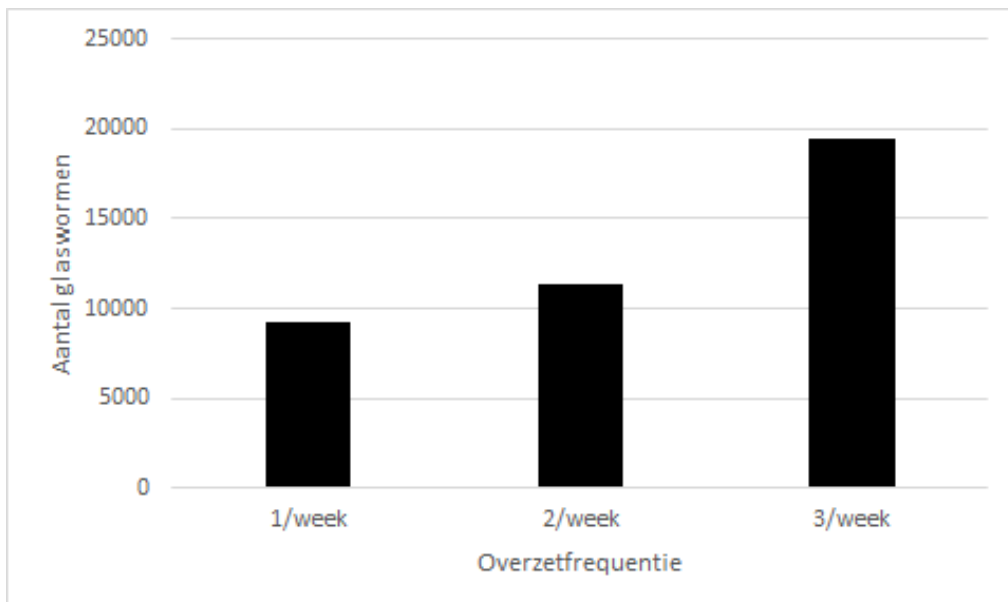


overzetsfrequentie van 3 keer per week ( $p = 0,100$  en  $p = 0,008$ ). De overzetsfrequenties van 1 en 2 keer per week zijn onderling niet significant verschillend ( $p = 0,630$ ). Bij een overzetsfrequentie van 1 keer per week waren er gemiddeld 657 glaswormen per dag, bij 2 keer per week 814 en bij 3 keer per week was dit aantal 1675 glaswormen per dag.



Figuur 11: Het gemiddeld aantal glaswormen per dag van elke overzetsfrequentie. De startbakken met de meeltorren hadden een dichtheid van 195 gram meeltorren over een oppervlakte van 1200 cm<sup>2</sup>.

Verder is ook de totaalopbrengst van twee weken van het aantal glaswormen per overzetsfrequentie in een grafiek weergegeven (zie Figuur 12). De opbrengst van het totaal aantal glaswormen bij de overzetsfrequentie van 1 keer per week is 9100, bij 2 keer per week is dit 11550 en bij 3 keer per week 19600.



Figuur 12: Het totaal aantal glaswormen van twee weken van elke overzetsfrequentie.

## 2.3 Discussie

### 2.3.1 Voertype

Dit onderzoek toont aan dat de meelwormen die opgegroeid werden met Grow voer 55,8% meer eieren hebben dan de groep die opgegroeid werden met Breed voer. Het aantal oocyten, die kunnen uitgroeien tot de uiteindelijke eieren, worden tijdens het larvale stadium bepaald (Ullman et al., 1973). Dit betekent dat het voertype dat meelwormen krijgen invloed kan hebben op de reproductie. Een soortgelijk onderzoek (De Groot et al., 2018) toont aan dat Breed voer juist een hogere meelworm productie had, wat ook meer eieren per individu zou betekenen. Een mogelijk verschil tussen beide onderzoeken is dat bij het huidige onderzoek de meelwormen werden opgekweekt, en op het moment waarop ze ontpopte tot meeltor meteen geëuthanaseerd werden. Terwijl bij het onderzoek van de Groot pas werd gekeken naar het effect van voertype op de reproductie vanaf het meeltor stadium.

Een andere oorzaak voor het verschil in het aantal eieren is een overbodige inname van eiwitten die een negatieve invloed kan hebben op de levensduur en reproductie van de meeltor (S. Rho et al., 2016). Breed voer heeft namelijk 2,8% meer ruw eiwit (22,8%) dan Grow voer (20%). Dit zou betekenen dat de meeltorren die zijn opgegroeid op Breed voer mogelijk een verminderde eieren productie in de ovaria zouden kunnen hebben, door een teveel aan eiwitten. Daarnaast blijkt dat het Grow voer 190 mg per kg vitamine H (biotine) heeft (0,019%) dit is 40 mg per kg meer dan Breed-voer (150 mg, 0,015%). Biotine zorgt voor de opname van vitamine C, maar in hogere concentraties heeft biotine een negatief effect op lifespan en reproductie van de Mexicaanse fruitvlieg *Anastrepha ludens* Loew (Benschoter & Panigua, 1996). Bij zebravissen *Danio rerio* zorgt een met biotine verrijkt dieet, met een verhouding van molaire avidine:biotine van 0:1, voor meer eieren bij vrouwtjes in vergelijking met vrouwtjes met een biotine arm dieet (Yossa R. et al, 2015). Hierdoor zou verondersteld kunnen worden dat meeltorren gevoerd met Grow voer een hoger reproductiesucces zouden hebben in vergelijking met Breed voer.

Naarmate een vrouwtje ouder wordt ontwikkelen meer oocyten zich tot eitjes (Ullman, et al., 1973). Dit kan gezorgd hebben voor een toename van het aantal eieren in de ovaria, doordat sommige poppen wel al ontpopt waren tot meeltor maar door het weekend pas een paar dagen later geëuthanaseerd konden worden. Dit kan de grote spreiding, die beide voertypes vertoonde, verklaren.

### 2.3.2 Overzetsfrequenties

Uit dit onderzoek is gebleken dat er geen verschil zit tussen het aantal glaswormen per overzetmoment bij 1, 2 en 3 keer per week overzetten. Voor een hogere opbrengst per bak maakt het dus niet uit of je de kevers 1, 2 of 3 keer per week overzet. Echter is er een verschil in het aantal glaswormen per dag bij een overzetsfrequentie van 3 keer per week, ten opzichte van de overzetsfrequenties van 1 en 2 keer. Een overzetsfrequentie van 3 keer per week gaf namelijk 154,9% meer glaswormen per dag dan een overzetsfrequentie van 1 keer per week en 105,8% meer glaswormen dan een overzetsfrequentie van 2 keer per week. Dit verschil in aantal glaswormen kan komen doordat er bij de overzetsfrequentie van 3 keer per week veel minder kans is op ei-predatie, dan bij de andere overzetsfrequenties. Ei-predatie kan voorkomen door een tekort aan vocht, door dichtheidsfactoren of door een voedsel of nutriënten te kort (Yoshida, 1974; Richardson et al., 2010). Meeltorren eten dan de eigen eieren omdat de eieren rijk zijn aan voedingsstoffen die gelijk zijn aan die van de meeltor (Alabi et al., 2008). Omdat de dichtheid in alle bakken van de verschillende frequenties gelijk was, zal dit geen oorzaak zijn geweest voor het verschil in aantal glaswormen. Een tekort aan vocht zal ook geen oorzaak zijn geweest, doordat alle meeltorren altijd op vaste dagen gelijke hoeveelheden verse wortels kregen voor de

vochtinname. Het nutriënten tekort zal ook geen mogelijke oorzaak kunnen zijn geweest voor de ei-predatie, doordat er altijd substraat aanwezig was. Wel is er bewezen dat 40% tot 45% ei-predatie voorkomt bij gehouden meelwormen bij aanwezigheid van voldoende nutriënten (De Groot et al., 2018)

### 2.3.3 Conclusie en aanbevelingen

Het onderzoek met de verschillende voedertypes toont aan dat bij het opkweken van meelwormen met Grow voer voor 55,8% meer eieren bij de vrouwelijke kevers zorgt, in vergelijking tot Breed voer. Daarom wordt er aanbevolen om meelwormen het Grow voer te blijven geven. Om een beter beeld van de rol van sporenelementen bij het reproductiesucces te krijgen is vervolgonderzoek op deze effecten van sporenelementen op de reproductie noodzakelijk. Zo zou de exacte rol van biotine en eiwitten binnen het reproductiesysteem van meelwormen nog dieper uitgezocht kunnen worden.

## 2.4 Literatuurlijst

Alabi, T., Michaud, J. P., Arnaud, L., & Haubruge, E. (2008). A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. *Ecological Entomology*, 33(6), 716–726.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2008.01020.x>

Báez-Saldaña, A., Camacho-Arroyo, I., Espinosa-Aguirre, J. J., Neri-Gómez, T., Rojas-Ochoa, A., Guerra-Araiza, C., & Fernandez-Mejia, C. (2009). Biotin deficiency and biotin excess: Effects on the female reproductive system. *Steroids*, 74(10–11), 863–869.  
<https://doi.org/10.1016/j.steroids.2009.06.004>

Beeman, R.W., Haas, S., & Friesen, K. Tribolium stock maintenance: USDA ARS. Geraadpleegd op 16 november 2018, van <https://www.ars.usda.gov/plains-area/mhk/cgahr/spieru/docs/tribolium-stock-maintenance/>

Benschoter, C. A., & Paniagua G., R. (1966). Reproduction and Longevity of Mexican Fruit Flies, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae), Fed Biotin in the Diet. *Annals of the Entomological Society of America*, 59(2), 298–300.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/59.2.298>

Collavo, A., Glew, R. H., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bosse, R., & Paoletti, M. G. (2005). House cricket small-scale farming. In M. G. Paoletti (Red.), *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails* New Hampshire. *The United States: Science Publisher*, 519–544.

Czarniewska, E., Rosiński, G., Gabala, E., & Kuczer, M. (2014). The natural insect peptide Neb-colloostatin induces ovarian atresia and apoptosis in the mealworm *Tenebrio molitor*. *BMC Developmental Biology*, 14(1), 4.  
<https://doi.org/10.1186/1471-213X-14-4>

De Groot, C., Ehlen, S., & Pubben, M. (2018). Het effect van geslachtsratio, voertype en ei-predatie op het reproductie succes van *Tenebrio molitor*. *HAS Hogeschool*.

De Vries, M., & De Boer, I. J. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments. *Livest Sci*, 128(1), 11.

Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(269), 85.

Grau, T. Vilcinskis, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 72(9-10), 337-349.

- Heinrich, M., & Prieto, J. M. (2008). Diet and healthy ageing 2100: will we globalise local knowledge systems? *Ageing Research Reviews*, 7(249), 74.
- Hill, D. S. (2002). *Pests of Stored Foodstuffs and Their Control*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 214-215.
- Keyzer, M. A., Merbis, M. D., Pavel, I. F. P. W., & Van Wesenbeeck, C. F. A. (2005). Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: Can we feed the animals in 2030. *Ecological Economics*, 55, 187–202.
- Lindroth, R. L. (1993). Food conversion efficiencies of insect herbivores. *Food Insects Newsletter*, 6, 9–11.
- Miglietta, P. P., De Leo, F., Ruberti, M., & Massari, S. (2015). Mealworms for food: a water footprint perspective. *Water*, 7(11), 6190-6203.
- Nakagaki, B. J., & De Foliart, G. R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economical Entomology*, 84, 891–896.
- Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PLoS One*, 7(12).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10(12).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- Payne, C. L., Scarborough, P., Rayner, M., & Nonaka, K. (2016). Are edible insects more or less “healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *Eur J Clin Nutr*, 70(285), 91.
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4357–4360.
- Rho, M. S., & Lee, K. P. (2016). Balanced intake of protein and carbohydrate maximizes lifetime reproductive success in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Physiology*, 91–92, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.07.002>
- Richardson M. L., Mitchell R.F., Reigel P.F., & Hanks L.M. (2010) Causes and Consequences of Cannibalism in Noncarnivorous Insects. *Annual Review of Entomology*, 55, 39–53.  
 10.1146/annurev-ento112408-085314
- Sánchez-Muros, M., De Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C. E., Villareces, S., & Barroso, F. G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquac Nutr*, 22(943), 55.
- Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341, 508–513.

Yoshida T (1974) Rate of oviposition and effect of crowding on egg cannibalism and pre-adult mortality in *Martianus dermestoides* Chevrolat (Coleoptera, Tenebrionidae). *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Okayama University*, 44, 9–14.

Yossa, R., Sarker, P. K., Proulx, É., & Vandenberg, G. W. (2013). The effects of the dietary biotin on zebrafish (*Danio rerio*) production. *Aquaculture Research*, 46(1), 117–130.  
<https://doi.org/10.1111/are.12166>

## Entomospeed

Het project wil de grootschalige insectenweek bij zwarte soldatenvliegen en meelwormen versnellen. Meer info op [www.insectinfo.be](http://www.insectinfo.be) en [www.insectinfo.nl](http://www.insectinfo.nl)

## Partnerschap

Grensoverschrijdende samenwerking tussen Vlaanderen en Nederland



## Met financiële steun van



Gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: [www.grensregio.eu](http://www.grensregio.eu)