



Het effect van geslachtsratio, voertype en ei-predatie op het reproductie succes van *Tenebrio molitor*

Onderzoeksrapport



Interreg 
EUROPESE UNIE
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

entomo SPEED

HAS Hogeschool
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel: Definitieve versie
Projectcode: 18400096

Opdrachtgever: Katoele subsidie experts, HAS Hogeschool, Interreg. Entomospeed
Contactpersoon: Janmar Katoele

Projectleiders: Arjan Borghuis & Gilian van Duijvendijk

Projectteam: Corné de Groot, Steve Ehlen & Marjolein Pubben

Plaats: 's-Hertogenbosch
Datum: 28 juni 2018

Voorwoord

Dit afstudeeronderzoek is onderdeel van Entomospeed. Entomospeed is een grootschalig project gericht op optimalisatie van insectenkweek gesubsidieerd vanuit de Europese Unie. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Katoele subsidie experts. Wij willen graag Entomospeed bedanken voor de financiële ondersteuning van dit onderzoek en Janmar katoele voor de gelegenheid om aan deze opdracht te werken. Verder bedanken wij het Feed Design Lab (Wanssum, Nederland) voor het vermalen van het voer. Daarnaast danken wij Arjan Borghuis en Gilian van Duijvendijk van de HAS Hogeschool 's-Hertogenbosch voor de inhoudelijke ondersteuning die zij tijdens dit onderzoek verleend hebben. Ten slotte bedanken wij de HAS Hogeschool voor het beschikbaar stellen van faciliteiten, New Generation Nutrition en insectenkwekerij van Grinsven voor het leveren en kweken van de benodigde *T. molitor*.

Samenvatting

De kweek van de gewone meeltor (*Tenebrio molitor*) is een groeiende sector in Nederland en de rest van Europa. Om vooruitgang binnen de sector te realiseren en aan de groeiende vraag naar hoogwaardig insecten eiwit te voldoen is het van belang om de meelwormen kweek (larven productie) te optimaliseren.

De doelstelling van dit onderzoek is om te achterhalen of geslachtsratio en eiwitgehalte van het voer effect hebben op de larven productie van *T. molitor*. Ook is onderzocht of *T. molitor* ei-predatie vertoont en of het geslacht en de voersituatie effect heeft op de mate van predatie. De wekelijkse larven productie van *T. molitor* is bij 3 geslachtsratio's (1:2,1:4,1:9; M:V) getest op Universeel (20% eiwit) en Breed voer (22,8% eiwit) gedurende 4 weken. Het percentage ei-predatie is onderzocht door mannelijke en vrouwelijke imago's apart in een petrischaal te plaatsen met een bekende hoeveelheid eitjes bij 3 voersituaties (geen voer, Universeel, Breed). Uit het onderzoek blijkt dat Breed voer zorgt voor een toename in totale larven productie (18,3%) en gemiddelde larven productie per vrouw in vergelijking met Universeel voer. Bij een geslachtsratio van 1:9 is een hoger totaal aantal larven gevonden dan bij geslachtsratio 1:2. Geslachtsratio heeft geen effect op het gemiddeld aantal larven per vrouwelijk imago. In afwezigheid van voer vertoonden *T. molitor* meer ei-predatie dan bij universeel en Breed voer. Vrouwelijke imago's (32,9%) vertoonden meer ei-predatie dan mannelijke imago's (12,7%) bij Universeel voer. De toename in larven productie door Breed voer komt door het hoger eiwit percentage in het voer en is mogelijk toe te kennen aan een hogere kwantiteit van essentiële aminozuren. De toename in larven productie per bak bij een hoger geslachtsratio's wordt veroorzaakt door het grotere aantal vrouwen per bak. Ei-predatie kan mogelijk verklaart worden door een nutriënten deficiëntie of een te hoge dichtheid. Het advies voor een optimalere kweek is om een hoger eiwit gehalte in het voer te hanteren en een hoger geslachtsratio te handhaven om de productie te verhogen. Het effect van ei-predatie kan verminderd worden door imago's frequenter over te plaatsen naar nieuwe kweekbakken.

Vervolgonderzoek zou de aminozuur verhouding in het voer kunnen vaststellen en aanpassen op de essentiële aminozuur behoefte. Tevens zou een vervolgonderzoek de meest optimale geslachtsratio kunnen bepalen en dit testen op praktijk schaal. Ten slotte zou een vervolgonderzoek manieren kunnen ontwikkelen om ei-predatie te voorkomen.

Inhoudsopgave

1	Introductie	6
2	Materiaal en methode	8
2.1	Kweekomstandigheden	8
2.2	Geslachtsratio's & Voertypen	8
2.3	Experiment 2: Ei-predatie & voertypen	9
3	Resultaten.....	10
3.1	Experiment 1: Geslachtsratio & voertypen	10
3.2	Experiment 2: Ei-predatie & voertypen	12
4	Discussie	13
4.1	Geslachts-ratio's.....	13
4.2	Voertypen	14
4.3	Ei-predatie	14
4.4	Conclusie & aanbevelingen	15
	Literatuurlijst	16
	Bijlagen	19
	Bijlage 1: Percentage larven in het substraat	19
	Bijlage 2: Samenstelling Universeel & Breed voer	20
	Bijlage 3. Dataloggers	22

1 Introductie

De insectenkweek is een opkomende sector in Nederland, maar het is nog kleinschalig met weinig actieve bedrijven. Naar schatting werd er in Nederland in 2016 totaal 500 ton insecten geproduceerd, met een totale omzet van tussen de 3 en 7 miljoen euro (Hilkens & de Klerk 2016). *Tenebrio molitor* (de gewone meeltor) is een van de gekweekte insecten binnen deze sector en wordt voornamelijk gekweekt voor de productie van larven (meelwormen) (Oonincx 2015). De vraag naar deze larven stijgt als gevolg van een groeiende vraag naar hoogwaardig insecten-eiwit voor producten zoals: diervoeders, contactlenzen, cosmetica, bio-plastics, lijmen en eiwit voor menselijke consumptie (NEN 2016). In 2020 wordt vermoedelijk de TSE-wetgeving aangepast doordat het verbod op dierlijk eiwit in diervoeders opgeheven wordt, in verband met nieuwe toepassingen van insecteneiwitten in diervoeders zoals vismeel, vleeskuiken- en speenvarkensvoer (Hilkens & de Klerk 2016). Op termijn kan insecten-eiwit officieel op grote schaal gebruikt worden voor humane consumptie (Rumpold & Schlüter 2013). Sinds januari 2018 vallen producten gericht op menselijke consumptie, met bestanddelen van insecten binnen de Novel Food Regulation, waarmee er duidelijke wettelijke eisen zijn gesteld waaraan insecten-kwekers moeten voldoen (Europees-Parlement 2015). Om aan de vraag van hoogwaardig insecten-eiwit met *T. molitor* larven te voldoen, is het van belang om de productie van *T. molitor* te optimaliseren door middel van kennis over factoren die de reproductie beïnvloeden. Het is al bekend dat factoren als dichtheid, leeftijd, temperatuur, luchtvochtigheid, voeding en intraspecifieke interacties als concurrentie en kannibalisme op het reproductiesucces (Morales-Ramos et al. 2012). Echter, er is minder bekend over het effect van factoren als geslachtsratio, voerverhouding en ei-predatie op de reproductie van *T. molitor*.

Om het reproductiesucces van *T. molitor* te optimaliseren is het van belang om de optimale geslachtsratio voor de reproductie te bepalen. Worden (2001) heeft aangetoond dat vrouwelijke imago's die slechts een keer paren met een mannelijk imago, minder nakomeling kregen (44,8%) dan wanneer er polygamie plaatsvindt. Vrouwelijke imago's die met 4 verschillende mannelijke imago's (polyandrie) paarden, kregen 32% meer nakomelingen dan wanneer er meerdere keren door dezelfde individuen gepaard wordt. Tevens blijkt uit een voorgaand onderzoek dat een geslachtsratio (M:V) van 1:4 een hoger aantal nakomelingen per kweekbak zorgt voor een groter aantal nakomelingen dan een ratio van 1:1 en 4:1, terwijl het gemiddeld aantal eitjes per vrouwelijk imago niet verschilt (Henrard et al, 2017). Om een hogere reproductie te behalen zou een hoger geslachtsratio gebruikt kunnen worden, mits er voldoende polyandrie kan plaatsvinden. In de kweek wordt nu een ratio van 1:1 aangehouden, wat betekent dat er mogelijk veel overbodige mannelijke imago's worden gehouden die wellicht ook op eitjes kunnen prederen. Het is bekend dat mannelijke imago's hun sperma hoeveelheid bij ejaculatie kunnen aanpassen op basis van de mate van concurrentie. Bij minder concurrentie wordt de hoeveelheid sperma per ejaculatie verlaagd en bij meer concurrentie wordt de hoeveelheid sperma per ejaculatie verhoogd (Gage & Baker 1991). Dit betekent dat één mannelijk imago meer vrouwelijk imago's zou kunnen bevruchten met de zelfde hoeveelheid sperma bij een lagere geslachtsratio. Een hogere geslachtsratio in de kweek heeft de potentie om met dezelfde hoeveelheid imago's, tijd en energie, een groter aantal nakomelingen per kweekbak op te leveren. Onderzoek naar verschillende geslachtsratio's is nodig om de optimale ratio te bepalen te kunnen opstellen en daarmee te bepalen welke ratio het meest efficiënt is voor de reproductie.

Uit nutritioneel onderzoek is gebleken dat de verhouding 'eiwit : koolhydraten' een kritisch aspect is voor de levensduur en reproductie van veel soorten insecten, waaronder *T. molitor* (Lee et al., 2008; Maklakov et al., 2008; Paoli, et al, 2014). Uit onderzoek blijkt dat de optimale verhouding 'eiwit : koolhydraten' van mannelijke *T. molitor* imago's tussen 1: 1,54 - 1:1,64 ligt, de optimale verhouding voor vrouwelijke imago's bleek tussen 1:1,3 - 1:1,36 te liggen. Vrouwelijke *T. molitor* imago's vereisen een hoger eiwit percentage, wat gerelateerd kan worden aan onder andere de productie van eieren (Rho & Lee 2016).

Een eiwitrijker voer zou ook voordelig kunnen zijn voor de productie van zaadvloeistof-eiwitten en trehalase (één van de structurele eiwitten van de spermatofoor) van mannelijke imago's (Yaginuma et al. 1996). Op basis van dit onderzoek is nog niet bekend of trehalase zorgt voor de activatie van het sperma of dient als voeding voor de vrouwelijke imago's. Indien trehalase voor de activatie van het sperma zorgt, zou dit de mate van succesvolle bevruchting verhogen. Indien trehalase als voeding voor de vrouwelijke imago's dient is dit voordelig voor de eiproductie omdat het sperma als extra eiwit bron kan dienen.

Het is bekend dat ei-predatie bij diverse insecten soorten wordt gedreven door intraspecifieke competitie en nutritionele behoeftes (Elgar & Crespi 1992). Bij diverse *Tribolium* soorten is ei-predatie vastgesteld (Alabi et al., 2008) en het is bekend dat er een verband ligt tussen de dichtheid van de eitjes en de mate van ei-predatie (Yoshida 1974; Richardson et al. 2010). Onderzoek heeft gevonden dat zowel bij *Tribolium confusum* (Kleine meeltor)(Rich 1956) en *Tribolium castaneum* (Kastanjebruine rijstmeelkever)(Sonleitner 1961; Flinn & Campbell 2012) de vrouwtjes meer predatie vertonen dan de mannetjes. Echter is bij *T. molitor* nog niet bekend of ei-predatie voorkomt en of dit verschilt tussen de geslachten.

Om het reproductie succes van *T. molitor* te verhogen is het van belang om de optimale geslachtsratio voor een hogere reproductie te achterhalen. Daarnaast zijn de juiste nutritionele waarden in het insectenvoer van belang voor de optimalisatie van de reproductie en mogelijk ter preventie van ei-predatie door *T. molitor*. Dit onderzoek focust zich op de optimalisatie van de reproductie van *T. molitor* door de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat is het effect van verschillende geslachtsratio's op de larven productie van *T. molitor*?
- Wat is het effect van verschillende voertypen op de larven productie van *T. molitor*?
- Wat is het effect van geslacht en voertypen op de mate van ei-predatie door *T. molitor*?

Om deze vragen te beantwoorden is de larven productie bij 3 geslachtsratio's getest 1:2, 1:4 en 1:9 (M:V). bij 2 voertypen, namelijk Breed (22,8% eiwit) en Universeel (20% eiwit). Daarnaast is het percentage ei-predatie van mannelijke en vrouwelijke imago's met een bekend aantal eitjes gemeten bij geen voer, Universeel voer en Breed voer.

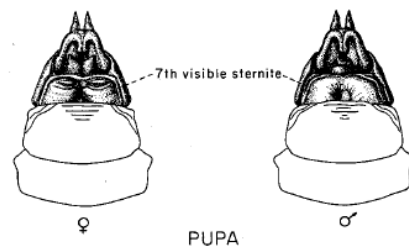
2 Materiaal en methode

2.1 Kweekomstandigheden

Tenebrio molitor larven van 6 en 8 weken oud zijn besteld bij “New Generation Nutrition” (‘s-Hertogenbosch, Nederland), gekweekt door insectenkwekerij van Grinsven (Boekel, Nederland). Na levering is de dichtheid van de kweekbakken gehalveerd. Na 1 tot 2 weken is het grootste deel van de 8 weken oude larven verpopt; de larven die bij levering 6 weken oud waren zijn na 2 tot 6 weken verpopt.

Alle dieren zijn gehuisvest in een klimaatkamer (Bonson incubator services bv), bij 52,7% relatieve luchtvochtigheid (RV) en 26,6°C. Met behulp van dataloggers (iButton® temperature/humidity logger DS1923) zijn deze omstandigheden gemonitord (Bijlage 3). De klimaatkamer is enkel verlicht wanneer hierin gewerkt werd (maximaal 2/3 uur per dag).

Kweekdieren zijn gehuisvest in kweekbakken (60x40x15 cm lxbxh), en voorzien van een overmaat Universeel voer (Mijten BV, Bekkevoort, België). Plakjes wortel van 2mm dik zijn in overmaat verstrekt als vochtbron. Tijdens de experimenten zijn twee voertypen gebruikt; Universeel en Breed voer (Mijten BV, Bekkevoort, België). Het Breed voer heeft 22,8% ruw eiwit, ten opzichte van 20% in het Universele voer (Bijlage 2). Beide voertypen zijn tot 1 mm fijn gemalen met een hamermolen. Het geslacht van *T. molitor* is bepaald in de pop-fase aan de hand van geslachtskenmerken achter het 7^e zichtbare abdominale segment (Bhattacharya et al. 1970) (figuur 1). Na de geslachtsbepaling zijn mannelijke en vrouwelijke poppen verdeelt en apart gehuisvest in kweekbakken, bij Universeel of Breed voer.



Figuur 1 geslachtsbepaling bij poppen, Bhattacharya et al. 1970.

Om het geslacht tijdens de experimenten te kunnen onderscheiden zijn de mannelijke imago's na het uitharden van het exo-skelet op de thorax gemerkt met witte correctie vloeistof. Voor de experimenten is een dichtheid van 0,50 individu per cm² gehandhaafd per bakje. Per experiment zijn *T. molitor* individuen op het oog geselecteerd op basis van morfologische conditie (dekschilden intact).

2.2 Geslachtsratio's & Voertypen

Om het effect van voertype en geslachtsratio's op het aantal larven geproduceerd door *T. molitor* te bepalen, zijn 3 geslachtsratio's 1:2, 1:4, en 1:9 (M:V) en 2 voertypen (Universeel en Breed) getest. De dieren zijn 7 (±2) dagen na ontpopping per 60 individuen gehuisvest in plastic bakjes (14,5x9x7 cm lxbxh) met 1cm voerlaag en overmaat wortel. Per geslachtsratio - voertype combinatie zijn 10 herhalingen ingezet, voor 6 groepen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Na één week zijn de gelegde eitjes van het substraat gescheiden met behulp van een zeef (1,0 & 0,6 mm maaswijdte). Na het zeven is het overgebleven substraat met achtergebleven eitjes per herhaling in petrischalen (Ø 9,0 cm) geplaatst. De gezeefde bakken en petrischalen zijn vervolgens in overmaat voorzien van wortel en Universeel of Breed voer (afhankelijk van het dieet van de ouders). 21 (± 1) dagen later zijn de larven met behulp van een zeef (0,8 mm maaswijdte) gescheiden van het substraat en per bak en petrishaal geteld.

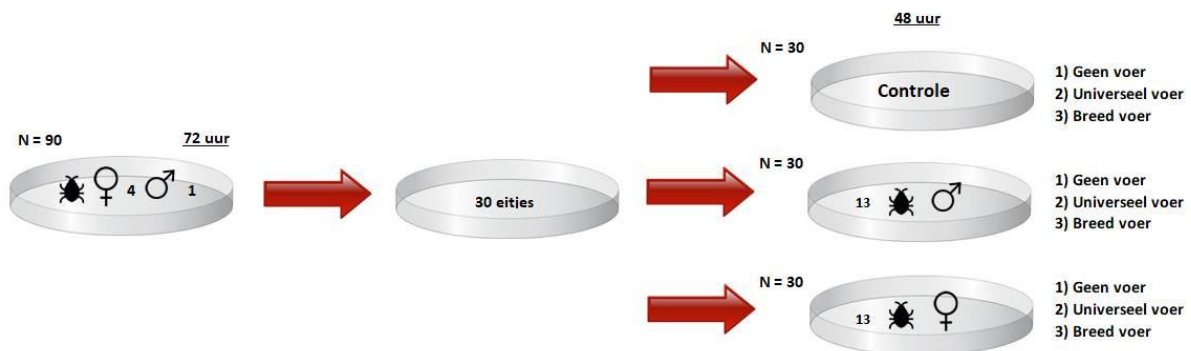
Tabel 1 Behandelingen experiment 1. Aantal herhalingen is weergegeven met "N".

Sex-ratio ♂:♀ N=20	Voertype N=10
1:2	Universeel
	Breed
1:4	Universeel
	Breed
1:9	Universeel
	Breed

Alle *T. molitor* imago's per bak zijn wekelijks overgeplaatst in een nieuwe bak met dezelfde omstandigheden gedurende 4 weken. Om de geslachtsratio's te handhaven is het aantal overleden mannelijke en vrouwelijk imago's aangevuld tijdens de wekelijkse overplaatsing (voer waarin deze zijn gekweekt correspondeert met het bakje waar ze in ze geplaatst zijn).

2.3 Experiment 2: Ei-predatie & voertypen

In dit experiment is onderzocht of *T. molitor* imago's prederen op eitjes, en of de mate waarin verschilt per geslacht en voertype. De proefopzet is weergegeven in figuur 2. Imago's (4vrouw, 1man) met een leeftijd van 5 weken zijn gedurende 72 uur in petrischalen (Ø5,7 cm, N = 90) geplaatst om eitjes te leggen. Het aantal eitjes op de bodem van de petrischalen is na deze periode teruggebracht tot een maximum van 30 per petrischaal. De locatie van deze eitjes is op de onderkant van de petrischaal gemarkeerd met een watervaste stift. Vervolgens zijn 13 mannelijke of vrouwelijke imago's (3 weken oud) in de petrischalen geplaatst en voorzien van de voersituatie (overmaat) corresponderend aan de juiste behandeling ("geen voer", Universeel of Breed voer). Aan elke petrischaal zijn papiersnippers en overmaat wortel toegevoegd. Na 48 uur zijn de petrischalen met voer zorgvuldig leeggemaakt en is het aantal overgebleven eitjes geteld. Behandelingen met Universeel of Breed voer zijn vervolgens gezeefd (2,0; 1,0 & 0,6 mm maaswijdte). Bij behandelingen met mannelijke imago's zijn eitjes die los in het substraat zaten geteld voor correctie. Bij behandelingen met vrouwelijke imago's was dit niet mogelijk doordat er nieuwe ei-afzet is waargenomen, voor deze behandelingen is er gecorrigeerd met het gemiddelde aantal eitjes geteld in het substraat van de mannelijke behandelingen.



Figuur 2 Proefopzet experiment 2. N = aantal herhalingen

2.4 Data analyse

De resultaten van dit onderzoek zijn statistisch geanalyseerd met behulp van "IBM SPSS Statistics 23". $p < 0,05$ is als statistisch significant beschouwd. Data zijn op uitschieters getest met de "explore" functie. Vervolgens zijn data getest op normaliteit met behulp van de Shapiro-Wilk analyse. Het effect van tijd, voertype en geslachtsratio op wekelijkse larven productie per bak en wekelijkse larven productie per vrouwelijk imago zijn getoetst met een Repeated measures Anova. Een lineair regressie model met Pearson correlation is uitgevoerd waarin geslachtsratio in percentage vrouwelijke imago's en voertype de wekelijkse larven productie per bak verklaren. Het effect van voersituatie en geslacht op ei-predatie is getoetst met een Two-way Anova. Om verschillen binnen de groepen te achterhalen is er gebruik gemaakt van split cases, Tukey HSD posthoc en pairwise comparisons.

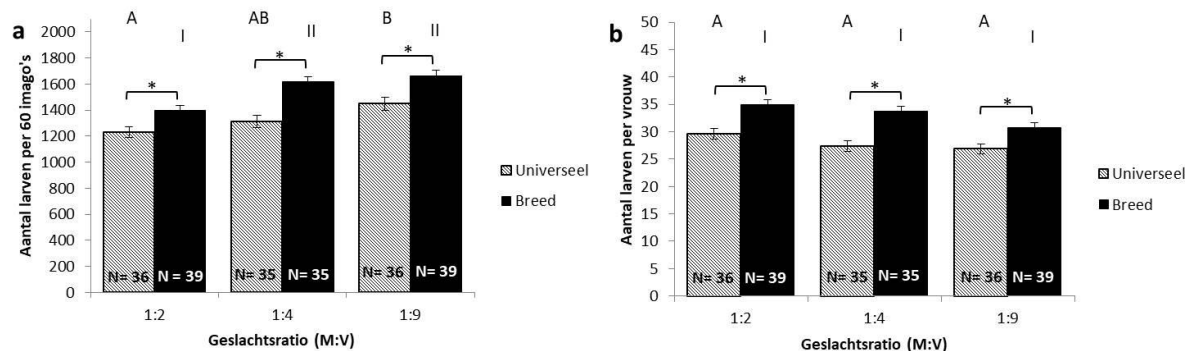
3 Resultaten

3.1 Experiment 1: Geslachtsratio & voertypen

Een Repeated measures Anova heeft aangetoond dat voertype ($p = 0,018$) en geslachtsratio ($p = 0,003$) effect hebben op de wekelijkse larven productie per bak (Figuur 2a). Hierbij levert Breed voer wekelijks meer larven per bak op bij geslachtsratio 1:2 ($p = 0,007$), 1:4 ($p = 0,001$) en 1:9 ($p = 0,007$) dan Universeel voer. In totaal levert Breed voer 18,3% meer larven productie op dan Universeel voer. Bij Universeel voer werd bij geslachtsratio 1:9 (μ : 1449) wekelijks meer larven per bak geproduceerd dan bij 1:2 (μ : 1232, $p = 0,014$). Geslachtsratio 1:4 (μ : 1315) produceerde evenveel larven per week ten opzichte van 1:2 ($p = 0,155$) en 1:9 ($p = 0,430$). Bij Breed voer werd bij geslachtsratio 1:2 (μ : 1399) wekelijks minder larven per bak geproduceerd dan bij 1:4 (μ : 1620, $p = 0,002$) en 1:9 (μ : 1660, $p < 0,001$). Geslachtsratio 1:4 produceerde evenveel larven per week ten opzichte van 1:9 ($p = 0,845$). Het lineaire regressie model geeft een gecorrigeerde R^2 van 0,641 aan. Een Pearson correlatie geeft een positieve correlatie weer van geslachtsratio ($p < 0,001$) en voertype ($p < 0,001$) met het wekelijkse aantal larven per bak. Het model geeft de volgende lineaire formule weer:

$$\text{Wekelijks aantal larven productie per bak} = 166,687 + ((11,451 * \% \text{ aantal vrouwelijke imago's}) + 246,932 \text{ (Universeel), of } 493,864 \text{ (Breed voer)}).$$

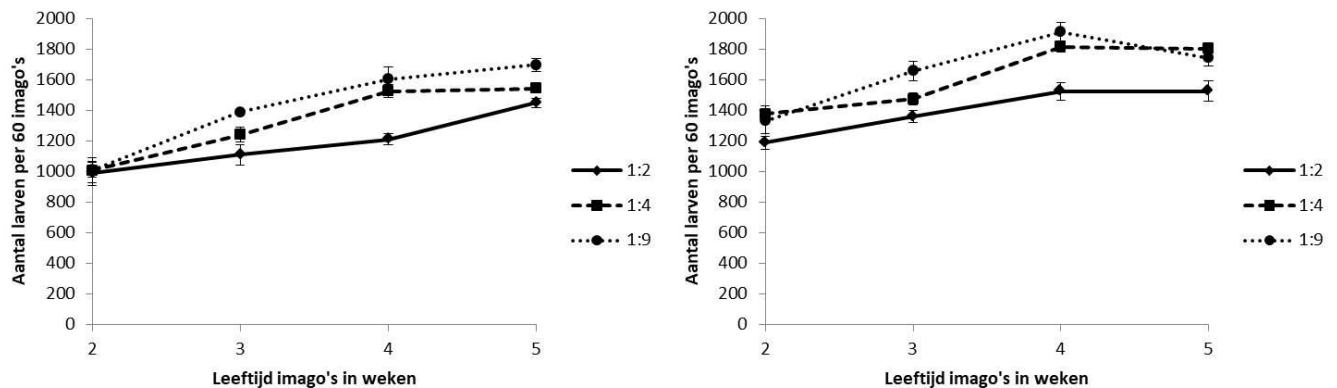
Bij een geslachtsratio van 1:1 geeft de formule voor Universeel voer 986 larven en bij Breed voer 1233 larven per week. Bij een geslachtsratio van bijvoorbeeld 1:19 geeft de formule voor Universeel voer 1501 larven en bij Breed voer 1748 larven per week.



Figuur 2. a) Gemiddeld aantal larven per week per voertype en geslachtsratio per 60 imago's (dichtheid: 0,5 imago per cm^2). b) Het gemiddeld aantal larven per week per vrouwelijk imago per voertype en geslachtsratio. * geeft significantie aan tussen voertypen. ABC geeft significantie aan tussen geslachtsratio aan voor universeel voer. I, II, III, geeft significantie aan tussen geslachtsratio aan voor breed voer. Foutbalken geven de standaardfout weer. N= geeft het aantal herhalingen per staaf weer.

Een Repeated measures Anova heeft aangetoond dat geslachtsratio geen effect ($p = 0,101$) heeft op de wekelijkse larven productie per bak, maar voertype wel ($p = 0,024$) (Figuur 2b). Hierbij levert Breed voer wekelijks meer larven per vrouwelijk imago op bij geslachtsratio 1:2 ($p = 0,007$), 1:4 ($p = 0,001$) en 1:9 ($p = 0,007$) dan Universeel voer.

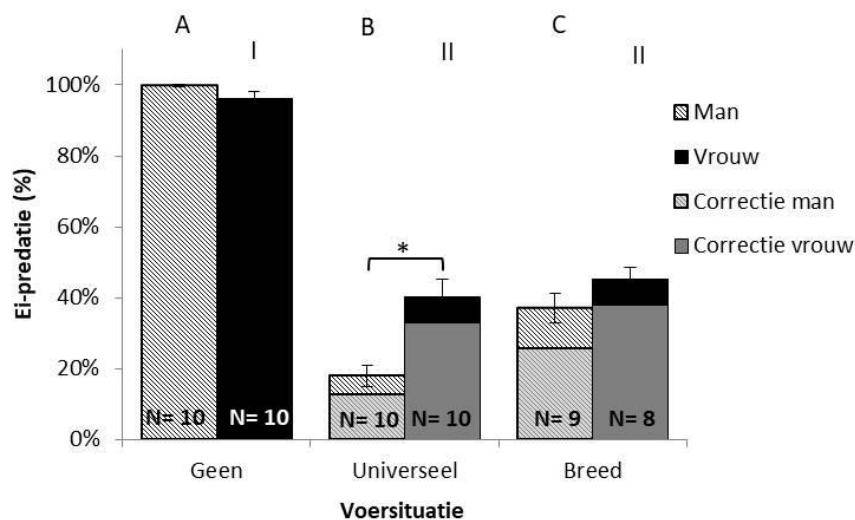
Een Repeated measures Anova heeft aangetoond dat er verschil zit tussen het aantal larven binnen het aantal weken bij beide voertypen ($p < 0,001$)(Figuur 3a&b). Bij Universeel voer neemt de hoeveelheid larven die in week 4 zijn geproduceerd bij een geslachtsratio van 1:2 met 46,6% toe ten opzichte van week 1, bij 1:4 is dit 53,3% en bij 1:9 is dit 67,9%. Bij Breed voer neemt de hoeveelheid larven die in week 4 zijn geproduceerd bij een geslachtsratio van 1:2 met 28,5% toe ten opzichte van week 1, bij 1:4 is dit 30,9% en bij 1:9 is dit 31,0%.



Figuur 3 Gemiddeld aantal larven per week per 60 imago's (dichtheid: 0,5 imago per cm²). a) universeel voer b) breed voer. foutbalken geven de standaardfout weer. N =8-10 per datapunt.

3.2 Experiment 2: Ei-predatie & voertypen

Bij de controle groepen (zonder imago's) is na het zeven 100% van de eitjes aanwezig. Hierom is aangenomen dat er geen eitjes verloren zijn gegaan bij het uitzeven. Een Two-way Anova heeft een effect van geslacht ($p = 0,002$) en voersituatie ($p < 0,001$) aangetoond op het percentage ei-predatie (Figuur 4). Hierbij vindt er bij mannelijke imago's meer ei-predatie plaats bij geen voer ($\mu: 99,7\%$) ten opzichte van Universeel ($\mu: 18\%$, $p < 0,001$) en Breed voer ($\mu: 37\%$, $p < 0,001$). Bij Breed voer vindt er door mannelijke imago's meer ei-predatie plaats van bij Universeel voer ($p < 0,001$). Bij vrouwelijke imago's vindt er meer ei-predatie plaats bij geen voer ($\mu: 96\%$) ten opzichte van Universeel ($\mu: 40\%$, $p < 0,001$) en Breed voer ($\mu: 45\%$, $p < 0,001$). Bij Universeel voer is er bij vrouwelijke imago's een gelijke mate van ei-predatie ten opzichte van Breed voer ($p = 0,648$). Vrouwelijke imago's vertonen meer ei-predatie dan mannelijke imago's bij Universeel voer ($p = 0,001$). Mannelijke en vrouwelijke imago's vertonen een gelijke mate van ei-predatie tussen bij geen voer ($p = 0,118$) en Breed voer ($p = 0,127$). Wanneer er wordt gecorrigeerd voor de eitjes die zijn teruggevonden in het substraat neemt het percentage ei-predatie af. Bij Universeel voer neemt de ei-predatie bij mannelijke imago's af naar 12,7% en bij vrouwelijke imago's naar 32,9%. Bij Breed voer neemt de ei-predatie bij mannelijke imago's af naar 25,9% en bij vrouwelijke imago's naar 37,8%. In de statistische uitkomsten verandert er na de correctie niets behalve een trend bij het percentage ei-predatie tussen mannelijke en vrouwelijke imago's bij Breed voer ($p = 0,066$).



Figuur 4. Percentage van ei-predatie per mannelijke en vrouwelijke imago's en de verschillende voersituaties na 48 uur. * geeft significantie aan tussen geslacht. Correctie man en vrouw geeft het percentage ei-predatie weer na correctie van het aantal eitjes dat teruggevonden is in het substraat na het zeven. ABC geeft significantie aan tussen voersituatie aan voor mannelijke imago's. I, II, III, geeft significantie aan tussen voersituatie aan voor vrouwelijke imago's. Foutbalken geven de standaardfout weer. N = geeft het aantal herhalingen per staaf weer.

Aanvullende resultaten zijn weergegeven in Bijlage 1.

4 Discussie

4.1 Geslachts-ratio's

Geslachtsratio 1:9 produceert meer larven dan ratio 1:2 bij beide voertypen. Het aantal larven dat per week geproduceerd wordt bij geslachtsratio 1:4 en 1:9 verschilt niet. Bij Breed voer produceerde geslachtsratio 1:4 meer larven dan 1:2. Er is geen verschil tussen de geslachtsratio's aangetoond in de gemiddelde larven productie per vrouwelijk imago per week. Over het algemeen kan worden gesteld dat naarmate de geslachtsratio toeneemt er wekelijks meer larven per bak worden geproduceerd ten opzichte van lagere geslachtsratio's. Onderzoek naar de larven productie bij geslachtsratio 1:4 en 1:1 bij verschillende dichtheden toonde dezelfde bevindingen aan (Henrard et al. 2017). Wanneer de resultaten van dit onderzoek en dat van Henrard et al. (2017) vergeleken worden blijkt dat het gemiddelde aantal larven per vrouwelijk imago voor geslachtsratio 1:4 vrijwel gelijk is, circa 30 larven. Daarnaast is het gemiddeld aantal larven per week bij geslachtsratio 1:1 voorspelt (986 larven) aan de hand van het lineaire regressie model met een afwijking van 30 larven ten opzichte van de bevindingen van Henrard et al. (2017) (953 larven). Dit geeft aan dat met een toename van het aantal vrouwelijke imago's, het aantal larven per bak lineair toeneemt. Het is echter niet bekend tot welke ratio dit principe geldt.

Geslachtsratio en voertypen verklaart voor 64,1% de larven productie. Factoren zoals leeftijd, klimaat en genetische of dichtheids-effecten verklaren mogelijk het overige percentage (Berggreen, Offenberg, Calis, & Heckmann, 2018; Carazo, Molina-Vila, & Font, 2011; Morales-Ramos et al., 2012; Urs & Hopkins, 1973). Dat er geen verschil tussen de geslachtsratio's 1:4 en 1:9 is aangetoond, kan mogelijk verklaart worden doordat naarmate de ratio's proportioneel toenemen het aantal vrouwelijke imago's per kweekbak minder toeneemt, mogelijk verschilt de larven productie tussen de ratio's op praktijkschaal wel. Interessant is dat bij een klein aantal mannelijke imago's voldoende vrouwelijke imago's worden bevrucht. Net als veel andere polyandrische insecten produceert *T. molitor* meer nageslacht naarmate vrouwelijke imago's vaker bevrucht zijn (Arnqvist & Nilsson 2000; Worden 2001). Er is aangetoond dat mannelijke imago's de hoeveelheid sperma per ejaculatie kunnen aanpassen op basis van de mate van seksuele concurrentie tussen mannelijke imago's. Veel concurrentie leidt tot meer sperma per ejaculatie (Gage & Baker 1991; Wedell et al. 2002). Bij geslachtsratio's met meer mannelijke imago's (i.e. 1:1 & 1:2) zou er dus meer seksuele concurrentie zijn om vrouwtjes te bevruchten en wordt er meer sperma per copulatie ge-ejaculeert. Dit zou kunnen leiden tot minder copulaties en succesvolle bevruchtingen. Bij geslachtsratio's met minder mannelijke imago's vindt waarschijnlijk het tegenoverstelde plaats. Meerdere bevruchtingen met minder sperma per ejaculatie, waardoor wel een groot gedeelte van de vrouwelijke imago's bevrucht kan worden, ook kan sperma in de spermatheca worden opgeslagen voor later gebruik. In de kastanjebruine rijstmeelkever (*Tribolium castaneum*) is aangetoond dat het aantal aanwezige mannelijke imago's de copulatie frequentie niet beïnvloedt, maar dat de duur van de copulatie afneemt door verstoring van rivaliserende mannelijke imago's (Pai & Yan 2003). Dit zou betekenen dat geslachtsratio's met meer mannelijke imago's vaker verstoring tijdens copulatie ervaren dan geslachtsratio's met minder mannelijke imago's. Dit kan leiden tot een vermindering van succesvolle copulaties en verlies van resources, omdat mannelijke imago's bevruchte vrouwelijke imago's beschermen tegen copulatie met rivalen (Carazo, Fernández-Perea, & Font, 2012).

Verwacht wordt dat naarmate het aantal mannelijke imago's per geslachtsratio lager wordt het gemiddeld aantal larven per vrouwelijk imago zal afnemen door tekorten aan bevruchting en sperma (Wedell et al. 2002). Omdat er geen verschil tussen larven productie per vrouwelijk imago bij de verschillende ratio's is aangetoond en het aantal larven per bak toeneemt als het aantal vrouwelijke imago's toeneemt, kan aangenomen worden dat het verschil in larven productie wordt veroorzaakt door het aantal vrouwelijke imago's.

4.2 Voertypen

Breed voer levert meer larven in totaal (per bak) en gemiddeld per vrouwtje op dan Universeel voer. Dit kan worden verklaard door het hogere eiwit percentage in het Breed voer ten opzichte van het Universele voer. De geschiktheid van een eiwit wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid en verhouding van essentiële aminozuren. Er zijn 10 essentiële aminozuren voor alle insecten: arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, fenylalanine, threonine, tryptofaan en valine (Schneider 2009). Sommige insectensoorten, waaronder *T. molitor*, hebben meer essentiële aminozuren nodig zoals: proline, glycine, glutamine en asparaginezuur (Schneider 2009).

Davis (1977) heeft onderzoek gedaan naar de toevoeging van 7 niet-essentiële aminozuren in het voer voor *T. molitor* en heeft gevonden dat arginine, glycine en fenylalanine resulteren in een hogere gewichtstoename van larven dan een dieet zonder toegevoegde aminozuren. Niet-essentiële aminozuren hebben een belangrijke, niet specifieke rol in het dieet. Hoewel niet-essentiële aminozuren binnen het dier zelf gemaakt kunnen worden, kan deze productie niet efficiënt genoeg zijn waardoor dit de limiterende factor in de ontwikkeling wordt (Schneider 2009). Een hoger eiwitgehalte zorgt voor stijging in de bijbehorende aminozuren, vrouwelijke imago's kunnen hier de structurele eiwitten voor eiproduktie en ontwikkeling uit halen, daarnaast zou deze eiwitverhoging de ei-kwaliteit kunnen bevorderen (Kawasaki et al. 1975).

Een andere verklaring voor de verhoogde reproductie bij Breed voer is dat de eiwit verhoging voordelig kan zijn voor de zaadvloeistof productie van het mannelijke imago. Indien er meer eiwit is kan er meer zaadvloeistof of een nutritioneel hogere kwaliteit zaadvloeistof geproduceerd worden, wat als extra voeding kan dienen voor een vrouwelijk imago. Tevens kan dit de levensduur van vrouwelijke imago's verlengen (Arnqvist & Nilsson 2000; Rönn et al. 2006). Een vrouwelijk imago hoeft door de extra voeding minder energie te investeren in foerageren waardoor het vrouwelijke imago meer energie heeft voor reproductie. Het aminozuurprofiel van zowel het Breed voer als het Universele voer is niet bekend, maar zou de verhoogde reproductie bij Breed voer kunnen verklaren. Potentieel ligt in deze kennis ook een verklaring voor de grotere mate van ei-predatie bij Breed voer dan Universeel voer. Een verandering in de samenstelling van het voer heeft er misschien voor gezorgd dat een nutriënt of aminozuur minder voorkomt en de imago's het via ei-predatie aanvullen. Er wordt dan aangenomen dat er zoveel meer eitjes geproduceerd zijn bij Breed voer dat dit het positieve effect niet volledig weg neemt.

4.3 Ei-predatie

Zowel mannelijke als vrouwelijke *T. molitor* imago's prederen op eitjes. Afwezigheid van voer leidt tot bijna 100% predatie door beide geslachten. Vrouwelijke imago's vertonen bij Universeel voer meer ei-predatie (40%) dan mannelijke imago's (18 %). Bij Breed voer is hierin de zelfde trend waargenomen, maar niet statistisch te onderbouwen op basis van deze resultaten (mannelijke imago's 37%, vrouwelijke imago's 45%). Wanneer de eitjes bij de proefopzet met de mannelijke imago's die in het substraat zijn teruggevonden worden meegenomen in de analyse blijkt er bij het Breed voer wel een trend in de mate van ei-predatie tussen de geslachten zit. Echter, omdat de vrouwelijke imago's tijdens de proef eitjes gelegd hebben is het niet mogelijk deze correctie met grote betrouwbaarheid te analyseren.

Mogelijke verklaringen voor ei-predatie zijn onder andere vocht, dichtheidsfactoren of een voedsel en/of nutriënt tekort (Yoshida 1974; Richardson et al. 2010; van Broekhoven et al. 2015). Omdat vocht in overmaat is aangeboden bij de behandelingen is het onwaarschijnlijk dat dit de oorzaak van de predatie is. Opvallend is dat de mate van ei-predatie door mannelijke imago's bij het Breed voer (37%) groter is dan bij de behandeling met het Universele voer (18%). Een mogelijke verklaring voor deze stijging in predatie is de verhouding tussen voedingsstoffen in de verschillende voertypen. Als deze voedingsstoffen niet goed tot elkaar in verhouding zijn in het voer, kan dit leiden tot een onvermogen om de voedingsstoffen uit het voedsel op te nemen, wat kan resulteren in deficiënties (Fraenkel et al.

1950). Voorgaand onderzoek naar ei-predatie door *Martianus dermestoides* heeft ook aangetoond dat vrouwelijke imago's een hogere mate van ei-predatie vertonen dan de mannelijke imago's (Yoshida 1974). Mogelijke verklaringen hiervoor hebben betrekking op een verhoogde eiwitbehoefte van vrouwelijke imago's voor de eiproduktie (Kawasaki et al. 1975; Richardson et al. 2010; van Broekhoven et al. 2015). Een hogere ei-dichtheid brengt volgens Yoshida (1974) een hogere mate van ei-predatie teweeg. Gedurende het experiment naar ei-predatie van het huidige onderzoek is een dichtheid aangehouden van circa 1,2 eitjes per cm². Mogelijk stijgt de mate van ei-predatie als gevolg van een hoge dichtheid om ruimte te creëren voor eigen nakomelingen. Het is bekend dat dit principe bij verschillende *Coleoptera* soorten voorkomt, zoals de Kleine meeltor (*Tribolium confusum*), de kastanjebruine rijstmeelkever (*Tribolium castaneum*) en de Grote meeltor (*Zophobas rugipes*) (Richardson et al. 2010). Deze soorten zijn volgens Richardson et al. (2010) in staat om verwante eitjes te herkennen en prefereren predatie op niet verwante eitjes. Echter, of dit ook de oorzaak van ei-predatie door *T. molitor* is, en hoe deze verwantschap wordt waargenomen is niet bekend. Wanneer aangenomen wordt dat dichtheidsafhankelijke factoren van invloed zijn op de mate van ei-predatie door *T. molitor* zou dit gerelateerd kunnen worden aan de resultaten van het experiment naar verschillende geslachtsratio's. De ratio 1:9 produceert evenveel larven als ratio 1:4 ondanks het grotere aantal vrouwelijke imago's. Echter, wanneer er tijdens dit experiment ei-predatie heeft plaatsgevonden als gevolg van een hogere ei-dichtheid en een groter aantal vrouwelijke imago's, kan dit de reproductie aantallen hebben beïnvloed. Mogelijk zijn er meer eitjes afgezet bij de verschillende geslachtsratio's, maar zijn deze als gevolg van de predatie niet als reproductie geteld.

4.4 Conclusie & aanbevelingen

Hogere geslachtsratio's verhogen de reproductieaantallen per kweekbak, maar niet de larven productie per vrouwelijk imago. Voor kweekers zou een geslachtsratio van 1:4 of 1:9 of een tussenliggende ratio de larven opbrengst per kweekbak substantieel verhogen. Breed voer verhoogt de reproductieaantallen maar leidt ook tot meer ei-predatie. Vrouwelijke imago's prederen meer dan mannelijke imago's.

Vervolgonderzoek kan zich richten de effectiviteit van de geslachtsratio's op praktijkschaal en de automatisering van de geslachtsbepaling van *T. molitor* zodat gewenste geslachtsratio's in een kweekbak gehandhaafd kunnen worden. Daarnaast is er meer kennis nodig over de nutritionele behoeften van *T. molitor* per fase. Onderzoek naar restanten van nutriënten in het frass kan de efficiëntie van het huidige voer bepalen. Op basis hiervan kan een zeer specifiek dieet voor *T. molitor* worden opgesteld.

Om de mate van ei-predatie te verminderen kan een rooster in de kweekbak geplaatst worden om te voorkomen dat de imago's de eitjes na afzetten kunnen bereiken. Onderzoek naar de ei-dichtheid kan een mogelijke predatie piek vaststellen. Als dit wordt gerelateerd aan het aantal dagen dat het duurt om deze dichtheid te bereiken, zou de kweker de imago's voor de predatie piek kunnen overzetten in een andere kweekbak. Het voorkomen van ei-predatie kan volgens dit onderzoek resulteren in ongeveer 40% meer productie per week. Gedurende het experiment naar ei-predatie zijn er door de vrouwelijke imago's eitjes gelegd zonder dat er sprake is geweest van paring, wat duidt op onbevuchte ei-afzet. Als bepaald wordt of de imago's onderscheid maken tussen onbevuchte en bevuchte eitjes tijdens predatie kan dit tot een terugwinning van nutriënten leiden.

Literatuurlijst

- Alabi T, Michaud JP, Arnaud L, Haubruge E (2008) A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. *Ecological entomology* 33:716–726. doi: 10.1111/j.1365-2311.2008.01020.x
- Arnqvist G, Nilsson T (2000) The evolution of polyandry: Multiple mating and female fitness in insects. *Animal Behaviour* 60:145–164. doi: 10.1006/anbe.2000.1446
- Berggreen IE, Offenberger J, Calis M, Heckmann LH (2018) Impact of density, reproduction period and age on fecundity of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insects as Food and Feed* 4:43–50. doi: <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0013>
- Bhattacharya AK, Ameel JJ, Waldbauer GP (1970) A method for sexing living pupal and adult yellow mealworms. *Annals of the entomological society of America* 63:1783–1783. doi: <https://doi.org/10.1093/aesa/63.6.1783>
- Carazo P, Fernández-Perea R, Font E (2012) Quantity estimation based on numerical cues in the mealworm beetle (*Tenebrio molitor*). *Frontiers in Psychology* 3:1–7. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00502
- Carazo P, Molina-Vila P, Font E (2011) Male reproductive senescence as a potential source of sexual conflict in a beetle. *Behavioral Ecology* 22:192–198. doi: 10.1093/beheco/arq187
- Davis GRF (1977) Growth response of larvae of *Tenebrio molitor* L. to concentrations of dietary amino acids. *Journal of Stored Products Research* 14:69–71. doi: 10.1016/0022-474X(78)90022-X
- Elgar MA, Crespi BE (1992) *Cannibalism: ecology and evolution among diverse taxa*. Oxford university press 86-87. ISBN: 0198546505. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1994.7010121.x>
- Europees-Parlement (2015) Vordering (EU) 2015/2283 van het Europees parlement en de raad. Publicatieblad van de Europese Unie 1–22.
- Flinn PW, Campbell JF (2012) Effects of Flour Conditioning on Cannibalism of *T. castaneum* Eggs and Pupae. *Environmental Entomology* 41:1501–1504. doi: 10.1603/EN12222
- Fraenkel G, Blewett M, Coles M (1950) The nutrition of the mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Tenebrionidae, Coleoptera). *Physiological Zoology* 23:92–108. doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Gage MJG, Baker RR (1991) Ejaculate size varies with socio-sexual situation in an insect. *Ecological Entomology* 16:331–337. doi: 10.1111/j.1365-2311.1991.tb00224.x
- Henrard E, Kuntzelaers J, Voois J (2017) Optimalisatie van het reproductiesucces van de meeltor, *Tenebrio molitor*. HAS kennistransfer 1–27.
- Hilkens W, de Klerk B (2016) Insectenweek: kleine sector, grote kansen. ABN-AMRO 1-37.
- Kawasaki H, Sato H, Suzuki M (1975) Structural proteins in the egg envelopes of the mealworm beetle, *Tenebrio molitor*. *Insect Biochemistry* 5:25–34. doi: 10.1016/0020-1790(75)90004-9
- Lee KP, Simpson SJ, Clissold FJ, et al (2008) Lifespan and reproduction in *Drosophila*: New insights from nutritional geometry. *PNAS* 105:2498–2503. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0710787105>

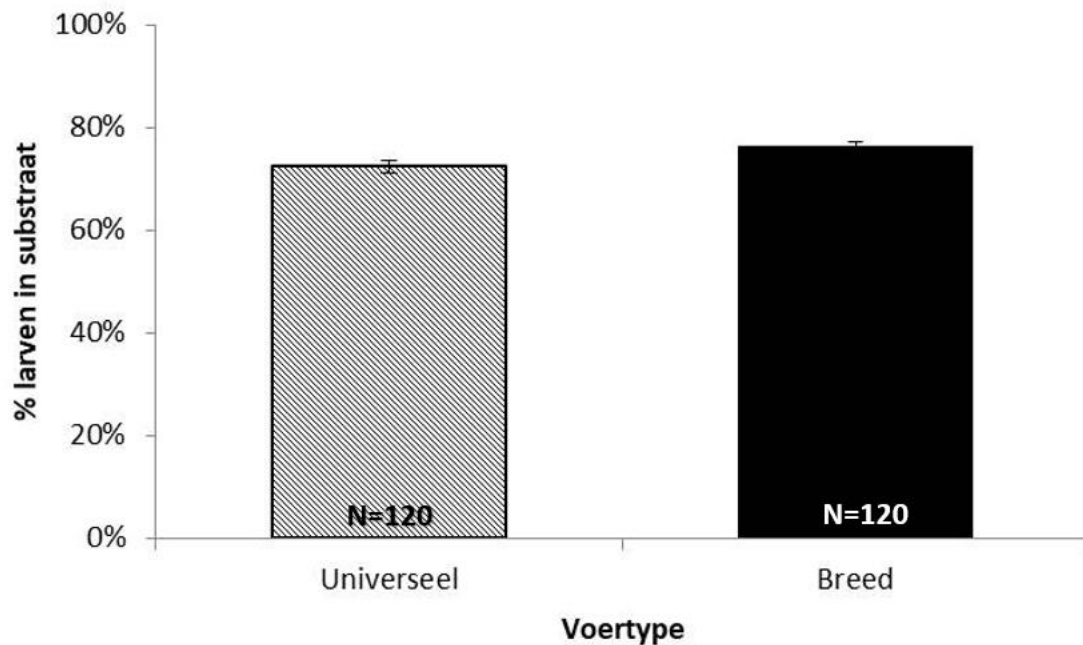
- Maklakov AA, Simpson SJ, Zajitschek F, et al (2008) Report Sex-Specific Fitness Effects of Nutrient Intake on Reproduction and Lifespan. *Current biology* 18:1062–1066. doi: 10.1016/j.cub.2008.06.059
- Morales-Ramos JA, Rojas MG, Kay S, et al (2012) Impact of Adult Weight, Density, and Age on Reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomological Science* 47:208–220. doi: 10.18474/0749-8004-47.3.208
- NEN (2016) Taakgerichte financiering.
- Oonincx DGAB (2015) Insects as food and feed: Nutrient composition and environmental impact. Wageningen university. 1-208. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- Pai A, Yan G (2003) Rapid female multiple mating in red flour beetles (*Tribolium castaneum*). *Canadian Journal of Zoology* 81:888–896. doi: 10.1139/z03-070
- Paoli PP, Donley D, Stabler D, et al (2014) Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino acids* 46:1449–1458. doi: 10.1007/s00726-014-1706-2
- Rho MS, Lee KP (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. doi: 10.1016/j.jinsphys.2016.07.002
- Rich ER (1956) Egg Cannibalism and Fecundity in *Tribolium*. *Ecological society of America* 37:109–120. doi: <https://doi.org/10.2307/1929674>
- Richardson ML, Mitchell RF, Reagel PF, Hanks LM (2010) Causes and Consequences of Cannibalism in Noncarnivorous Insects. *Annual Review of Entomology* 55:39–53. doi: 10.1146/annurev-ento-112408-085314
- Rönn J, Katvala M, Arnqvist G (2006) The costs of mating and egg production in *Callosobruchus* seed beetles. *Animal Behaviour* 72:335–342. doi: 10.1016/j.anbehav.2005.10.024
- Rumpold BA, Schlüter OK (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 17:1–11. doi: 10.1016/j.ifset.2012.11.005
- Schneider JC (2009) Principles and Procedures for Rearing High Quality Insects. 124-127, 1st edn. Mississippi State University. ISBN: 978-0-615-311906 .doi: <https://doi.org/10.1653/024.093.0234>
- Sonleitner FJ (1961) Factors Affecting Egg Cannibalism and Fecundity in Populations of Adult *Tribolium castaneum* Herbst. *Physiological Zoology* 34:233–255. doi: <https://doi.org/10.1086/physzool.34.3.30152701>
- Urs KCD, Hopkins TL (1973) Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 8:291–297. doi: 10.1016/0022-474X(73)90045-3
- van Broekhoven S, Oonincx DGAB, van Huis A, van Loon JJA (2015) Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology* 73:1–10. doi: 10.1016/j.jinsphys.2014.12.005
- Wedell N, Gage MJG, Parker GA (2002) Sperm competition, male prudence, and sperm-limited females. *Trends in Ecology and Evolution* 17:313–320. doi: 10.1007/978-0-387-28039-4_3

- Worden BD (2001) Polyandry in grain beetles, *Tenebrio molitor*, leads to greater reproductive success: material or genetic benefits? *Behavioral Ecology* 12:761–767. doi: 10.1093/beheco/12.6.761
- Yaginuma T, Mizuno T, Mizuno C, et al (1996) Trehalase in the spermatophore from the bean-shaped accessory gland of the male mealworm, *Tenebrio molitor*: purification, kinetic properties and localization of the enzyme. *Journal of Comparative Physiology B* 166:1–10. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00264633>
- 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. doi: <http://ousar.lib.okayama-u.ac.jp/355>

Bijlagen

Bijlage 1: Percentage larven in het substraat

Met behulp van een zeef (1,0 & 0,6 mm maaswijdte) zijn de eitjes van het substraat gescheiden. Na drie weken is het aantal larven in het substraat geteld. Ongeveer 75% van de eitjes in het substraat zit, de overige 25% is aan de bodem van het testbakje blijven kleven (figuur 5). Eerder is gebleken dat ongeveer 10% van de eitjes in het substraat zit. Mogelijke verklaringen voor deze hoge percentages hebben betrekking op de relatief dikke laag (± 1 cm) en poedervorm van het voer (Janmar Katoele, juni 2018).



Figuur 5. Het percentage larven in het substraat na zeven (1,0 & 0,6 mm maaswijdte). N = aantal bakjes per voertype.

Bijlage 2: Samenstelling Universeel & Breed voer

Tabel 2 geeft een overzicht van de nutriënten en het eiwitpercentage in het Universele voer dat gedurende dit onderzoek gebruikt is. Tabel 3 geeft een overzicht van de nutriënten en het eiwitpercentage in het Breed voer dat gedurende dit onderzoek gebruikt is.

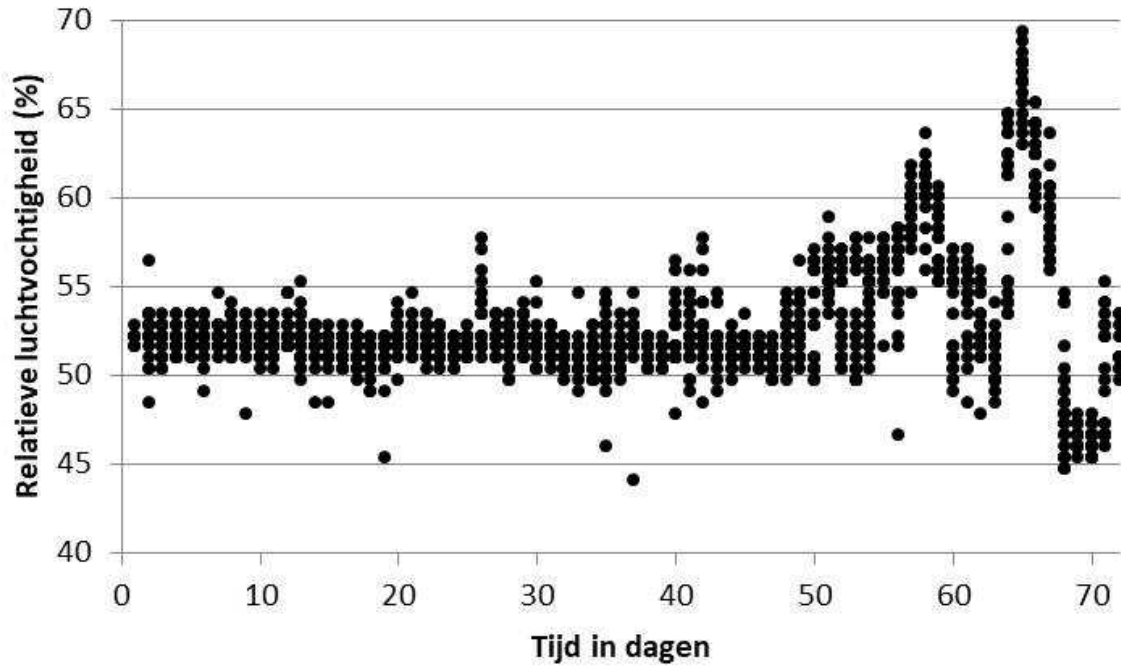
Tabel 2. Nutriënten en samenstelling van het Universele voer.

Insectus Mealworm Grow Supplementary animal feed for meal worms • Instructions: See nutrition scheme			
Analytical Constituents			
Crude protein	20 %	Calcium	1,01 %
Crude fat	4 %	Phosphorus	0,76 %
Crude ash	7 %	Sodium	0,14 %
Crude fiber	8,2 %	Magnesium	0,23 %
• Additives:			
Vit A	6000 IE	Vit E	30 IE
Vit B1	0,5 mg	Vit K3	0,5 mg
Vit B2	2 mg	Vit H	190 mg
Vit B6	1 mg		
Vit B12	0,01 mg	Vit B3	0 mg
Vit C	0 mg	Vit PP	0 mg
Vit D3	1000 IE	Choline	175 mg
Trace Elements			
Potassium iodide, Iodine	10 mg		
Sodium, Selenium	0,3 mg		
Copper (II) sulfate pentahydrate, copper	15 mg		
Manganese (II) sulfate, monohydrate	85 mg		
Zinc sulphate monohydrate	124 mg		
Iron (III) oxide, Iron	- mg		
Iron (II) sulphate monohydrate, iron	280 mg		
Gecoate Kobalt(II)carbonaat	0 19 mg		
Antioxidants			
Propylgallaat	0,5 mg		
Anti-caking Agents			
Sepioliet	10 mg		
Composition			
Unlocked maize		Soya Oil*	
Soy		Glycerol	
Wheat bran		Chalk	
Wheat		#N/B	
Unlocked wheat		#N/B	
Corn Gluten Meal		#N/B	
Rapeseed			
* Produced from genetically modified soya			
Expiration date:			
6 months after production			
Ref No:			
VD 091 18		www.mijten.be	
Weight (Kg/netto):		Staatsbaan 100 - B3460 Bekkevoort	
18		Tel 0032 13 77 13 58	

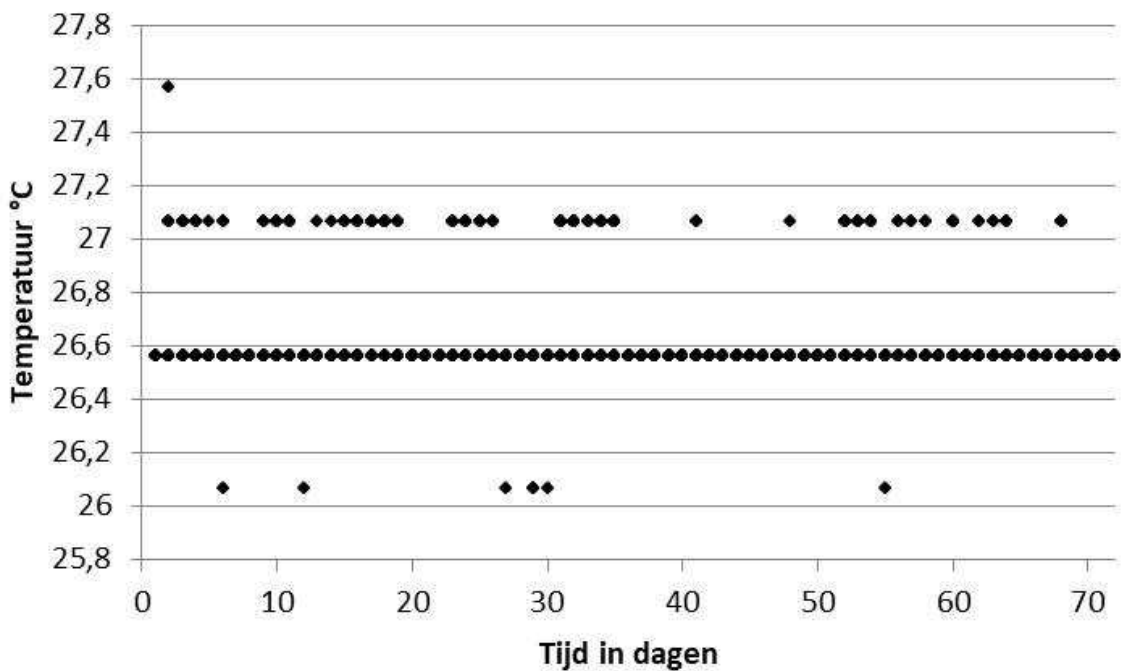
Tabel 3 Nutrienten en samenstelling van het Breed voer.

Bijlage 3. Dataloggers

Figuur 6 geeft de relatieve luchtvochtigheid aan gedurende deze experimenten aan. De schommeling die op dag 65 en 66 is waargenomen is te wijten aan een verbouwing van het insect-lab. Figuur 7 geeft de temperatuur gedurende deze experimenten aan.



Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid gedurende de experimenten.



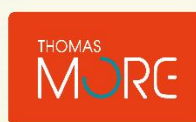
Figuur 7. Temperatuur gedurende de experimenten

Entomospeed

Het project wil de grootschalige insectenweek bij zwarte soldatenvliegen en meelwormen versnellen. Meer info op www.insectinfo.be en www.insectinfo.nl

Partnerschap

Grensoverschrijdende samenwerking tussen Vlaanderen en Nederland



Met financiële steun van



Interreg



Vlaanderen-Nederland

Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

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