



Anton de Kom Universiteit van Suriname Bibliotheek

Universiteitscomplex, Leysweg 86, Paramaribo, Suriname, Postbus 9212
Telefoon (597)464547, Fax (597)434211, E-mail: adekbib@uvs.edu

APPROVAL

NAAM: Bhugwansing Manisha Kadjel

verleent wel niet aan de AdeKUS kosteloos de niet-exclusieve toestemming om haar / zijn Drs. B.Sc. /
M.Sc. afstudeerscriptie online beschikbaar te stellen aan gebruikers binnen en buiten de AdeKUS.

Paramaribo, 31 augustus 2021

Handtekening



ANTON DE KOM UNIVERSITEIT VAN SURINAME

FACULTEIT DER TECHNOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
STUDIERICHTING AGRARISCHE PRODUCTIE

Het bepalen van de effectiviteit van lambda-cyhalothrin,
Bacillus thuringiensis, subsp. *kurstaki* en *Beauveria*
bassiana tegen het plaaginsect *Spodoptera* cf.
frugiperda op het gewas peper (*Capsicum* cf. *chinense*)



Een afstudeerverslag ingediend ter
afroning van de studie van
Bachelor of Science (BSc.) in
Agrarische Productie

Naam: Manisha, Kadjel Bhugwansing

Paramaribo, Suriname 10 mei 2021



ANTON DE KOM UNIVERSITEIT VAN SURINAME

FACULTEIT DER TECHNOLOGISCHE WETENSCHAPPEN
STUDIERICHTING AGRARISCHE PRODUCTIE

Het bepalen van de effectiviteit van lambda-cyhalothrin,
Bacillus thuringiensis, subsp. *kurstaki* en *Beauveria*
bassiana tegen het plaaginsect *Spodoptera* cf. *frugiperda*
op het gewas peper (*Capsicum* cf. *chinense*)

(Determining the efficacy of lambda-cyhalothrin, *Bacillus*
thuringiensis, subsp. *kurstaki* and *Beauveria bassiana*
against the insectpest *Spodoptera* cf. *frugiperda*
on pepper (*Capsicum* cf. *chinense*))

Curriculumonderdeel: Afstudeerproject

Naam: Manisha, Kadjel Bhugwansing
(Studenten nummer 20151015)

Faculteitsbegeleider: K. Burke MSc.
Medebegeleider: M. Jagroep MSc.
Praktijkbegeleider: V. Matau BSc.

Paramaribo, Suriname 10 mei 2021

Samenvatting

Uit notificaties van de Europese Unie bij exportladingen van pepers, is gebleken dat in exportladingen van peper uit Suriname, het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* is gedetecteerd. Dit plaaginsect komt in Suriname voor en verricht schade aan het gewas peper. De aantasting door *S. frugiperda* rupsen leidt tot opbrengstverliezen. Dit afstudeerproject had als doel de effectiviteit vast te stellen van insecticiden met de actief ingrediënten; lambda-cyhalothrin, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en *Beauveria bassiana* tegen het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* in pepers, in zowel een bioassay bij kamer temperatuurs in plantpotten in open veld. De bioassay bestond uit twee experimenten, waarbij is nagegaan wat de effectiviteit is van de insecticiden; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*), Mahastra (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*). Bij het *in vivo* experiment is de effectiviteit van de insecticiden; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Mahastra (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) uitgetest. Bij de bioassay werden de experimenten uitgevoerd als een aselechte proef terwijl de proefopzet bij het *in vivo* experiment een volledig gewarde proef was met vier rupsen per plant en tien planten per behandeling. Voor de statistische analyse van de data van de bioassay, is de Chi-kwadraat toets voor onafhankelijkheid gebruikt en voor de statistische verwerking van de data van het *in vivo* experiment is gebruik gemaakt van de Kruskal-Wallis toets. De resultaten van de bioassay toonden aan dat de behandelingen Karteka en Dipel bij zowel bioassay experiment 1 als bioassay experiment 2 effectief hebben gewerkt in het onderdrukken van *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in vergelijking met de behandelingen Bio Power, Mahastra en Controle. De Chi-kwadraat toets heeft aangetoond dat er een verband is tussen de twee categorische variabelen; toegediende behandelingen en de rupsenconditie (levend/dood). Uit het *in vivo* experiment is ook gebleken dat bij de behandelingen Karteka en Dipel minder peperschade werd veroorzaakt als gevolg van het plaaginsect *Spodoptera cf. frugiperda* in vergelijking met de behandelingen Controle en Mahastra.

Sleutelwoorden: *Spodoptera frugiperda*, *Lambda-cyhalothrin*, *Bacillus thuringiensis*, subsp. *kurstaki*, *Beauveria bassiana*

Abstract

Notifications from the European Union revealed that the insect pest *Spodoptera frugiperda* was detected in export consignments of hot peppers. This insect pest occurs in Suriname and causes damage to hot pepper crops. Damage caused by *S. frugiperda* larvae results in yield losses. This thesis project aimed at determining the efficacy of insecticides with the active ingredients; lambda-cyhalothrin, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *Beauveria bassiana* against the insect pest *Spodoptera frugiperda* in hot peppers, in a bioassay at room temperature and in plant pots in open field. The bioassay comprised of two experiments, which examined the efficacy of the insecticides; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*), Mahastra (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) and Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*). In the *in vivo* experiment, the efficacy of the insecticides; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Mahastra (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) and Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) were examined. In the bioassay, the experiments were performed as a random test, while the experimental design of the *in vivo* experiment was a complete randomized test, including four larvae per plant and ten plants per treatment. For the statistical

analysis of the data from the bioassay, the Chi-square test for independence was utilized and for the statistical processing of the data from the *in vivo* experiment, the Kruskal-Wallis test. The results of the bioassay revealed that the treatments Karteka and Dipel, in both bioassay experiment 1 as well as experiment 2, were effective in suppressing the *Spodoptera* cf. *frugiperda* larvae, compared to the treatments Bio Power, Mahastra and Control. The Chi-square test demonstrated that there is a relationship between the two categorical variables, treatments and the larvae condition (live / dead). The *in vivo* experiment also demonstrated that the treatments Karteka and Dipel caused less damage on hot pepper fruits caused by the *Spodoptera* cf. *frugiperda* larvae compared to the treatments Control and Mahastra.

Keywords: *Spodoptera frugiperda*, *Lambda-cyhalothrin*, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*, *Beauveria bassiana*

Voorwoord

Deze thesis werd ingediend ter afronding van de Bachelor of Science (BSc.) studie in Agrarische Produktie aan de Anton de Kom Universiteit van Suriname (AdeKUS). Het hierin beschreven onderzoek werd uitgevoerd van april 2020 tot augustus 2020 onder supervisie van mevr. K. Burke, MSc., mevr. V. Matau, BSc en mevr. M. Jagroep, MSc. Het onderzoek bestond uit een bioassay en een potten proef (*in vivo* experiment en de uitvoering geschiedde te midden van de Covid-19 pandemie en lock down perioden uitgevoerd). De bioassay werd uitgevoerd te Carolinashoopweg nr.06 (zijstraat Nieuwweergevondenweg) en de potten proef te Mawakaboweg nr.74.

Een woord van dank aan de volgende personen:

- Mijn faculteitsbegeleider, mevr. K. Burke, MSc., docent van de vakken ‘Inleiding tot de Gewasbescherming’ en ‘Gewasbescherming’ aan de Anton de Kom Universiteit van Suriname, voor haar eindeloze ondersteuning, begrip, kennis, motivatie en enthousiasme.
- Mijn praktijkbegeleider, mevr. V. Matau, BSc., Senior onderzoeker van de afdeling Entomologie van het Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij, voor haar ondersteuning en het arrangeren van de faciliteiten voor mijn onderzoek.
- Mijn medebegeleider, mevr. M. Jagroep, MSc., Hoofd van de afdeling Entomologie en directrice van het Onderdirectoraat Landbouw onderzoek, Afzet en Verwerking van het Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij, voor haar ondersteuning, het zorgdragen voor faciliteiten voor mijn onderzoek en het verschaffen van constructieve feedback.
- Mevr. L. Ori, PhD., Richtingscoördinator van de studierichting Agrarische Produktie aan de Anton de Kom Universiteit van Suriname, voor haar ondersteuning en medewerking voor levering van de faciliteiten t.b.v. de uitvoering van mijn proef.
- Nandeni Bechoe, FTeW student assistent van het vak Gewasbescherming van de AdeKUS - FTeW- AP, voor de ondersteuning en het kweken van de rupsen van het plaaginsect *Spodoptera frugiperda*.
- De AdeKUS-FTeW voor de mogelijkheid geboden dat de student-assistent Nandeni Bechoe haar medewerking kon verlenen in dit onderzoek dat een nationaal karakter had.
- Caribbean Chemicals Suriname N.V. voor het beschikbaar stellen van het middel Dipel (a.i.: *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*)
- Dhr. Drs. F. R. Grauwde, externe beoordelaar van het thesis verslag, voor zijn opbouwende, kritische opmerkingen welke ten gunste waren voor de kwaliteit van het verslag.
- Ten slotte ook een woord van dank aan mijn moeder, M. Bhugwansing, en mijn vriend W. Kalidien, voor de hulp, motivatie en ondersteuning.

Lijst van tabellen

Tabel 1 Insecticiden die in de biosassay experimenten getest zijn.	20
Tabel 2 Insecticiden die in het <i>in vivo</i> experiment getest zijn tegen <i>S. frugiperda</i> op peper. ...	22
Table 3 Aantal dode rupsen in bioassay experiment 1 en experiment 2	30
Tabel 4 SPSS output – Fisher’s exact toets voor bioassay Experiment 1 - dag 2	32
Tabel 5 SPSS output - Chi-kwadraat toets voor bioassay Experiment 1 - dag 14	33
Tabel 6 SPSS output – Fisher’s exact toets voor bioassay Experiment 2- dag 2	35
Tabel 7 SPSS output - Chi-kwadraat toets voor bioassay Experiment 2 - dag 14	36
Tabel 8 Aantal pepers met peperschade op dag 2 en dag 14 voor alle behandelingen	38
Tabel 9 Kruskal-Wallis op dag 2.....	38
Tabel 10 Kruskal-Wallis op dag 14.....	39
Tabel 11 Paarsgewijze vergelijking van de behandelingen.....	39

Lijst van figuren

Figuur 1 Volgroeide rups.....	14
Figuur 2 Volwassen motten. a. mannelijke mot en b. vrouwelijke mot	15
Figuur 3 Ei parasitoïd <i>Telenomus remus</i>	19
Figuur 4 Proef opzet van de bioassay experiment deels weergegeven.....	21
Figuur 5 Schematische voorstelling van de proefopzet	23
Figuur 6 Proefopzet in het open veld	23
Figuur 7 Pas gelegde eitjes (lichtgroen van kleur) aan de onderkant van een peperblad	26
Figuur 8 Eipakket, met eitjes die binnenkort zouden ontluike	26
Figuur 9 Rupsjes die tevoorschijn kwamen na het ontluike van eitjes	27
Figuur 10 <i>Spodoptera rups</i>	27
Figuur 11 Popstadium van een <i>Spodoptera rups</i>	27
Figuur 12 Motten. Links vrouwelijke mot en rechts mannelijke mot.....	28
Figuur 13 Vraatschade bij peper door <i>Spodoptera rupsen</i> tijdens de kweek van de rupsen....	28
Figuur 14 Vraatschade bij peper veroorzaakt door de <i>Spodoptera rupsen</i>	29
Figuur 15 Sluipwespjes (vermoedelijk <i>Telenomus</i> sp.)	29
Figuur 16 <i>Spodoptera rupsen</i> tijdens de uitvoering van de bioassays	30
Figuur 17 Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2	31
Figuur 18 Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 14	33
Figuur 19 Mortaliteitspercentage van rupsen op dag 2, 7 en 14 van bioassay experiment 1 ...	34
Figuur 20 Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2	35
Figuur 21 Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 14	36
Figuur 22 Mortaliteitspercentage van rupsen op dag 2, 7 en 14 van bioassay experiment 2 ...	37

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Voorwoord	4
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	6
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrondinformatie	9
1.2 Probleemstelling	9
1.3 Doel	10
1.4 Onderzoeksopzet	10
1.5 Randvoorwaarden	10
1.6 Relevantie van het onderzoek.....	11
1.7 Opbouw van het verslag.....	11
2 Literatuur	12
2.1 Peper (<i>Capsicum</i> sp.)	12
2.2 <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
2.2.1 Ecologie van <i>Spodoptera frugiperda</i>.....	12
2.2.2 Levenscyclus van <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
2.2.3 Aantastingsverschijnselen veroorzaakt door <i>Spodoptera frugiperda</i>	15
2.3 Actief ingrediënten van de middelen	16
2.3.1 Karteka 5 EC.....	16
2.3.2 Bio Power.....	16
2.3.3 Insecticide (bedrijf 3) en Dipel.....	17
2.4 Natuurlijke vijanden	18
3 Materiaal en methode	20
3.1. <i>Spodoptera</i> rupsen in het onderzoek	20
3.2 Bioassay	20
3.2.1. Uitvoering van de bioassay.....	20
3.3 <i>In vivo</i> experiment	22
3.3.1. Proef opzet van het <i>in vivo</i> experiment	22
3.4. Statistische analyse	24
3.4.1. Bioassay.....	24
3.4.2. <i>In vivo</i> experiment.....	24
4 Resultaten	26
4.1. <i>Spodoptera</i> rupsen voor het onderzoek.....	26

4.2 Bioassay	30
4.2.1 Aantal dode rupsen	30
4.2.2. Dataverwerking	31
4.3. In vivo experiment	37
4.3.1 Peperschade op dag 2	38
4.3.2 Peperschade op dag 14	38
5. Discussie	40
5.1 <i>Spodoptera</i> rupsen van het onderzoek	40
5.2 Bioassay	40
5.3 In vivo experiment	42
6 Conclusies en aanbevelingen	44
6.1 Conclusies	44
6.2 Aanbevelingen	44
Referenties	46
Bijlagen	49

1 Inleiding

1.1 Achtergrondinformatie

Sinds enkele jaren hebben *Spodoptera frugiperda* rupsen zich in Suriname gemanifesteerd als een serieuze plaag op verschillende gewassen, met name op export gewassen zoals peper. In 2016 kondigde de Europese Unie (EU) nieuwe, strengere regels aan die in 2019 zijn ingegaan waaraan exportladingen naar de EU moeten voldoen. Uit notificaties van de Europese Unie (EU) van het jaar 2019 is gebleken dat het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* behalve in andere landen ook in Suriname op de gewassen peper, sopropo, boulangier, antroewa en soepgroente voorkomt (European Union Notification System for Plant Health Interceptions – EUROPHYT, 2019). Volgens FAO & CABI (2019) is *Spodoptera frugiperda* de wetenschappelijke naam van een rups soort (Orde Lepidoptera) die als een belangrijke polyfage plaag van vele plantensoorten kan optreden en schade kan aanbrengen. De schade aan de planten wordt verricht door de rupsen, die de larvale stadia van het plaaginsect zijn. De adulten of volwassenen of imago's zijn motten die zelf geen schade aan de planten verrichten, maar wel verantwoordelijk zijn voor het afzetten van eipakketten op de planten, waaruit rupsen van het eerste larve stadium tevoorschijn komen. *Spodoptera frugiperda* rupsen, in het Engels ook wel 'fall armyworm' genoemd, kunnen de stengels, bladeren, vruchten en reproductieve delen van de planten beschadigen en voor opbrengstverliezen zorgen, indiende plaag niet afdoende beheerst wordt.

Spodoptera frugiperda manifesteert zich momenteel als een boorder in pepers en veroorzaakt hierdoor directe schade, waardoor landbouwers opbrengstverliezen lijden. Het is van belang dat de *Spodoptera frugiperda* plaag effectief onderdrukt wordt waarbij gebruik van biologische insecticiden de voorkeur geniet.

In verschillende onderzoeken van Sisay, Tefera, Wakgari, Ayalew & Mendesil (2018), Akutse et al. (2019), Ramos, Taibo, Jiménez & Portal (2020), Polanczyk, Pieres da Silva & Fiuza (2000) en Hernandez (1988) is voor de bestrijding van *Spodoptera frugiperda* gebruik gemaakt van insecticiden, biologische middelen en natuurlijke vijanden. Bij het onderzoek van Sisay et al. (2019) met *S. frugiperda* rupsen werd vastgesteld dat het insecticide Karate (a.i. lambda-cyhalothrin) tijdens laboratorium experimenten een mortaliteitspercentage van 77.8% - 96.7% onder de rupsen veroorzaakte, 33% - 60% mortaliteit in kassen onder gecontroleerde omstandigheden teweeg bracht en daarnaast werd bij deze behandeling minder schade bij planten tijdens veldexperimenten waargenomen. Verschillende onderzoekers (Akutse et al. (2019) en Ramos et al. (2020) gaven aan dat *Beauveria bassiana* in staat is om 30% tot 100% van de rupsen te doden. De onderzoekers Polanczyk et al. (2000) en Hernandez (1988) gaven aan dat *Bacillus thuringiensis* 70% tot 100% rupsen kan doden. In Suriname is het voor telers en exporteurs van peper van belang dat onderzocht wordt welke middelen die in de agroschops in Suriname te verkrijgen zijn, het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* in peper effectief kunnen onderdrukken.

In onderhavig onderzoek is de werking nagegaan van het chemisch insecticide lambda-cyhalothrin en van de biologische insecticiden *Beauveria bassiana* en *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* tegen vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen in peper. (*Spodoptera* cf. *frugiperda* duidt aan dat het insect vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* is).

1.2 Probleemstelling

Probleemstelling

De rupsenplaag *Spodoptera frugiperda* in pepers moet effectief onderdrukt worden om opbrengstverliezen en inkomstenderving als gevolg van dit plaaginsect te reduceren.

Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

In welke mate zijn de insecticiden met de actief ingrediënten lambda-cyhalothrin, *Beauveria bassiana* en *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* effectief in het onderdrukken van *Spodoptera frugiperda* rupsen in het gewas peper.

Subvragen:

1. Is er een verband tussen toegediende middelen en rupsenconditie in bioassay experimenten bij kamertemperatuur?
2. Kan toediening van de middelen lambda-cyhalothrin, *Beauveria bassiana* en *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* peperschade veroorzaakt door *Spodoptera frugiperda* rupsen reduceren, in een potten proef op open veld?

1.3 Doel

Het vaststellen van de werking van de insecticiden met de actief ingrediënten lambda-cyhalothrin, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en *Beauveria bassiana* tegen de *Spodoptera frugiperda* rupsenplaag in pepers in bioassay experimenten bij kamertemperatuur en in plantpotten in open veld.

1.4 Onderzoekopzet

Bij dit onderzoek werden de behandelingen met actief ingrediënten lambda-cyhalothrin, *Beauveria bassiana* en *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* getest. Het onderzoek was onderverdeeld in twee onderdelen te weten:

1. Bioassay experimenten oftewel effectiviteitstesten onder beschutte omstandigheden bij kamertemperatuur. Bij de bioassay experimenten werden de *Spodoptera* cf. *frugiperda* rupsen in aparte plastic cups gekweekt. De vier behandelingen; lambda-cyhalothrin, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en Controle (met water) werden toegediend. Als voedsel voor de rupsen werden pepers geplaatst, omdat ze de vruchten prefereren boven de bladeren. Om de twee dagen werden de pepers verwisseld. De waarnemingen werden dagelijks verricht.
2. Een experiment met peperplanten in potten, aangeduid met 'Potten proef'. Dit geschiedde in het open veld, waarbij de behandelingen lambda-cyhalothrin (handelsnaam Karteka), *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (handelsnaam Dipel), *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (handelsnaam Insecticide (bedrijf 3)) en een Controle (met water) in het experiment getest werden. Waarnemingen werden om de ene dag verricht.

Noot: De handelsnaam van de insecticide met a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* bedrijf 3 wordt niet weergegeven vanwege confidentialiteit van het bedrijf.

1.5 Randvoorwaarden

1. De gekochte peperplanten waren reeds opgekweekt in steriele potgrond, zodat er geen contaminatie van bodemorganismen plaatsvond.
2. De peperplanten werden in potten overgeplant, zodat er vanuit de bodem geen secundaire infectie kon optreden.

3. De financiering van deze proef geschiedde door het Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij (LVV). Verder gaven twee bedrijven gratis hun insecticiden om te testen.
4. De *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen werden verzameld te Proeftuin Dirkshoop (Saramacca) door de medewerkers van de afdeling Entomologie van het Ministerie van LVV en daarna op een locatie aan de Katwijkweg opgekweekt door de FTeW student-assistent, van het vak Gewasbescherming van de AdeKUS- FTeW- AP, mej. Nandeni Bechoe.

1.6 Relevantie van het onderzoek

Dit onderzoek is relevant geweest, aangezien het tot doel had de insecticiden met actief ingrediënten lambda-cyhalothrin, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en *Beauveria bassiana*, die op de markt te verkrijgen zijn, te evalueren op hun werking tegen de *Spodoptera* rupsenplaag in pepers. Het gaat hierbij vermoedelijk om *Spodoptera frugiperda* rupsen (ook aangeduid met *Spodoptera cf. frugiperda*) en de resultaten van dit onderzoek zijn belangrijk voor landbouwers in Suriname die te kampen hebben met deze plaag in het gewas peper. De resultaten geven een mate van effectiviteit aan en een indruk welke van de toegediende insecticiden effectief zouden kunnen zijn in het onderdrukken van de *Spodoptera frugiperda* plaag. Uit de resultaten verkregen uit dit onderzoek kunnen adviezen gegeven worden over welke van de geteste insecticiden in staat zouden kunnen zijn de *Spodoptera frugiperda* plaag in peper al dan niet te onderdrukken.

1.7 Opbouw van het verslag

Het verslag bestaat uit 6 hoofdstukken. Hoofdstuk 1 is de inleiding. In hoofdstuk 2 wordt de literatuur over de onderwerpen belicht. Hierna volgt hoofdstuk 3, waarin de materiaal en methode wordt omschreven. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten en hoofdstuk 5 bevat de uitgewerkte discussie. Ten slotte volgt hoofdstuk 6 met de conclusie en aanbevelingen van het onderzoek.

2 Literatuur

2.1 Peper (*Capsicum* sp.)

Peper behoort tot de familie *Solanaceae* en het genus *Capsicum*. Tot de familie *Solanaceae* behoren ook bekende gewassen zoals, tomaat, boudin, antroewa, tabak en aardappel. Er zijn ongeveer 20 tot 27 soorten van *Capsicum*, waarvan er vijf gedomesticeerd zijn en gebruikt worden als verse groenten en specerijen. De vijf soorten zijn: *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum chinense* L., *Capsicum pubescens* L. en *Capsicum baccatum* L. Binnen deze vijf *Capsicum* soorten zijn er verschillende cultivars die van enorm economisch belang zijn en anders uitzien in vorm, grootte, kleur en smaak (Ali et al., 2016). De peper variëteiten in Suriname zijn als volgt; “Alata-pepre” (de kleine variëteit; rode, puntige, zeer scherp smakende vruchtjes van niet langer dan 1 cm), “Madame Jeanette”, “A-gi-uma-nen” en de bekende rode peper. In Suriname komen er tegenwoordig alleen kruisingen voor van peper. De groeiwijze van de peperplanten is struikachtig en de vruchten verschillen in kleur, vorm, smaak, grootte en aroma. Peper wordt in rijen beplant met een plant afstand van 45cm × 45cm en heeft een lange groeiperiode, waardoor een regelmatige bemesting nodig is van 50 gr. NPK/plant per maand. Peper moet op gronden geteeld worden die een pH tussen de 6.0 tot 6.8 bevatten. Indien de pH lager dan 6.0 is dient de grond eerst met schelp of kalk aangebracht te worden (Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij, 2005).

2.2 *Spodoptera frugiperda*

CAB International (z.j.) geeft aan dat *Spodoptera frugiperda* (in het Engels fall armyworm) tot de klasse Insecta, orde Lepidoptera en familie Noctuidae behoort en op meer dan 350 plantensoorten schade kan verrichten. ‘Fall armyworm’ rupsen voeden zich van bladeren, stengels en reproductieve delen van de planten. *S. frugiperda* is een polyfage plaag die een duidelijke voorkeur vertoont voor de familie Poaceae (syn. Graminae) dat zijn de grassen, maar ook op vele andere families te vinden zijn zoals familie Solanaceae, Cucurbitaceae, Asteraceae en Fabaceae. De ‘Fall armyworm’ wordt meestal geregistreerd op wilde en gecultiveerde grassen zoals; maïs, rijst, sorghum en suikerriet, maar kan ook op groentegewassen voorkomen. *Spodoptera frugiperda* wordt onderverdeeld in een ‘rice strain’ (R-strain) en ‘corn strain’ (C-strain), die in Afrika ontdekt zijn. Tot de ‘rice strain’ behoren rupsen die rijst en andere grassoorten prefereren en tot de ‘corn strain’ behoren rupsen die maïs en in mindere mate sorghum prefereren. Volgens de European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (2020) werd *Spodoptera frugiperda* vroeger *Laphygma frugiperda* genoemd. Segeren (1983) vermeldt *Spodoptera frugiperda* en Van Dinther (1960) vermeldt *Laphygma frugiperda* als een destructieve plaag in Suriname. Segeren (1983) geeft aan dat *Spodoptera frugiperda* een bladruis is die op de gewassen maïs, sorghum, rijst, suikerriet en op grasland voorkomt. Voor de gewassen pinda, pesie, kool en bloemkool is de aanwezigheid van *Spodoptera* spp. aangegeven. Sinds enkele jaren worden door het European Union Notification System for Plant Health Interceptions – EUROPHYT herhaalde malen notificaties aangegeven van aanwezigheid van het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* in exportladingen van peper, boudin, antroewa en sopropo naar Nederland toe. De huidige strenge regels van de EU zijn sinds december 2019 van kracht en vereisen dat de exportladingen volkomen vrij moeten zijn van de plaag (‘zero tolerance’).

2.2.1 Ecologie van *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda is een tropische species die aangepast is aan warmere delen van de wereld (CAB International, z.j.). Volgens FAO & CABI (2019) wordt de snelheid van de ontwikkeling van *Spodoptera frugiperda* beïnvloed door voedsel, temperatuur en relatieve vochtigheid. Verhoogde temperaturen versnellen de ontwikkeling van de plagen en het aantal plaag populaties, terwijl bij lagere temperaturen de ontwikkeling van de rupsen juist vertraagt. Warme,

humide klimaat met hoge regenval zijn gunstig voor de ontwikkeling en verspreiding van de plaag. CAB International (z.j.) geeft aan dat de ontwikkeling van *Spodoptera frugiperda* kan plaatsvinden tussen 11°C en 30 °C. Boven 30 °C hebben de vleugels van de motten de neiging om vervormd te worden. Bij lagere temperaturen kan de activiteit en ontwikkeling stoppen en kan het plaaginsect ook doodgaan. In de tropen kunnen eitjes continu gelegd worden van 4 tot 6 generaties per jaar. FAO & CABI (2019) hebben aangegeven dat door hevige regenvallen een deel van de onvolwassen rupsen kunnen worden weggewassen en dat de snelheid van de wind kan helpen bij het verspreiden van de motten (volwassenen). Het bodemtype en de bodembewerkingsmethoden kunnen ook invloed hebben op de ontwikkeling van het pop stadium. Zandige klei zijn geschikt voor verpoping en opkomst van volwassenen. De ontwikkeling en overleving van *Spodoptera frugiperda* rupsen kunnen ook beïnvloed worden door de variëteit van de gewassen, agrarische (landbouw) toepassingen, gewas fenologie en gewasfase.

2.2.2 Levenscyclus van *Spodoptera frugiperda*

Volgens FAO & CABI (2019) bestaat de levenscyclus van *Spodoptera frugiperda* uit vier stadia namelijk; ei, larve (rups), pop en adult (mot), waarbij het larvale stadium zes groeifasen heeft.

Eitjes

De eitjes worden meestal 's nachts gelegd op de onderste bladeren aan de onderkant in stevige pakketjes (clusters), dicht bij de kruising van het blad en de stengel. Wanneer de populatie van de motten hoog is, kunnen de eitjes ook op hogere plantendelen gelegd worden bijvoorbeeld boven op de bladeren en op nabijgelegen vegetaties. De eitjes zijn wit, roze of lichtgroen van kleur en bolvormig (FAO & CABI, 2019). Volgens Assefa & Ayalew (2019) hebben de eitjes een diameter van ongeveer 0.4 mm en een hoogte van 0.3 mm en kunnen er 100-200 eitjes per keer gelegd worden. De eitjes ontluiken binnen 2-3 dagen (FAO& CABI, 2019), soms 2-4 dagen (Assefa & Ayalew, 2019). Hevige regenvallen kunnen de levenscyclus van *Spodoptera frugiperda* verstoren door de eipakketten en of pas uitgekomen rupsen weg te wassen naar de grond waar er geen voedsel is voor deze plagen of waar de eitjes en of rupsen door predatoren kunnen worden opgegeten (FAO& CABI, 2019).

Rupsen

De rupsen zijn onderverdeeld in zes groeifasen. De rupsen van groeifase 1 zijn groen van kleur en de kop is zwart. Bij groeifase 2 beginnen de rupsen oranje-bruin van kleur te worden. De rupsen van deze groeifase zijn fototaxis, hetgeen betekent dat ze naar de top van de plant voortbewegen. Ze kunnen verder ook naar andere planten verspreiden, terwijl rupsen van groeifase 2-6 niet gemakkelijk naar andere planten kunnen verspreiden. Bij rupsen van groeifase 3 begint het dorsaal oppervlak bruin van kleur te worden en beginnen witte laterale lijnen te vormen. De rupsen van groeifase twee en drie zijn meestal kannibalistisch. In groeifase 4-6 wordt de kop roodbruin van kleur met witte vlekken en het lichaam is bruinachtig met witte sub dorsale en laterale lijnen. De groeiduur van de rupsen van de zesde groeifase kan door de combinatie van voedsel en temperatuur veranderen, welke 14-21 dagen kan zijn. Binnen ongeveer 14 dagen valt een volgroeide rups op de grond (Assefa & Ayalew, 2019). Volgroeide rupsen hebben op hun kop een omgekeerd 'Y' teken dat wit van kleur is (figuur 1). Verder zijn er vier zwarte punten in de vorm van een vierkant die zich op de achterkant van het laatste abdominale segment bevindt, welke in figuur 1 is weergegeven (FAO& CABI, 2019).



Figuur 1

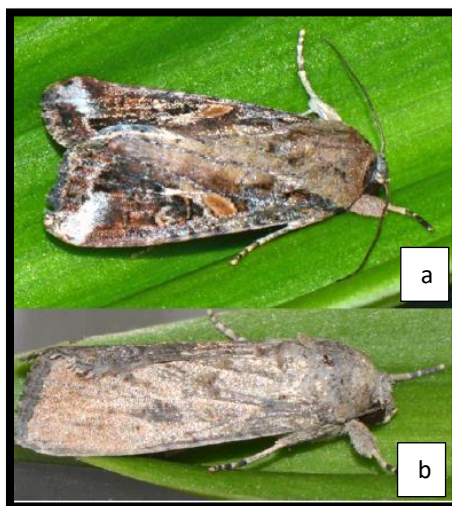
Volgroeide rups met een omgekeerd 'Y' teken op de kop en vier zwarte punten in de vorm van een vierkant die op de achterkant van het laatste abdominale segment. Overgenomen van 'Integrated management of the Fall Armyworm on maize' door Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2018. Copyright 2018 door FAO.

Pop

De pop heeft een lengte van 20-30 mm en is roodbruin van kleur. Het verpoppen geschiedt bij een diepte van ongeveer 2-8 cm in de bodem. Als de bodem te hard is, bedekt de rups zichzelf met bladresten voor het verpoppen. Na ongeveer 8-9 dagen komt de mot (adult) uit en start de cyclus opnieuw (FAO & CABI, 2019).

Mot

Volgens CAB International (z.j.) kunnen motten over een afstand van ongeveer 500 km migreren. Het vrouwtje legt normaliter de meeste van haar eieren af tijdens de eerste 4-5 dagen van haar leven, maar sommigen kunnen tot 3 weken (Assefa & Ayalew, 2019) eitjes afleggen. De totale eiproductie per vrouwelijke mot gedurende haar leven bedraagt gemiddeld 1500-2000. De motten hebben een lengte van 20-25 mm en zijn actief gedurende warme, humide middagen. Mannelijke motten hebben een grijs, lichtbruine kleur en vrouwelijke motten hebben een lichte kleur (FAO & CABI, 2019). In figuur 2 is een illustratie van een vrouwelijke - en een mannelijke *S. frugiperda* mot weergegeven.



Figuur 2

Spodoptera frugiperda volwassen motten.

a. mannelijke mot en b. vrouwelijke mot.

Overgenomen van 'Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies' door A. N. Shylesha, S. K. Jailali, A. Gupta, R. Varshney, T. Venkatesan, P. Shetty, R. Ojha, P. C. Ganiger, O. Navik, K. Subaharan, N. Bakthavatsalam, C. R. Ballal & A. Raghavendra, 2018. *Journal of Biological Control*, 32(3), p. 145-151. Copyright 2019 door Informatics Publishing Limited.

2.2.3 Aantastingsverschijnselen veroorzaakt door *Spodoptera frugiperda*

CAB International (z.j.) geeft aan dat het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* gewassen in verschillende groeifasen kan aantasten, van vegetatief tot fysiologisch volwassen planten. *Spodoptera frugiperda* is niet gemakkelijk op te merken in aanplanten, omdat de kleine rupsen zich meestal aan de onderkant van de planten (dicht bij de grond) voeden. De plaag kan bij zaailingen de bladerkrans aantasten en kan ook de plant volledig afsnijden bij de stengel, waardoor het gewas opnieuw beplant moet worden. Grote rupsen kunnen ook de stengels van de volwassen planten beschadigen (FAO & CABI, 2019). De rupsen kunnen bij volwassen planten ook de reproductieve structuren aantasten zoals knoppen en groeipunten, bijvoorbeeld bij peper en tomaat. Ook kunnen de rupsen de vruchten doorboren, waardoor de vruchten kunnen vallen of rotten (CAB International, z.j.). De meeste schade wordt veroorzaakt door de rupsen van de laatste groeifase (zesde groeifase), die veel meer plantbiomassa consumeren. Hierdoor lijkt de schade door *Spodoptera frugiperda* vaak plotseling opgetreden te zijn, terwijl de plaag al geruime tijd aanwezig was. Aangetaste bladeren en bladerkransen kunnen gaten en beschadigde randen vertonen en rupsen uitwerpselen bevatten. Jonge rupsen beschadigen de bladlamina in een typische 'window pane' schade. 'Window-paning' is het meest voorkomende symptoom van schade bij de bladerkrans (FAO & CABI, 2019). CAB International (z.j.) geeft aan dat oudere rupsen grotere gaten en meerdere beschadigde bladeren kunnen veroorzaken. Bij maïsplanten kunnen ook de kolven beschadigd worden door de rupsen van *Spodoptera frugiperda* die de korrels kunnen doorboren. Schade aan kolven kan leiden tot schimmelinfectie eventueel met aflatoxine vorming en tevens kan er verlies van de kwaliteit van de maïs optreden. Verder kunnen *Spodoptera frugiperda* rupsen ook kannibalistisch gedrag vertonen, waarbij zij zich voeden met rupsen van dezelfde soort en tevens kunnen ze rupsen van verschillende soorten aanvallen (CAB International (z.j.)).

2.3 Actief ingrediënten van de middelen

In onderzoeken van Sisay et al. (2018), Akutse et al. (2019), Ramos et al. (2020), Polanczyk et al. (2000), Dos Santos et al. (2021) en Hernandez (1988) is voor de bestrijding van *Spodoptera frugiperda* gebruik gemaakt van insecticiden, biologische middelen en natuurlijke vijanden.

2.3.1 Karteka 5 EC

Karteka

Informatie van de label van het product Karteka van agrosshop Agrimex N.V. in Suriname, geeft aan dat het insecticide met handelsnaam Karteka lambda-cyhalothrin als actief ingrediënt bevat. Lambda-cyhalothrin is een niet systemisch, contact insecticide met afwerende eigenschappen dat werkt tegen een aantal insecten waaronder; witte vlieg, bladmineerders, tripsen, bladluizen, *Spodoptera frugiperda* en andere insecten. De veiligheidstermijn van Karteka is zeven (7) dagen en de dosering is 1 tot 2 ml Karteka in 1 liter water.

Actief ingrediënt lambda-cyhalothrin

National Pesticide Information Center (2001) geeft aan dat lambda-cyhalothrin een synthetische pyrethroïde is en zoals de andere pyrethroïden het zenuwstelsel van organismen beïnvloedt. Lambda-cyhalothrin verstoort hierbij het open en dicht gaan van natriumkanalen die een rol spelen bij het voortbrengen en geleiden van zenuwimpulsen. De natrium kanalen worden door lambda-cyhalothrin opengehouden. Vertraagde sluiting van de natrium kanalen resulteert in langdurige prikkelingen van zenuwvezels in het betreffend insect en veroorzaakt snelle verlamming en dood van een plaaginsect wanneer deze wordt ingeslikt of extern wordt blootgesteld. Temperatuur beïnvloedt de verlamming en de toxiciteit van lambda-cyhalothrin. Tijdens het onderzoek van Sisay et al. (2019) is onder andere Karate (a.i. lambda-cyhalothrin) getest tegen *S. frugiperda* rupsen. Hierbij bleek dat de behandeling met Karate rupsensterfte van 77.8% - 96.7% heeft veroorzaakt tijdens lab experimenten, verder resulteerde toediening van Karate in 33% - 60% dode rupsen in kassen onder gecontroleerde omstandigheden. Tevens trad er minder schade op bij planten tijdens veldexperimenten. Volgens Ríos-Díez & Saldamando-Benjumea (2011) en Malaquias, Omoto, Ramalho, Wesley & Silveira (2014) kan het plaaginsect *Spodoptera frugiperda* snelle resistentie opbouwen tegen lambda-cyhalothrin. In het onderzoek van Malaquias et al. (2014) was de focus op het ontwikkelen van effectieve programma's om resistentie van *S. frugiperda* tegen insecticiden te kunnen beheersen. Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat *S. frugiperda* rupsen resistentie vertoonden tegen lambda-cyhalothrin. Ook bleek dat biologische bestrijding door *Podisus nigrispinus* belangrijk was om *Spodoptera frugiperda* resistentie voor lambda-cyhalothrin succesvol te beheersen. *Podisus nigrispinus* is een roofwants die tot de orde Hemiptera, Suborde Heteroptera behoort en tot de familie Asopinae. Segeren (1983) vermeldde dat in Suriname ook *Podisus* roofwantsen voorkomen als natuurlijke vijanden van *Spodoptera* rupsen in mais. In het onderzoek van Ríos-Díez and Saldamando-Benjumea (2011) werden *Spodoptera frugiperda* rupsen verzameld van maïs- en rijst velden en er is geëvalueerd of de rupsen resistent waren tegen methomyl en lambda-cyhalothrin. Uit het onderzoek bleek dat *Spodoptera frugiperda* rupsen eerder resistent waren voor lambda-cyhalothrin dan voor methomyl en dat voor het beheersen van de *Spodoptera frugiperda* rupsen het insecticide methomyl geschikter was dan lambda-cyhalothrin.

2.3.2 Bio Power

Informatie van de label van het product Bio Power van de agrosshop afdeling van de firma HJ de Vries N.V., geeft aan dat Bio Power sporen bevat van mycelium delen van *Beauveria bassiana*: 1×10^9 CFU/ml van het product. Het kan rupsen, boorders, bladluizen, cicaden, bladmineerders, tripsen, witte vlieg, kevers enz. bestrijden. Bio Power is een contact insecticide en kan met neem en andere bio-pesticiden gemengd worden, maar niet met fungiciden. De dosering van Bio Power is 120 ml/ 20 liter water/ 400 m² voor elke 7-10 dagen en 3-4 keren per seizoen.

Werking van het actief ingrediënt *Beauveria bassiana*

Informatie van de label van het product Bio Power van de agroschap afdeling van de firma HJ de Vries N.V. in Suriname, geeft aan dat de sporen van de schimmel *Beauveria bassiana* op de huid van het insect groeien, wanneer Bio Power in contact komt met het plaaginsect. Tijdens de groei zuigt de schimmel *Beauveria bassiana* alle voedingsstoffen van de plaag op, waardoor de plaag uitdroogt en doodgaat. Wanneer *Beauveria bassiana* in contact komt met de huid van een plaaginsect, ontkiemen de sporen en groeit de schimmel rechtstreeks door de insectcuticula naar binnen in het lichaam van zijn gastheer, waarna de schimmel zich verder verspreidt in het lichaam van het insect. Hierna produceert de schimmel gifstoffen en onttrekt voedingsstoffen van het plaaginsect wat tot de dood van het insect leidt. Volgens Boucher (2012) groeit *Beauveria bassiana* nadat het zijn gastheer heeft gedood, terug naar buiten door de zachtere delen van de van de cuticula van het plaaginsect en bedekt de plaag met een witte schimmel laag, die 'white muscadine disease' wordt genoemd. Deze schimmel produceert miljoenen nieuwe infectieuze sporen die vrijkomen in het milieu. Insecticiden met actief ingrediënt *Beauveria bassiana* zijn dus contact insecticiden. Volgens informatie van de agroschap HJ de Vries (z.j.) in Suriname, dient het insecticide nadat het met water is gemengd, zo snel mogelijk bespoten te worden, omdat de sporen van de schimmel anders doodgaan en het product zijn levensvatbaarheid zal verliezen. De bladeren van de te bespuiten planten moeten grondig nat zijn. Als het insecticide ook aan de onderkant van het blad aangebracht kan worden, zou het een langdurigere werking kunnen hebben. Sporen worden door zonlicht inactief, dus bespuiting in de avond zijn dus het beste bij dit insecticide. Het insecticide is over het algemeen niet giftig voor nuttige insecten, maar wel voor bijen en vissen. Bij het onderzoek van Akutse et al. (2019) zijn twintig entomopathogenen (veertien *Metarhizium anisopliae* en zes *Beauveria bassiana*) getest op *S. frugiperda* rupsen. Uit dit onderzoek bleek dat *B. bassiana* ICIPE 676, 30% mortaliteit onder de rupsen had veroorzaakt en *M. anisopliae* ICIPE 41 en ICIPE 7 mortaliteitspercentages van respectievelijk 96.5 % en 93.7% teweeg hadden gebracht. In het onderzoek van Ramos et al. (2020) werden *Beauveria bassiana* en *Metarhizium anisopliae* gebruikt om *Spodoptera frugiperda* rupsen te onderdrukken. *Beauveria bassiana* veroorzaakte mortaliteitspercentages van 87% - 100% terwijl voor *Metarhizium anisopliae* mortaliteitspercentages van 75% - 100% genoteerd werden. Vier dagen na toediening van *Beauveria bassiana* kan de schimmel een *Spodoptera frugiperda* rups doden.. De virulentie van dit entomopathogeen kan variëren afhankelijk van de oorsprong van de stam (in het Engels 'strain'). In tegenstelling tot de voorgaande studies vermeldt Prasanna et al. (2018) dat *Spodoptera frugiperda* rupsen het minst vatbaar lijken te zijn tegen *Beauveria bassiana* in vergelijking tot andere Lepidoptera plagen. Volgens Kim et al. (2019) moeten insecticiden met schimmels als actief ingrediënt bij ideale temperatuur opgeslagen worden om de schimmels vóór het gebruik inactief, maar levend te houden. De levensvatbaarheid van de entomopathogene schimmels, wordt beïnvloed door de stam ('strain'), productieomstandigheden, temperatuur en luchtvochtigheid bij langdurige opslag. Bio Power kan voor 12 maanden worden opgeslagen. Uit het onderzoek is gebleken dat bij een temperatuur tussen 4 °C en 30 °C de levensvatbaarheid en virulentie van de schimmel *Beauveria bassiana* wordt behouden voor een periode van respectievelijk 24 maanden en 18 maanden.

2.3.3 Insecticide (bedrijf 3) en Dipel

Insecticide (bedrijf 3)

Informatie van de label van het product Insecticide (bedrijf 3) van een bepaalde agroschap (vanwege confidentialiteit in dit verslag aangeduid als bedrijf 3) in Suriname, geeft aan dat Insecticide (bedrijf 3) een biologisch insecticide is met actief ingrediënt *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*. Insecticide (bedrijf 3) wordt gebruikt voor de bestrijding van rupsen die meestal voorkomen op de gewassen tomaat, kool, bloemkool, katoen, peper, oker enz. De dosering van dit insecticide is 5-10 g per liter water. Insecticide (bedrijf 3) kan ook gemengd worden met

andere biologische insecticiden, bio-fungiciden en bio-meststoffen, maar niet met chemische meststoffen.

Dipel

Informatie van de label van het product Dipel van agrosshop Caribbean Chemicals Suriname N.V. in Suriname, geeft aan dat Dipel een biologisch insecticide is met actief ingrediënt *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*, bestemd voor de bestrijding van rupsen. Het insecticide wordt aanbevolen tegen verschillende soorten rupsen en boorders (meer dan 55 soorten) van de orde Lepidoptera. Het middel is niet giftig voor mens en dier (waaronder ook de nuttige insecten), en is dus heel milieuvriendelijk. Het laat ook geen giftige resten achter op groenten en fruit en heeft geen veiligheidstermijn. De dosering van Dipel is 5 – 10 gram per 4 liter water.

Werking van het actief ingrediënt *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis (Bt) is een gram positieve staafvormige, sporenvormend micro-organisme dat wordt gebruikt om enkele soorten plaaginsecten te bestrijden, waarbij het zowel zeer effectief als milieuvriendelijk is (Valent BioSciences, z.j.). Wanneer *Bacillus thuringiensis* wordt opgenomen door een insect, ondergaan vegetatieve Bt-cellen sporulatie, waarbij een eiwitkristal tijdens sporevorming wordt gesynthetiseerd, die 'cry' ('crystal') toxinen worden genoemd (Bravo, Gill & Soberón, 2007). Volgens Valent BioSciences (z.j.) produceert *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* de volgende Cry endotoxinen; Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac en Cry2 – met Bt sporen.

Bt werkt als een maaggif, het insect moet het middel dus eerst innemen. Uit het onderzoek van Schünemann, Knaak & Fiuza (2014) bleek dat de eiwitkristallen ('cry' toxinen) na inname door de rups, oplossen in de alkalische (pH 9 tot 12) middendarmomgeving van de plaag, waarna de darmcellen onherstelbaar worden beschadigd. Zodra deze beschadiging van de darmcellen optreedt, komen Bt-sporen via de darmwand binnen, ontkiemen snel in de lichaamsholte en veroorzaken bloedvergiftiging, porie vorming, osmotische cel shock en uiteindelijk de dood van de plaag. Eiwitkristallen werken als selectieve maaggif en sporen dragen bij aan hun toxiciteit door bloedvergiftiging te veroorzaken en persistentie in het milieu te bieden. Dipel werkt als een maaggif. Wanneer een insectenplaag eiwitkristallen van behandelde bladeren opneemt, stopt de voeding binnen enkele minuten. Volgens Valent BioSciences (z.j.) sterven de rupsen binnen 1-3 dagen. Aangetaste rupsen bewegen langzaam, verkleuren, verschrompelen, worden zwart en gaan dood. Kleine rupsen sterven sneller, wat aangeeft dat een precieze tijd van de werking kan verschillen.

Het onderzoek van Polanczyk et al. (2000) wees uit dat verschillende subspecies van *Bacillus thuringiensis*, mortaltiteispercentages veroorzaakten die varieerden van 80.4 % - 100%. Volgens Hernandez (1988) veroorzaakten *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* 80%, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* 70% en *Bacillus thuringiensis* subsp. *thuringiensis* 100% sterfte van de rupsen. Bamunuarachchige, Dissanayaka, Wickramarathna & Udayantha (2020) vermelden dat zonlicht en andere omgevingsfactoren de sporen en toxinen van *Bacillus thuringiensis* kunnen inactiveren.

2.4 Natuurlijke vijanden

Natuurlijke vijanden zijn levende organismen die in de natuur voorkomen en via verschillende manieren ontwikkeling en/ of populatie van plagen tegengaan, onder andere door: onmiddellijk doden, insecten eerst verzwakken en daarna doden of de reproductieve mogelijkheid van de insecten verminderen. Natuurlijke vijanden kunnen onderverdeeld worden in parasitoïden en predatoren. Parasitoïden zijn insecten die parasiteren op andere insecten en Athropoden. Een parasitoïd is meestal alleen parasitair in zijn onvolwassen stadium. In de meeste gevallen doden ze hun gastheer en in andere gevallen kunnen de gastheren een groot deel van hun levenscyclus

leven voordat ze doodgaan. Parasitoïden kunnen elk stadium van een gastheer parasiteren, maar dit hangt ook af van de soort parasitoïd (Patterson, 2016). FAO (2018) geeft aan dat parasitoïden organismen zijn, waarvan de volwassen vrouwtjes van de organismen eitjes leggen in of op hun gastheren. Parasitoïden van de *Spodoptera frugiperda* rupsen zijn grotendeels wespen en in mindere mate vliegen. Enkele parasitoïden van de *Spodoptera frugiperda* rupsen zijn; *Telenomus remus*., *Chelonus insularis*, *Trichogramma* spp. Volgens FAO & CABI (2019) is *Telenomus remus* een eiparasitoïde, die wordt aangetrokken door de *S. frugiperda* eipakketten. De nakomelingen van de parasitoïden ontwikkelen zich in de eitjes van de *S. frugiperda* rupsen, waarna ze als adulten ontluiken. *T. remus* is een sluipwesp die 0.6 mm lang is en een glimmend uiterlijk heeft. De vleugels zijn transparant en hebben weinig beadering (zie figuur 3). Verder bestaat de antenne van de vrouwelijke wesp uit 11 segmenten en die van de mannelijke wesp bestaat uit 12 segmenten (zie figuur 3).

Predatoren zijn levende organismen die zich voeden met insecten die hun prooi zijn. Ze kunnen hun prooi zowel in onvolwassen- als in volwassen stadia consumeren, waarbij zij soms hun prooi in het geheel consumeren (Patterson, 2016). Enkele predatoren van de *Spodoptera frugiperda* rupsen volgens FAO (2018) zijn; lieveheersbeetjes (Coleoptera: Coccinellidae), bodemkevers (Coleoptera: Carabidae), mieren (Hymenoptera: Formicidae) en ook roofwantsen (*Podisus* sp.) worden in Segeren (1983) vermeld.



Figuur 3

Ei parasitoïd Telenomus remus. Overgenomen van 'Telenomus remus {species}' door Boldsystems, z.j. Copyright 2014 door BOLD Systems.

3 Materiaal en methode

Onderhavig onderzoek bestond uit een *bioassay* dat is uitgevoerd in Paramaribo te Carolinashoopweg nr. 06 (zijstraat van Nieuwweergevondenweg) en een *in vivo* experiment met peper planten uitgevoerd in Wanica aan de Mawakaboweg nr.72.

Noot: Het was gepland dat tijdens de onderzoeksperiode de afdeling Entomologie van het Min. LVV, ook een observatie proef met feromoonvallen zou opzetten en uitvoeren in een peper aanplant van een landbouwer die peper exporteert, waarbij het plaaginsect *S. frugiperda* voorkomt in zijn peper aanplant. Echter door de Covid-19 pandemie kon dit niet meer in de geplande periode worden uitgevoerd.

3.1. *Spodoptera* rupsen in het onderzoek

Tijdens de kweek van de rupsen zijn foto's gemaakt van de eitjes, larvale stadia en adult stadium. Typische karakteristieken waarbij aangenomen kon worden dat de rupsen tot het genus *Spodoptera* behoorden, werden hierbij vastgelegd. Op het internationaal wetenschappelijk forum 'Research Gate' zijn tevens foto's geplaatst zodat wetenschappers op basis van de karakteristieken op de foto's een indicatie konden geven of de rups en de adulten al dan niet vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* waren. Identificatie tot de species zal door een internationaal gerenommeerd instituut moeten geschieden.

3.2 Bioassay

De *bioassay* bestond uit twee experimenten, namelijk experiment 1 en experiment 2. Bij deze experimenten werd de werking van de insecticiden nagegaan en dagelijks werd het aantal dode rupsen bepaald. Van zowel experiment 1 als experiment 2, werd daarna het percentage dode rupsen oftewel het mortaliteitspercentage op dag 2 en dag 14 vastgesteld. De statistische verwerking werd uitgevoerd voor de waarnemingen op deze twee dagen. Tijdens de uitvoering van de *bioassay* is de mate van effectiviteit nagegaan van de insecticiden die gepresenteerd zijn in tabel 1 tegen de vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen op peper.

Tabel 1

Insecticiden die in de biosassay experimenten getest zijn tegen vermoedelijk S. frugiperda rupsen op peper.

Handelsnaam	Actief ingrediënt	Werking	Aanbevolen dosering	Bedrijf
Karteka	Lambda-cyhalothrin	Chemisch	2ml/L	1
Bio Power	<i>Beauveria bassiana</i>	Biologisch	6 g/L	2
Insecticide (bedrijf 3)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	Biologisch	10 ml/L	3
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	Biologisch	2.5 g/L	4

3.2.1. Uitvoering van de bioassay

De bioassay experimenten werden uitgevoerd als een aselechte proef.

De *Spodoptera* sp. rupsen (vermoedelijk *Spodoptera frugiperda*) werden verzameld door de medewerkers van de afdeling Entomologie van het Ministerie van LVV. Daarna werden de rupsen opgekweekt door Nandeni Bechoe die functioneerde als student assistent, van het vak Gewasbescherming bij de studierichting Agrarische Productie (AP) van de Faculteit der Technologische Wetenschappen (FTeW) van de Anton de Kom Universiteit van Suriname (AdeKUS). De kweek van de rupsen generaties werd in stand gehouden gedurende de duur van het onderzoek en diende om te voorzien in rupsen die nodig waren voor de verschillende

experimenten die werden uitgevoerd. Wanneer de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in hun tweede tot vierde groeifase waren, werden deze in plastic cups (wegwerp cups) geplaatst. Per cup werd één rups geplaatst met onbespoten peper als zijn voedsel, dat om de twee dagen werd verwisseld. De proefopzet van de bioassay experimenten is deels weergegeven in figuur 4.

Bioassay experiment 1

De behandelingen die in bioassay experiment 1 getest werden waren de insecticiden Karteka, Mahastra, Bio Power, volgens de doseringen die in bovenstaande tabel 1 zijn aangegeven en een Controle behandeling met water. Per behandeling werden 35 rupsen gebruikt, waarbij elke rups apart in één cup werd geplaatst. Nadat de rupsen vers peper voedsel te eten hadden gekregen, werden zij bespoten met de bovengenoemde behandelingen. Elke dag werd nagegaan of de rupsen levend of dood waren. De aantallen levende en dode rupsen per behandeling werd geregistreerd. Dit werd gedaan voor een periode tot 14 dagen, oftewel twee weken, na inzet van de proef. De periode van 14 dagen voor de waarnemingen werd gehanteerd, omdat ingeschat werd dat de rupsen, volgens het verloop van hun levenscyclus, na de periode van twee weken in hun voorpop of pop stadia zouden overgaan.

Bioassay experiment 2

Nadat de resultaten van bioassay experiment 1 bekend waren, werd besloten bioassay experiment 2 in te zetten waarbij een aanpassing is gedaan en het middel Dipel is toegevoegd aan de lijst van te testen insecticiden. In bioassay experiment 2 werden dus de volgende behandelingen getest, te weten de insecticiden Karteka, Bio Power, Mahastra, Dipel op basis van de dosering in tabel 1 en de onbehandelde Controle met water. Bij dit tweede bioassay experiment werden per behandeling 20 rupsen gebruikt, waarbij elke rups apart in één cup werd geplaatst. De rest van de uitvoering geschiedde op dezelfde wijze zoals boven beschreven voor bioassay experiment 1. Het aantal levende en dode rupsen per behandeling werd dus ook dagelijks geregistreerd, voor een periode tot 14 dagen (twee weken) na inzet van de proef.



Figuur 4

Proef opzet van de *bioassay experiment* deels weergegeven.

3.3 *In vivo* experiment

In tabel 2 zijn de insecticiden aangegeven die tijdens het *in vivo* experiment getest zijn op hun effectiviteit tegen vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen op peperplanten. De keuze voor deze insecticiden was gebaseerd op de resultaten van de eerder uitgevoerde bioassay experimenten.

Tabel 2

Insecticiden die in het in vivo experiment getest zijn tegen S. frugiperda op peper.

Handelsnaam	Actief ingrediënt	Werking	Aanbevolen dosering	Bedrijf
Karteka	Lambda-cyhalothrin	chemisch	2 ml/L	1
Insecticide (bedrijf 3)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	biologisch	10 ml/L	3
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	biologisch	2.5 g/L	4

Plant materiaal

Peper zaailingen van de variëteit Madame Jeanette zijn gekocht te Commewijne bij dhr. Kewal, die de planten had opgekweekt in buitenlandse potgrond. Aangezien er meerdere bloemen in de oksels voorkwamen was de wetenschappelijke naam van de Madam Jeanette peper variëteit vermoedelijk *Capsicum cf. chinense* (pers. comm. S. Jairam-Doerga, onderzoeker bij Nationaal Herbarium van Suriname, 21 april 2021). Zwarte aarde, schelpzand en scherp zand werden gemengd in een verhouding van 70% zwarte aarde, 20% schelp zand en 10% schelp zand. Hierna werd de gemengde aarde gestoomd en daarna in potten met een volume van 12 Liter geplaatst. Na twee dagen werden de zaailingen van de peperplanten overgeplant in de potten. Ter onderdrukking van witte vlieg, bladluizen en andere insecten die voorkwamen op de jonge peperplanten werd zeepwater en neem extract bespoten om de 1-2 weken. De proef met de rupsen kon pas van start gaan wanneer de peperplanten in de fase waren dat ze pepers begonnen te dragen. Ruim twee weken voordat het experiment met de rupsen zou worden ingezet, werd gestopt met het toedienen van zeepwater en neemextract. Tijdens de uitvoering van het *in vivo* experiment was er geen sprake van regenval.

Bemesting

Gedurende de overplanting tot de planten in bloeifase waren, werd bemest met NPK 15-15-15, Nutrileaf (blad bemesting) en NPK 12-12-17. Vanaf de bloeifase werden de planten steeds om de twee weken bemest met NPK 12-12-17.

Er werd een pottenproef opgezet, om de effectiviteit van de insecticiden genoemd in tabel 2 tegen vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen op peperplanten te onderzoeken. De planten werden niet in de volle grond, maar in plant potten geplant om te voorkomen dat eventuele andere biotische factoren in de bodem invloed zouden kunnen hebben op de planten. De aarde werd eerst gestoomd om eventuele schadelijke bodemorganismen te doden.

3.3.1. Proef opzet van het *in vivo* experiment

Het experiment was opgezet als een volledig gewarde proef met vier behandelingen, te weten: onbehandelde Controle (met water), Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (van bedrijf 3) en Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (van bedrijf 4).

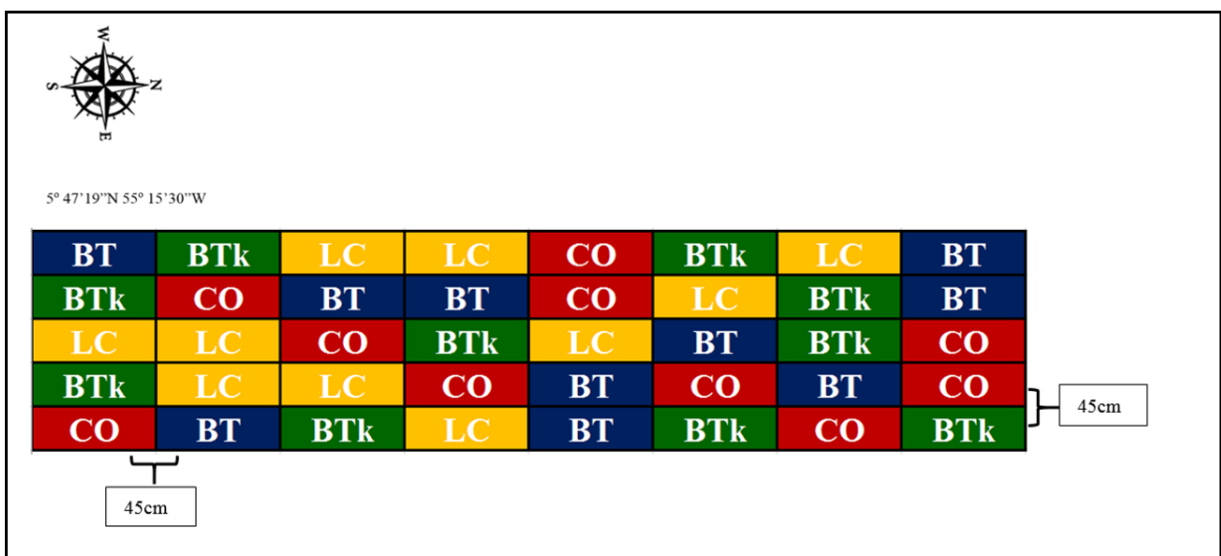
Per behandeling waren er tien planten.

Per plant werden vier rupsen geplaatst.

Er waren dus in totaal 40 planten (10 x 4 behandelingen) en 160 rupsen (40 x 4 rupsen). De plantafstand was 45 cm x 45 cm, met vijf rijen en acht kolommen. In figuur 5 is een schematische voorstelling van de proefopzet weergegeven en in figuur 6 is de proefopzet in het open veld weergegeven.

De rupsen werden op de peperplanten uitgezet op het moment waarop de planten vruchten begonnen te dragen. Per plant werden vier (4) rupsen geplaatst op de vruchten in de ochtend en in de middaguren werden de bespuitingen gedaan met de behandelingen Karteka, Insecticide (bedrijf 3), Dipel en Controle (water). De tellingen werden om de ene dag in de loop van twee weken gedaan.

Per plant werd nagegaan wat de schade op de vruchten was en dat werd aangeduid met 'peperschade'. De rupsen waren in de meeste gevallen in de pepers en waren dus moeilijk te zien of te vinden.



Figuur 5

Schematische voorstelling van de proefopzet.

Betekenis van de codes: CO = Controle; LC = Lambda-cyhalothrin; BT = *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Insecticide (bedrijf 3)) en BTk = *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Dipel).



Figuur 6

Proefopzet in het open veld met een plantafstand van 45cm tussen de rijen en 45cm in de rijen.

3.4. Statistische analyse

3.4.1. Bioassay

Voor de statistische verwerking van de data van Bioassay experiment 1 en Bioassay experiment 2 werd gebruik gemaakt van het statistisch programma SPSS. De Chi-kwadraat (χ^2) toets en waar nodig, de Fisher exact toets werden toegepast om na te gaan of er een verband was tussen de twee categorische variabelen te weten toegediende behandelingen en rupsenconditie (levend of dood).

Aantallen levende en dode rupsen

De aantallen levende en dode rupsen van de verschillende behandelingen werden voor dag 2 en dag 14 in SPSS ingevoerd in een kruistabel. Er is gekozen voor dag 2, omdat de waarnemingen op dag 2 een indruk geven van de werking van de behandelingen één dag na toediening. Voor dag 14 is gekozen, omdat dit de laatste waarnemingsdag van de bioassay was en een goed beeld kon worden verkregen over de effectiviteit van de behandeling na 14 dagen, de periode waarbij de rupsen al tot popstadium zouden moeten overgaan.

De Nulhypothese luidde als volgt: Er bestaat geen verband tussen toegediende behandelingen en rupsenconditie (levend of dood).

De alternatieve hypothese luidde als volgt: Er bestaat een verband tussen toegediende behandelingen en rupsenconditie (levend of dood).

De toets werd uitgevoerd bij een overschrijdingskans van $\alpha = 0.05$.

De p-waarde van Chi-kwadraat toets of van de Fisher exact toets bepaalt of de conclusie kan worden getrokken dat er een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en rupsenconditie. Indien X^2 ($p < 0.05$) dan wordt de Nulhypothese verworpen en kan aangenomen worden dat er wel een verband bestaat tussen de toegediende behandelingen en rupsenconditie (levend of dood).

Mortaliteitspercentage van rupsen

Via de Chi-kwadraat toets dan wel de Fisher exact toets is ook het percentage dode rupsen oftewel mortaliteitspercentage van de rupsen, bepaald welke grafisch uitgezet zijn. Mortaliteitspercentage van rupsen (= % dode rupsen) verschaft een goed beeld over de effectiviteit van de insecticiden tegen de *Spodoptera* rupsen op de pepers.

(Mortaliteitspercentage van rupsen (% dode rupsen) van de verschillende behandelingen werd bepaald in de output van de Chi-kwadraat toets (Bijlage 1, 2, 3, 4). Bij bioassay experiment 1 is het mortaliteitspercentage (% dode rupsen) bepaald op basis van een totaal aantal van 35 rupsen per behandeling. Bij bioassay 2 is het mortaliteitspercentage van rupsen (% dode rupsen) bepaald op basis van een totaal van 20 rupsen per behandeling. In totaal waren er 140 rupsen (4x35) in bioassay experiment 1 en in experiment 2 waren er 100 rupsen (5x20).

Voor zowel bioassay experiment 1 als experiment 2 is, per behandeling, op basis van de geregistreerde aantallen dode en levende rupsen en het totaal aantal rupsen, ofwel de Chi-kwadraat toets ofwel de Fisher exact toets uitgevoerd voor dag 2 en dag 14. In Bijlage 1, 2, 3 en 4 zijn de kruistabellen van de output van de Chi-kwadraat toets in SPSS aangegeven. De resultaten van de statistische verwerking van de Fisher exact toets en de Chi-kwadraat toets komen in paragraaf 4.1.2. aan de orde.

3.4.2. *In vivo* experiment

Voor de statistische verwerking van de data van het *in vivo* experiment werd ook gebruik gemaakt van het statistisch programma SPSS. De Kruskal-Wallis toets werd uitgevoerd om na te gaan of de kansverdeling van het aantal pepers met peperschade al dan niet hetzelfde was in alle categorieën van de behandelingen

Aantallen pepers met peperschade

De aantallen pepers met peperschade van de verschillende behandelingen werden voor dag 2 en dag 14 in SPSS ingevoerd. Er is hier ook gekozen voor dag 2 en dag 14, om dezelfde reden zoals aangegeven in 3.2.1

De Nulhypothese luidde als volgt: De kansverdeling van het aantal pepers met peperschade is hetzelfde in alle categorieën van de behandelingen.

De alternatieve hypothese luidde als volgt: De kansverdeling van het aantal pepers met peperschade is niet hetzelfde in alle categorieën van de behandelingen.

De p-waarde van de Kruskal-Wallis toets bepaalt of de conclusie kan worden getrokken dat de kansverdeling van het aantal pepers met peperschade al dan niet hetzelfde is in alle categorieën van de behandelingen. Indien $X^2 (p < 0.05)$ dan wordt de Nulhypothese verworpen en kan aangenomen worden dat de kansverdeling van het aantal pepers met peperschade niet hetzelfde is in alle categorieën van de behandelingen.

4 Resultaten

De foto's van de vermoedelijke *Spodoptera frugiperda* rupsen werden weergegeven. Tevens werd de effectiviteit van de insecticiden tegen de vermoedelijke *Spodoptera* rupsen in zowel de bioassay experimenten als de *in vivo* experiment onderzocht.

4.1. *Spodoptera* rupsen voor het onderzoek

Voor dit onderzoek werden *Spodoptera* rupsen opgekweekt door mevr. N. Bechoe, AdeKUS-FTeW-AP student assistent van het vak Gewasbescherming. De kweek van de *Spodoptera frugiperda* rupsen zijn bij verschillende stadia waargenomen en vastgelegd middels fotomateriaal (figuur 7, 8, 9, 10, 11 en 12). Bij de waarnemingen is de vraat schade veroorzaakt door de *Spodoptera* rupsen vastgelegd m.b.v. foto's (zie figuur 13 en 14). Een eipakketje van vermoedelijk *Spodoptera* rupsen, welke van de Proeftuin Dirkshoop in het District Saramacca was verzameld bleek dat een groot deel geparasiteerd was. Uit deze geparasiteerde eitjes zijn sluipwespjes gekomen (zie figuur 15) die grote gelijkenis vertonen met sluipwespen van het genus *Telonomus*.



Figuur 7

Pas gelegde eitjes (lichtgroen van kleur) aan de onderkant van een peperblad (Foto: N. Bechoe).



Figuur 8

Eipakket, met eitjes die binnenkort zouden ontluiken (Foto: N. Bechoe).



Figuur 9

Rupsjes die tevoorschijn kwamen na het ontluiken van eitjes (Foto: N. Bechoe).



Figure 10

Spodoptera rups. Karakteristiek 1) is de kop is met een omgekeerde 'Y' die wit van kleur is. Karakteristiek 2) de achterkant van de rups is, het laatste abdominale segment met vier zwarte punten in de vorm van een vierkant (Foto: N. Bechoe).

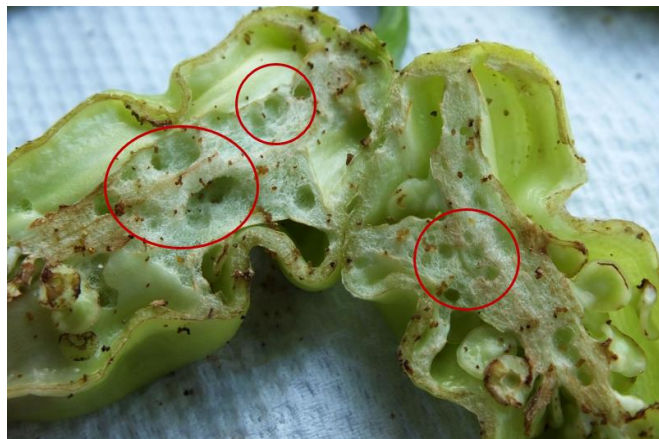


Figuur 11

Popstadium van een Spodoptera rups (Foto: N. Bechoe).



Figuur 12
Motten vermoedelijk Spodoptera frugiperda.
Links vrouwelijke mot en rechts mannelijke mot (Foto: N. Bechoe).



Figuur 13
Vraatschade bij peper door Spodoptera rupsen tijdens de kweek van de rupsen
(Foto: N. Bechoe).



Figuur 14
Vraatschade bij peper veroorzaakt door de *Spodoptera rupsen* tijdens het *in vivo* experiment (Foto: M. Bhugwansing)



Figuur 15
Sluipwespjes (vermoedelijk *Telenomus* sp.) parasitoïden van de eitjes van de vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen (Foto: M. Bhugwansing)

4.2 Bioassay

Bij zowel bioassay experiment 1 als experiment 2 was dagelijks, per behandeling, het aantal dode rupsen geregistreerd. Afhankelijk van de data werd ofwel de Chi-kwadraat toets ofwel de Fisher exact test uitgevoerd om na te gaan of er een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en rupsen conditie (levend of dood).

4.2.1 Aantal dode rupsen

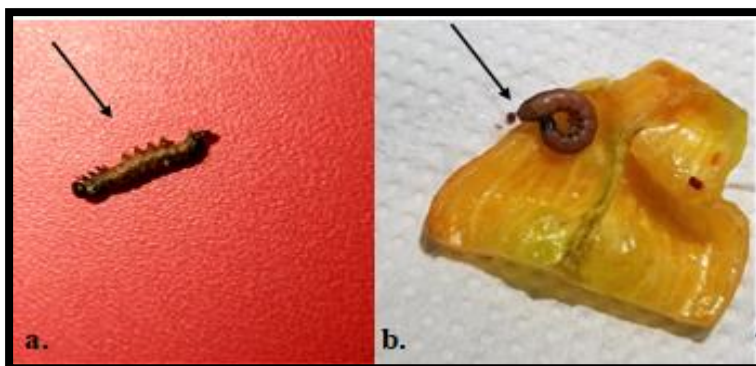
In tabel 3 zijn voor zowel bioassay experiment 1 als experiment 2, de aantallen dode rupsen (mortaliteit) aangegeven die waargenomen waren voor dag 2 en dag 14 (zie ook Bijlage 2, 3, 4, 5). Tussen haakjes zijn de berekende mortaliteitspercentages weergegeven (%). In figuur 16 is een voorbeeld van een dode - en een levende *Spodoptera cf. frugiperda* rups uit de bioassay weergegeven.

Table 3

Aantal dode rupsen in bioassay experiment 1 en experiment 2 op dag 2 en dag 14

Behandelingen	Bioassay experiment 1			Bioassay experiment 2		
		Dag 2	Dag 14		Dag 2	Dag 14
	Totaal aantal rupsen	Dode rupsen Aantal (%)	Dode rupsen Aantal (%)	Totaal aantal rupsen	Dode rupsen Aantal (%)	Dode rupsen Aantal (%)
Controle	35	0 (0%)	1 (2.9%)	20	0 (0%)	2 (10%)
Karteka	35	19 (54.3%)	33 (94.3%)	20	13 (65%)	17 (85%)
Bio Power	35	0 (0%)	2 (5.7%)	20	0 (0%)	1 (5%)
Insecticide (bedrijf 3)	35	0 (0%)	2 (5.7%)	20	0 (0%)	1 (5%)
Dipel	*---	*---	*---	20	5 (25%)	16 (80%)

*Note: de *--- geeft aan dat Dipel niet was inbegrepen in Bioassay Experiment 1*



Figuur 16

Pijltjes wijzen Spodoptera rupsen aan (levend of dood) tijdens de uitvoering van de bioassay experimenten. Voorbeeld a. Dode rups bij behandeling Karteka (lambda-cyhalothrin). b. Levende rups bij behandeling Beauveria bassiana (Foto: M. Bhugwansing)

4.2.2. Dataverwerking

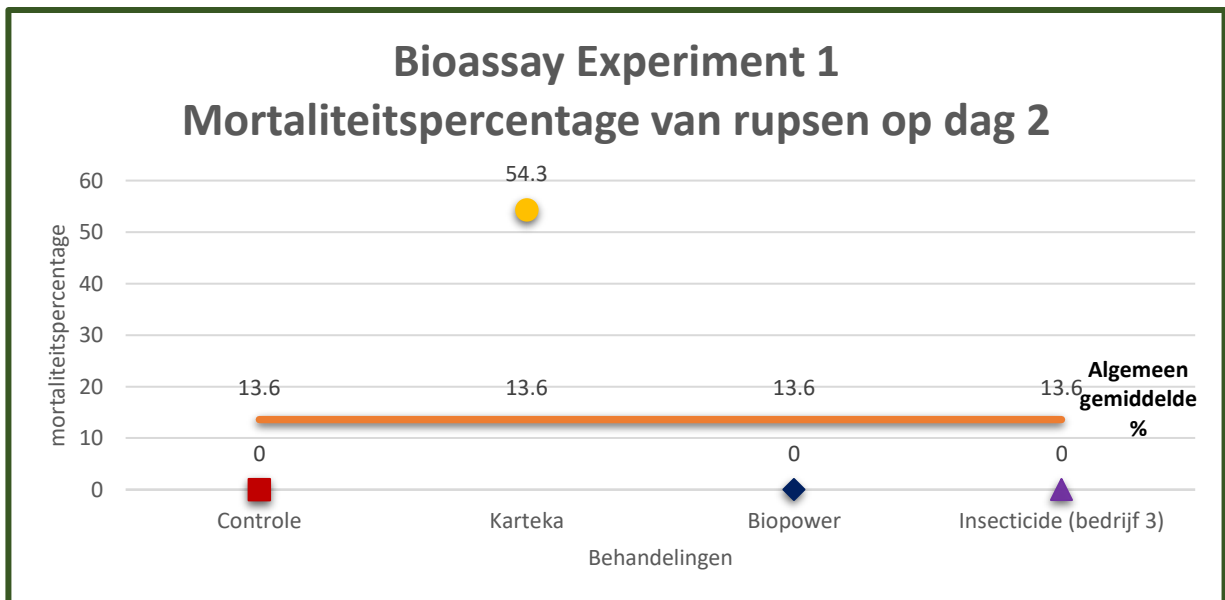
Uit de statistische analyses van beide bioassay experimenten op zowel dag 2 als dag 14, bleek dat er wel een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en rupsconditie. In de paragrafen 4.2.2.1 t/m 4.2.2.4. worden de statistische analyses van ofwel de Fisher exact toets ofwel de Chi-kwadraat toets weergegeven.

Voor beide bioassay experimenten is het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) voor dag 2 en voor dag 4 grafisch uitgezet, waarbij het algemeen gemiddeld percentage ook in de figuren is aangegeven. Door grafisch uitzetten van de mortaliteitspercentages wordt een indicatie verkregen over de werking van de behandelingen ten opzichte van elkaar. In de volgende paragrafen (4.2.2.1. t/m 4.2.2.4.) is van beide experimenten het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) als ook de statistische analyse aangegeven.

4.2.2.1. Bioassay experiment 1 - Dag 2: Mortaliteitspercentage en statistische analyse

Mortaliteitspercentage van rupsen

Om een indicatie te verkrijgen over de effectiviteit van de behandelingen ten opzichte van elkaar, zijn in figuur 17 de resultaten weergegeven van het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) van het vermoedelijk plaaginsect *S. frugiperda* op dag 2. De rupsen waren bespoten met de behandelingen; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*) en Controle. Het algemeen gemiddeld percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) werd ook in de Chi-kwadraat toets bepaald en is ook in figuur 17 aangegeven (zie Bijlage 1 voor kruistabel van Chi-kwadraat toets in SPSS).



Figuur 17

Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2 van bioassay Experiment 1

Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de resultaten van aantallen dode en levende rupsen op dag 2 van bioassay experiment 1 (zie tabel 4 en Bijlage 2) is de Fisher exact toets toegepast. Het resultaat is hieronder in tabel 4 aangegeven.

Tabel 4

SPSS output – Fisher's exact toets voor bioassay Experiment 1 - dag 2

	Value	Df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	65.950 ^a	3	.000	.000
Likelihood Ratio	62.927	3	.000	.000
Fisher's Exact Test	53.931			.000
N of Valid Cases	140			

Note: 4 cellen (50.0%) hebben verwacht minder dan 5 tellen. Het minimaal verwachte aantal is 4.75.

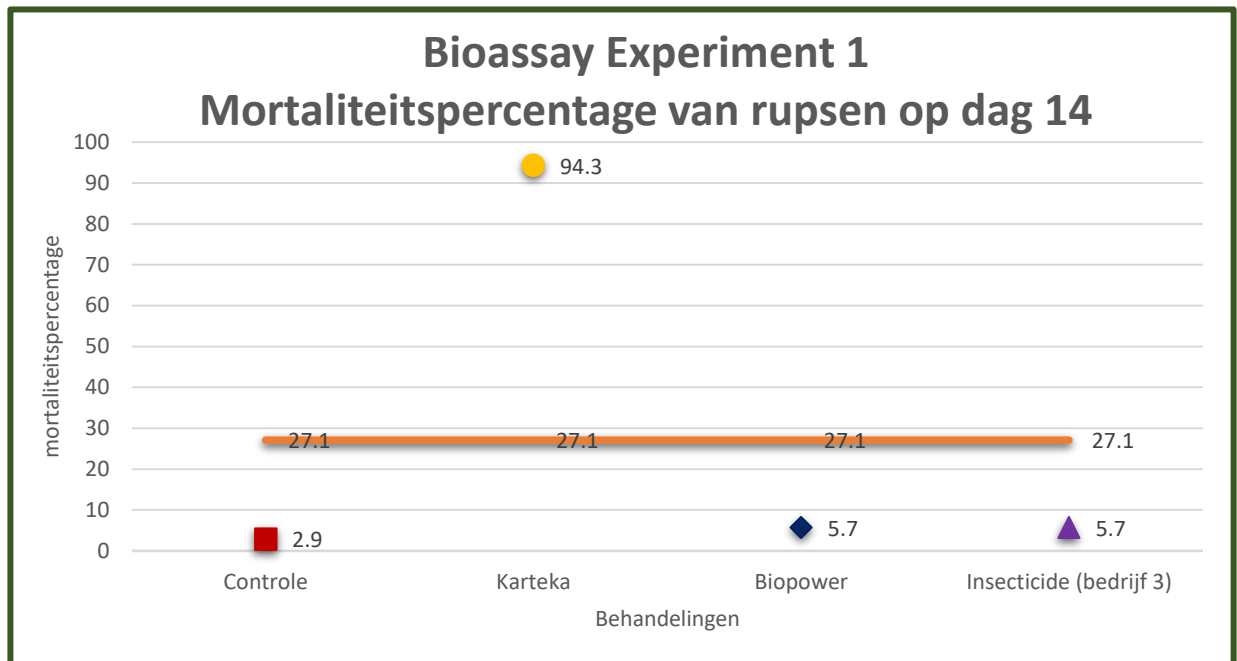
Uit tabel 4 blijkt dat de waarde van de Fisher's exact toets 53.931 is, dit resulteert in $p < 0.001$, dus de nulhypothese (zie 3.3.1) wordt verworpen. De $\chi^2(3, N = 35) = 65.950$ en heeft ook dezelfde p-waarde. Er is wel bewijs dat er een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en rupsen conditie (levend of dood).

Uit tabel 3 en figuur 17 kan opgemerkt worden dat elk der behandelingen Bio Power, Insecticide (bedrijf 3) en Controle, 0% rupsensterfte opleverden. Behandeling Karteka leverde een mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van 54.3% op en dat percentage ligt boven het algemeen gemiddelde van 13.6 %. Behandeling Karteka heeft schijnbaar beter gewerkt in het onderdrukken van de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in vergelijking met de overige drie behandelingen op de tweede dag na de bespuiting.

4.2.2.2. Bioassay experiment 1 - Dag 14: Mortaliteitspercentage en statistische analyse

Mortaliteitspercentage van rupsen

Evenals bij dag 2 geldt hier ook het volgende: om een indicatie te verkrijgen over de effectiviteit van de behandelingen ten opzichte van elkaar, zijn in figuur 18 de resultaten weergegeven van mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen op dag 14. De rupsen waren bespoten met de behandelingen; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*) en Controle met water. Het algemeen gemiddeld % dode rupsen (mortaliteitspercentage) is ook in figuur 18 aangegeven (zie Bijlage 2 voor kruistabel van Chi-kwadraat toets in SPSS)



Figuur 18
Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 14 van bioassay experiment 1

Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de resultaten van aantallen dode en levende rupsen op dag 14 van bioassay Experiment 1 (zie tabel 3 en Bijlage 3) is de Chi-kwadraat toets toegepast. Het resultaat is hieronder in tabel 5 aangegeven.

Tabel 5
SPSS output - Chi-kwadraat toets voor bioassay Experiment 1 - dag 14

	Value	Df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	106.481 ^a	3	.000
Likelihood Ratio	108.630	3	.000
N of Valid Cases	140		

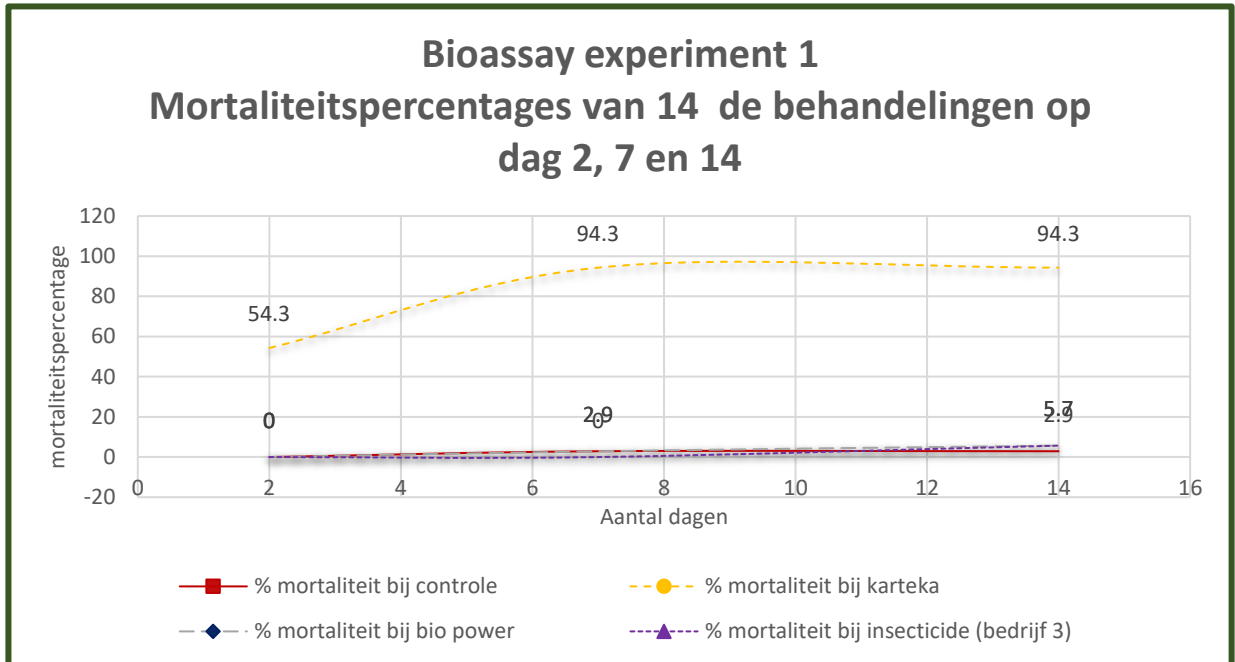
Note: 0 cellen (0.0%) hebben verwacht minder dan 5 tellen. Het minimaal verwachte aantal is 9.50.

Uit tabel 5 blijkt uit de Chi-kwadraat toets dat er een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en de rupsensconditie (levende of dode rupsen); $\chi^2(3, N = 35) = 106.481, p < 0.001$. De nulhypothese (zie 3.3.1) wordt verworpen.

Uit figuur 18 kan worden opgemerkt dat zowel de behandeling Bio Power als de behandeling Insecticide (bedrijf 3) elk een mortaliteitspercentage van 5.7% vertoonden en dit percentage ligt onder het algemeen gemiddeld percentage van 27.1%. Bij de Controle behandeling met water was er wel een rupsensterfte geobserveerd van 2.9 % en dit ligt ook onder het algemeen gemiddeld percentage. Karteka zorgde voor een mortaliteitspercentage van 94.3% wat boven het algemeen gemiddeld percentage ligt. Behandeling Karteka heeft dus het effectiefst gewerkt in het onderdrukken van de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in vergelijking met de overige drie behandelingen.

Mortaliteitspercentage van rupsen uitgezet tegen de tijd

In figuur 19 en figuur 22 is het % dode rupsen (mortaliteitspercentage) van respectievelijk experiment 1 en van experiment 2 grafisch weergegeven, voor dag 2, dag 7 en dag 14.



Figuur 19

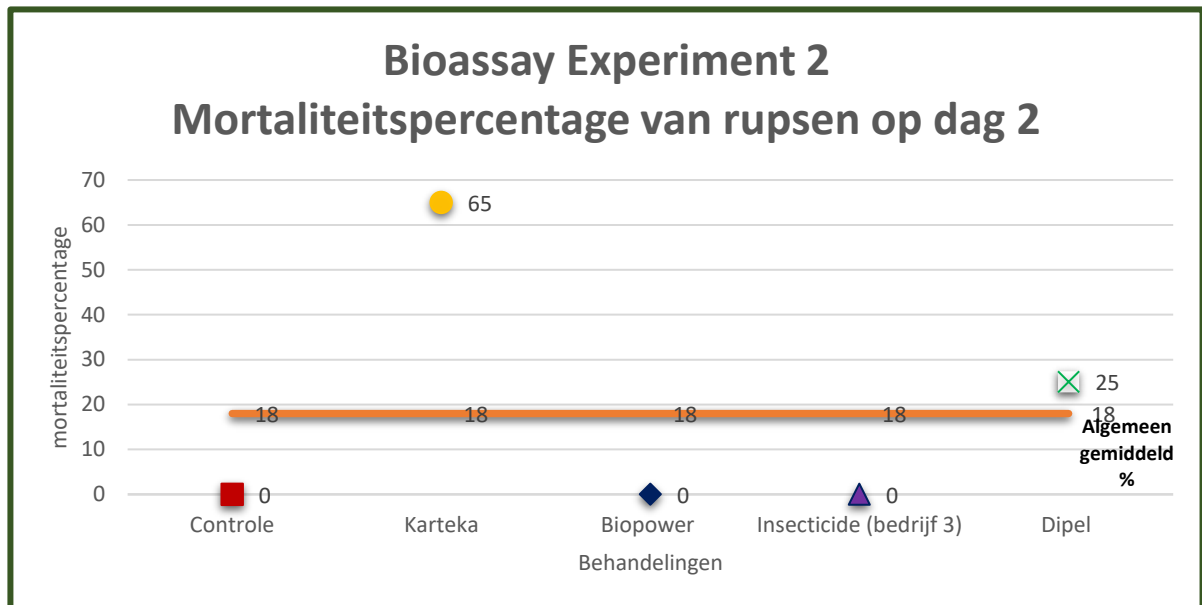
Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2, 7 en 14 van bioassay experiment 1

Uit figuur 19 blijkt dat behandeling Karteka beter heeft gewerkt in het onderdrukken van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen op zowel dag 2 als dag 14 in vergelijking met de behandelingen Bio Power, Insecticide (bedrijf 3) en Controle. Het mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van Karteka is gestegen over een periode van dag 2 tot dag 14.

4.2.2.3. Bioassay Experiment 2 - Dag 2: Mortaliteitspercentage en statistische analyse

Mortaliteitspercentage van rupsen

In figuur 20 zijn voor bioassay experiment 2 dag 2, de resultaten weergegeven van het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen. De rupsen waren bespoten met de behandelingen; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*), Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*) en Controle met water. Het algemeen gemiddeld mortaliteitspercentage is ook in de figuur aangegeven (zie Bijlage 4 voor kruistabel in SPSS waarin de percentages dode rupsen (mortaliteitspercentages) zijn berekend.



Figuur 20

Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2 van bioassay experiment 2

Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de resultaten van aantallen dode en levende rupsen op dag 2 van bioassay experiment 2 (zie tabel 3 en Bijlage 4) is de Fisher's exact toets toegepast. Het resultaat is hieronder in tabel 6 aangegeven.

Tabel 6

SPSS output – Fisher's exact toets voor bioassay Experiment 2- dag 2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	43.767 ^a	4	.000	.000
Likelihood Ratio	45.887	4	.000	.000
Fisher's Exact Test	37.853			.000
N of Valid Cases	100			

Note: 5 cellen (50.0%) hebben verwacht minder dan 5 tellen. Het minimaal verwachte aantal is 3.60.

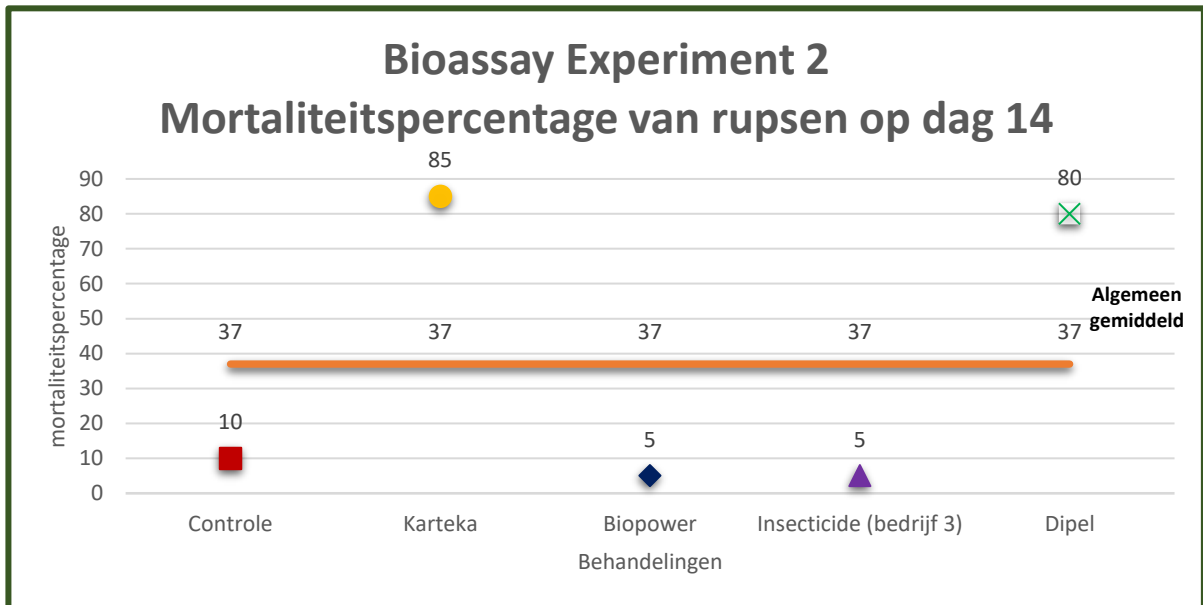
In tabel 6 blijkt uit de Fisher's exact toets dat er wel een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en de rupsensconditie (levende of dode rupsen). De waarde van de Fisher exact toets is 37.853, dit resulteert in $p < 0.001$, dus de nulhypothese (zie 3.3.1) wordt verworpen. De $\chi^2 (3, N = 20) = 43.767$ en heeft ook dezelfde p-waarde als de Fisher's exact toets.

Uit figuur 20 kan worden opgemerkt dat op dag 2 de behandelingen Bio Power en Mahastra helemaal niet effectief zijn geweest in het onderdrukken van de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen. Net als de Controle behandeling met water, was er bij elk der behandelingen Bio Power en Mahastra 0 % rupsensterfte genoteerd. Dipel leverde op dag 2, een mortaliteitspercentage van 25% op en dat lag net iets boven het algemeen gemiddeld mortaliteitspercentage van 18%. Bij de behandeling Karteka was het percentage dode rupsen 65% en dat lag ruim boven het algemeen gemiddeldpercentage. Behandeling Karteka heeft dus op dag 2 een betere werking vertoond in het onderdrukken van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen in vergelijking met de overige vier behandelingen.

4.2.2.4. Bioassay Experiment 2 - Dag 14: Mortaliteitspercentage en statistische analyse

Mortaliteitspercentage van rupsen

In figuur 21 zijn voor bioassay experiment 2 dag 14, de resultaten weergegeven van het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda*. De rupsen waren bij de inzet van het experiment bespoten met de behandelingen; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*), Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*) en Controle met water. Het algemeen gemiddeld percentage dode rupsen is ook in de figuur aangegeven (zie Bijlage 5 voor kruistabel in SPSS waarin % dode rupsen (mortaliteitspercentage) is berekend).



Figuur 21

Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 14 van bioassay experiment 2

Statistische analyse

Tabel 7

SPSS output - Chi-kwadraat toets voor bioassay Experiment 2 - dag 14

	Value	Df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	59.459 ^a	4	.000
Likelihood Ratio	65.982	4	.000
N of Valid Cases	100		

Note: 0 cellen (0.0%) hebben verwacht minder dan 5 tellen. Het minimaal verwachte aantal is 7.40.

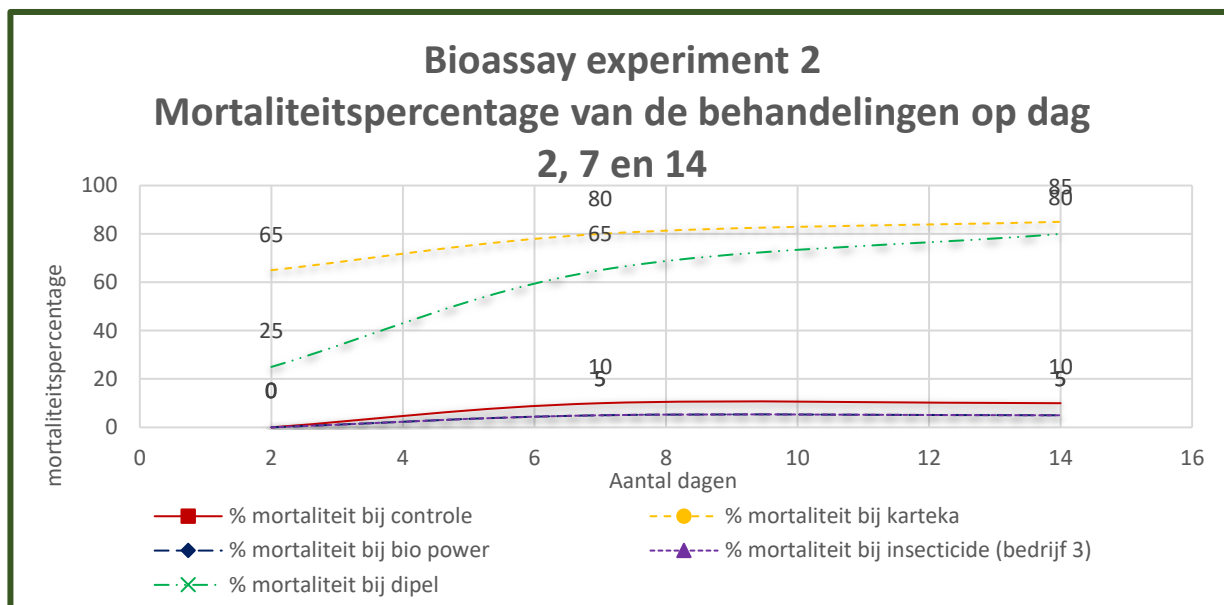
In tabel 7 blijkt uit de Chi-kwadraat toets dat er wel een verband bestaat tussen toegediende behandelingen en de rupsensconditie (levende of dode rupsen) op dag 14; $X^2(3, N = 20) = 59.459, p < 0.001$. De nulhypothese (zie 3.3.1) wordt verworpen.

Uit figuur 21 kan worden opgemerkt dat bij zowel behandeling Bio Power als behandeling Insecticide (bedrijf 3) een mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van 5% werd geobserveerd en dat lag onder het algemeen gemiddeld mortaliteitspercentage van 37%. Bij de Controle behandeling met water werd een mortaliteitspercentage van 10% waargenomen en dat

percentage ligt ook onder het algemeen gemiddeld mortaliteitspercentage. Bij de behandeling Karteka was een mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van 85% geobserveerd, gevolgd door Dipel met een mortaliteitspercentage van 80%, waarbij beide mortaliteitspercentages boven het algemeen gemiddeld percentage liggen. Behandeling Karteka en behandeling Dipel hebben dus een betere werking vertoond in het onderdrukken van *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in vergelijking met de overige drie behandelingen.

Mortaliteitspercentage van rupsen in de tijd

In figuur 22 is zijn mortaliteitspercentages van experiment 2 grafisch weergegeven, voor dag 2, dag 7 en dag 14.



Figuur 22

Mortaliteitspercentage van rupsen per behandeling op dag 2, 7 en 14 van bioassay experiment 2

Uit figuur 22 kan worden opgemerkt dat de behandelingen Karteka en Dipel veel beter hebben gewerkt m.b.t. het onderdrukken van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen in vergelijking met de behandelingen Bio Power, Insecticide (bedrijf 3) en Controle.

4.3. In vivo experiment

De resultaten van het in-vivo experiment omvatten de resultaten van de peperschade op dag 2 en dag 14.

Statistische analyse

De resultaten van de peperschade waren gebaseerd op het aantal pepers met peperschade per behandeling a.g.v. aantasting door de vermoedelijke *S. frugiperda* rupsen. De Kruskal-Wallis toets in het statistisch programma SPSS is toegepast voor de statistische verwerking van de data van peperschade. Als $p > 0.05$ is, zijn er geen significant verschillen. Dit betekent dat er geen verschil is tussen de behandelingen in het verminderen van peperschade a.g.v. de aantasting door vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen. Als $p \leq 0.05$, zijn er wel significante verschillen hetgeen betekent dat er een verschil is tussen de behandelingen in het verminderen van peperschade a.g.v. de aantasting door vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen bij tenminste één groepspaar.

4.3.1 Peperschade op dag 2

Bij dit experiment zijn de vruchtdragende peperplanten éénmalig bespoten met de behandelingen; Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*), Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en onbehandelde Controle met water, volgens de dosering in tabel 1 (zie hoofdstuk 3 Materiaal en methode). Peperschade als gevolg van aantasting door *Spodoptera* rupsen was genoteerd. Tabel 8 geeft weer dat op dag 2 pepers die bespoten waren met de behandelingen Karteka, Dipel en Insecticide (bedrijf 3) minder peperschade vertoonden in vergelijking met de Controle behandeling met water, maar dit verschil was niet significant (zie tabel 9). Op dag 14 werd voor de behandelingen Dipel en Karteka het minst peperschade geregistreerd (zie tabel 10 en 11), gevolgd door de behandeling Insecticide (bedrijf 3) in vergelijking met de Controle behandeling met water.

Tabel 8

Aantal pepers met peperschade op dag 2 en dag 14 voor alle behandelingen

Aantal pepers met peperschade op:	Controle	Karteka	Insecticide (bedrijf 3)	Dipel
Dag 2	17	10	12	11
Dag 14	37	17	24	13

Kruskal-Wallis toets

De Kruskal-Wallis toets voor de data van dag 2 (tabel 9) geeft aan dat er geen significant verschil is tussen de behandelingen in het verminderen van peperschade a.g.v. de aantasting door vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen ($p = 0.646$). De kansverdeling van het aantal pepers met peperschade is dus hetzelfde in alle categorieën van de behandelingen.

Tabel 9

Kruskal-Wallis toets uitgevoerd in SPSS v.w.b. het vergelijken van peperschade op dag 2

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Peperschade2 is the same across categories of Behandelingen.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.646	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

4.3.2 Peperschade op dag 14

De waarnemingen van dag 14 van het *in vivo* experiment zijn ook statistisch verwerkt. Het gaat hierbij dus ook om de behandelingen Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin), Insecticide (bedrijf 3) (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*), Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) en onbehandelde Controle met water, volgens de dosering in tabel 1 (zie hoofdstuk 3 Materiaal en methode).

Kruskal-Wallis toets

De Kruskal-Wallis toets (tabel 10) geeft aan dat er een verschil ($p = 0.037$) is tussen de gemiddelde rangscores van tenminste één groepspaar. Dunn's pairwise toets (zie tabel 11) werd uitgevoerd voor de vier groepsparen (behandelingen). Hieruit blijkt dat er een significant verschil is tussen de behandelingen Controle en Dipel ($p = 0.009$) en tussen de behandelingen Controle en Karteka ($p = 0.026$). De overige behandelingen verschilden niet significant van elkaar. Dit betekent dat uit dit experiment is gebleken dat de toediening van zowel het insecticide Karteka als het insecticide Dipel in vergelijking met de Controle behandeling zorgdroegen voor minder peperschade a.g.v. aantasting door vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen.

Tabel 10

Kruskal-Wallis toets uitgevoerd in SPSS v.w.b. het vergelijken van peperschade op dag 14

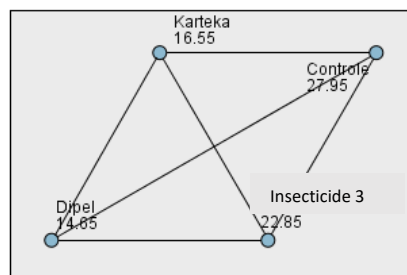
Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Peperschade is the same across categories of Behandelingen.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.037	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Tabel 11

Paarsgewijze vergelijking van de behandelingen uitgevoerd via de Kruskal-Wallis toets v.w.b. het vergelijken van peperschade op dag 14

Pairwise Comparisons of Behandelingen



Each node shows the sample average rank of Behandelingen.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Dipel-Karteka	1.900	5.104	.372	.710	1.000
Dipel Insecticide 3	8.200	5.104	1.607	.108	.649
Dipel-Controle	13.300	5.104	2.606	.009	.055
Karteka Insecticide 3	-6.300	5.104	-1.234	.217	1.000
Karteka-Controle	11.400	5.104	2.234	.026	.153
Insecticide 3 -Controle	5.100	5.104	.999	.318	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

5. Discussie

5.1 *Spodoptera* rupsen van het onderzoek

Figuur 6 toont eitjes die lichtgroen van kleur zijn en aan de onderkant van een peperblad waren gelegd. Deze bevindingen komen overeen met informatie uit FAO & CABI (2019), waar beschreven is dat de eitjes van *Spodoptera frugiperda* wit, roze of lichtgroen van kleur kunnen zijn en meestal aan de onderkant van de bladeren worden gelegd. In FAO & CABI (2019) is beschreven dat *Spodoptera frugiperda* rupsen op de kop een omgekeerd ‘Y’ teken hebben, dat wit van kleur is. Ook hebben de *Spodoptera frugiperda* rupsen vier zwarte stippen in de vorm van een vierkant die op de achterkant van het laatste abdominale segment bevindt. Zowel het witte omgekeerde ‘Y’ teken op de kop, als de vier zwarte stippen die samen een vierkant vormen, zijn ook waargenomen tijdens de kweek van de *Spodoptera* rupsen en vastgelegd in figuur 9. In figuur 10 is een roodbruine pop van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* weergegeven, hetgeen ook overeenkomt met informatie uit FAO & CABI (2019) waarin vermeld wordt dat poppen van *Spodoptera frugiperda* roodbruin van kleur zijn. In figuur 11 is een mannelijke- en vrouwelijke mot van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* weergegeven waarbij de mannelijke mot donkerder van kleur is dan de vrouwelijke mot. Deze bevindingen komen ook overeen met informatie uit FAO & CABI (2019) waarin vermeld is dat mannelijke motten van *Spodoptera frugiperda* een grijs, lichtbruine kleur hebben en vrouwelijke motten een lichte kleur hebben. Figuur 13 en figuur 14 geven de schade weer van vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen, waarbij de vruchten zijn aangetast. In CAB International (z.j.) is ook aangegeven dat *Spodoptera frugiperda* rupsen de vruchten kunnen doorboren, waardoor de vruchten kunnen vallen of rotten. Foto's van de rupsen en de motten uit de kweek waren op het internationaal wetenschappelijk forum ‘Research Gate’ geplaatst. De wetenschappers Ivan N. Bolotov (28 februari 2021), Luis Miguel Constantino (4 maart 2021), Murina Nasiruddin (5 maart 2021) en Mohamed Ali Mohamed Youssef (5 maart 2021) hebben elk afzonderlijk op het internationaal forum ‘Research Gate’ op basis van de karakteristieken die vastgelegd waren in de foto's, aangegeven dat de opgekweekte rupsen vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen zijn (in bijlage 1 is de communicatie weergegeven). *Spodoptera frugiperda* is in Suriname al eerder vermeld door Segeren 1983 en door Van Dinther (1960) onder de naam *Laphygma frugiperda*. Beide auteurs hebben aangegeven dat deze polyfage plaag overwegend als bladrupe op Gramminae (Poaceae) voorkwam. Enkele jaren geleden is via de EU-notificaties in de exportladingen van peper gebleken dat *Spodoptera frugiperda* zich nu overwegend als boorder in peper manifesteert. Er zou mogelijk sprake kunnen zijn van een andere ‘strain’, maar dat zou mogelijk slechts via moleculaire identificatie onderzocht kunnen.

De parasitoïden die in figuur 15 zijn aangegeven vertonen sterke gelijkenis met een species van het genus *Telenomus*. *Telenomus remus* is door de FAO & CABI (2019, aangegeven als een eiparasitoïd. De parasitoïden in figuur 15 hebben een glimmend uiterlijk en zijn ook ongeveer 0.6mm lang. Tevens zijn de vleugels ook transparant en bij de specimens die bekeken zijn werden bestonden de antennen uit 12 segmenten. Er zal door een gerenommeerd instituut middels determinatie moeten worden nagegaan wat de juiste naam van deze parasitoïd is.

5.2 Bioassay

Bioassay experimenten

Bij deze experimenten werd bepaald wat het aantal en het percentage dode rupsen (mortaliteitspercentage) is, als gevolg van toegediende behandelingen. Een pesticide wordt

beschouwd effectief te zijn wanneer het in staat is om na toediening tenminste 80% - 95% mortaliteit van plaaginsecten teweeg te brengen (World Health Organization, 2009).

Bioassay experiment 1

De resultaten verkregen uit bioassay experiment 1 op dag 2 geven aan dat voor behandeling Karteka een mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van 54.3% was geregistreerd, terwijl voor de behandelingen Bio Power, Insecticide (bedrijf 3) en Controle elk een mortaliteitspercentage van 0% was genoteerd. Op dag 14, de laatste waarnemingsdag, was het mortaliteitspercentage door de behandeling met Karteka gestegen naar 94.3%. Het mortaliteitspercentage (% dode rupsen) van 94.3% bij de behandeling Karteka was hoog in vergelijking met de overige insecticide behandelingen Bio Power en Insecticide (bedrijf 3) en de onbehandelde Controle met water, waar mortaliteitspercentages werden geregistreerd van respectievelijk slechts 5.7 %, 5.7% en 2.9%. Behandeling Karteka had dus een betere werking in het onderdrukken van *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen in vergelijking met de overige behandelingen. Bio Power en Insecticide (bedrijf 3) waren met de zeer lage mortaliteitspercentages, helemaal niet in staat aantallen van de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen te onderdrukken. Volgens National Pesticide Information Center (2001) is lambda-cyhalothrin (a.i. van insecticide Karteka) een synthetische pyrethroïde die het zenuwstelsel van de rupsen beïnvloedt. Hierdoor verlammen de rupsen en gaan uiteindelijk dood, wanneer de rups extern aan het middel wordt blootgesteld of wanneer de rups dit inslikt. Volgens Sisay et al. (2019) kan bespuiting met lambda-cyhalothrin bij lab experimenten meer dan 95% mortaliteit opleveren. Het verkregen resultaat van 94.3% dode rupsen (mortaliteitspercentage) voor behandeling lambda-cyhalothrin komt overeen met bevindingen van Sisay et al. (2019).

Behandeling Bio Power (a.i. *Beauveria bassiana*) zorgde voor een mortaliteitspercentage van slechts 5.7% dode rupsen, wat niet overeenkomt met resultaten van Akutse et al. (2019) en Ramos et al. (2020) die mortaliteitspercentages van respectievelijk 30% en 95.2% hebben vermeld als gevolg van toediening van *Beauveria bassiana*. Volgens Kim et al. (2019) worden insecticiden met schimmels als actief ingrediënt bij ideale temperatuur opgeslagen (4°C-30°C) om de schimmels voor het gebruik inactief, maar levend te houden. De levensvatbaarheid van de schimmels kan naast de temperatuur ook beïnvloed worden door de stam (in het Engels 'strain'), luchtvochtigheid en de productieomstandigheden. Een mogelijke verklaring voor het lage aantal en percentage dode rupsen bij de behandeling Bio Power (*Beauveria bassiana*) zou kunnen liggen aan de manier van opslag of de wijze waarop het product gefabriceerd is. Tevens zou het droge, warme seizoen eventueel ook van invloed kunnen zijn geweest op de werking van *Beauveria bassiana*, het actief ingrediënt van BioPower. Behandeling Insecticide (bedrijf 3) leverde ook een laag mortaliteitspercentage van rupsen op van 5.7%, wat niet overeenkomt met 80-100% mortaliteit dat vermeld was door Polanczyk et al. (2000). Volgens Bamunuarachchige et al. (2020) kunnen zonlicht en andere omgevingsfactoren de sporen en toxinen van de bacterie inactiveren, waardoor doding van rupsen laag zal zijn. Dit zou mogelijk een verklaring kunnen zijn voor het lage mortaliteitspercentage van 5.7% tijdens dit onderzoek. Bij behandeling Controle (met water) werd een mortaliteitspercentage van 2.9% geregistreerd wat toegeschreven kan worden aan natuurlijke dood.

Bioassay experiment 2

Bioassay experiment 2 is uitgevoerd, nadat de resultaten van bioassay experiment 1 bekend waren. Bioassay experiment 2 is uitgevoerd als een herhaling van bioassay experiment 1, waarbij er een aanpassing is gepleegd en het middel met handelsnaam Dipel is opgenomen in het experiment. Het middel Dipel heeft als actief ingrediënt ook *Bacillus thuringiensis* subsp.

kurstaki, maar het wordt door een andere fabrikant gefabriceerd en in Suriname door een ander bedrijf geïmporteerd.

De resultaten op dag 2 van bioassay experiment 2, geven aan dat bij de behandeling Karteka een 65% dode rupsen is geregistreerd. Bij de behandeling Dipel werd op dag 2 een 25% mortaliteit van rupsen geregistreerd. Voor de overige twee insecticide behandelingen te weten Bio Power en Insecticide (bedrijf 3) werd evenals voor de onbehandelde Controle met water, 0% mortaliteit genoteerd.

Op dag 14 werd voor de behandeling Karteka 85% mortaliteit van rupsen genoteerd, gevolgd door de behandeling Dipel met 80% rupsensterfte. Voor de insecticide behandelingen met Insecticide (bedrijf 3) en Bio Power en voor de onbehandelde Controle behandeling met water werden een mortaliteitspercentages van rupsen geregistreerd van respectievelijk 5%, 5% en 10%. De resultaten van de behandelingen Karteka, Bio Power en Insecticide (bedrijf 3) die verkregen zijn uit bioassay experiment 2, kwamen overeen met de resultaten van bioassay experiment 1. Voor de behandelingen Insecticide (bedrijf 3) en Bio Power werden ook in dit bioassay experiment 2, lage mortaliteitspercentages van rupsen genoteerd van elk 5%, wat dus impliceerde dat deze middelen geen noemenswaardige werking tegen de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen vertoonden. Toediening van de behandeling Karteka bleek op dag 14 in dit tweede bioassay experiment 85% mortaliteit van de *Spodoptera cf. frugiperda* rupsen teweeg te brengen. Bij dit tweede bioassay experiment is het middel Dipel ook toegevoegd aan het experiment en uit de resultaten op dag 14 bleek Dipel zorg te dragen voor 80% dode rupsen. Zowel uit bioassay experiment 1 als uit bioassay experiment 2 blijkt dat de behandelingen Karteka en Dipel in vergelijking met de andere twee insecticiden veel beter gewerkt hebben in het onderdrukken van de vermoedelijke *S. frugiperda* rupsen.

Dezelfde argumentatie en eventuele verklaringen welke eerder zijn aangekaart in bioassay experiment 1 gelden ook voor bioassay experiment 2. Sissay et al. (2019) vermeldde bevindingen, die overeenkwamen met bevindingen van onderhavig bioassay experiment 2 voor wat betreft Karteka met werkzame stof lambda-cyhalothrin. De bevindingen van Polanczyk et al. (2000) kwamen wel overeen met de resultaten die uit onderhavig bioassay experiment 2, verkregen zijn voor Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) waarvoor 80% dode rupsen werd geregistreerd, maar niet met Insecticide (bedrijf 3) die eveneens als a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* bezit maar die slechts 5% mortaliteit teweeg heeft gebracht. Verder kwam het resultaat van 5% dode rupsen als gevolg van een bespuiting met Bio Power met actief ingrediënt *Beauveria bassiana* helemaal niet overeen met de bevindingen van Akutse et al. (2019) en Ramos et al. (2020) die beiden hoge mate van effectiviteit van *Beauveria bassiana* aangaven. Dezelfde verklaringen die gegeven zijn bij bioassay experiment 1 met behulp van bronnen zoals Bamunuarachchige et al. (2020), Ramos et al. (2019) en Kim et al. (2019) gelden ook voor de resultaten van onderhavig bioassay experiment 2. Bij de behandeling Controle was 10% dode rupsen geregistreerd wat geplaatst zou kunnen worden onder de noemer 'natuurlijke dood'.

5.3 In vivo experiment

De resultaten van het *in vivo* experiment (tabel 8) geven aan dat op dag 2, bij de behandelingen Karteka (10), Dipel (11) en Insecticide (bedrijf 3) (12) minder pepers met peperschade a.g.v. vermoedelijke *S. frugiperda* rupsen werden genoteerd in vergelijking met de behandeling Controle, die 17 pepers met peperschade had. Echter bleek dit verschil op dag 2 niet significant te zijn, volgens de Kruskal-Wallis toets (tabel 9).

De resultaten verkregen op dag 14 van de Kruskal-Wallis toets (tabel 9, tabel 10 en tabel 11) geven aan dat behandeling Karteka (17) en behandeling Dipel (13) een significant verschil vertoonden in vergelijking met de Controle behandeling (37). Bij de behandelingen Karteka en Dipel was er dus minder peperschade a.g.v. de aantasting door de vermoedelijke *S. frugiperda* rupsen in vergelijking met de Controle behandeling. In het onderzoek van Sisay et al. (2019) hadden de planten minder schade wanneer zij bespoten waren met onder andere het insecticide

Karate (a.i. lambda-cyhalothrin) bij veldexperimenten en de mortaliteit van de rupsen was 60% in kassen onder gecontroleerde omstandigheden. Vanuit de resultaten van Sissay et al. (2019) kan afgeleid worden dat er minder peperschade zal optreden als er grote mortaliteit van de rupsen is. Bij behandeling Dipel komt het resultaat overeen met de bevindingen van dos Santos et al. (2021), die aangeeft dat bespuiting met *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* mortaliteit van 65% - 95% rupsen kan bewerkstelligen. Hierdoor zal de schade dan ook minder zijn. Behandeling Insecticide (bedrijf 3) vertoonde geen statistisch verschil met de behandeling Controle voor wat betreft het verminderen van peperschade. Volgens Bamunuarachchige et al. (2020) zou de werking van Insecticide (bedrijf 3) kunnen afnemen, doordat zonlicht en andere omgevingsfactoren de sporen en toxinen van de bacterie inactiveren. Een gevolg hiervan kan zijn dat het middel niet effectief kan werken op de rupsen en de peperschade niet zal verminderen. Zoals eerder is aangeduid is 100% rupsen mortaliteit niet realiseerbaar in het open veld.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Volgens de resultaten verkregen uit bioassay experiment 1 en experiment 2 wees de Chi-kwadraat toets uit dat er een verband is tussen toegediende behandelingen en de rupsenconditie. Uit de grafische weergave van percentage dode rupsen kan opgemerkt worden dat de behandelingen Karteka en Dipel wel effectief hebben gewerkt in vergelijking met de andere behandelingen. Uit zowel bioassay experiment 1 als bioassay experiment 2 is gebleken dat een behandeling met het insecticide Karteka na 14 dagen had geresulteerd in mortaliteitspercentages van respectievelijk 94.3% en 85% mortaliteit van de vermoedelijk *Spodoptera frugiperda* rupsen. Behandeling Dipel resulteerde bij bioassay experiment 2 na 14 dagen in mortaliteitspercentages van 80% van de rupsen.

Volgens de resultaten verkregen van het *in vivo* experiment vertoonden de behandelingen Karteka (a.i. lambda-cyhalothrin) en behandeling Dipel (a.i. *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*) een significant verschil in vergelijking met de Controle. De behandelingen Karteka en Dipel hadden dus minder peperschade a.g.v. de aantasting door vermoedelijk *S. frugiperda* rupsen en hebben dus peperschade gereduceerd in vergelijking met de behandeling Controle. Behandeling Insecticide (bedrijf 3) heeft minder peperschade in vergelijking met de behandeling Controle, maar het verschil is niet significant.

De behandelingen Karteka en Dipel hebben bij zowel bij de bioassay experimenten als bij het *in vivo* experiment effectief gewerkt zowel voor wat betreft de mortaliteit als het onderdrukken van de vermoedelijke *Spodoptera frugiperda* rupsen in peper.

6.2 Aanbevelingen

Gebaseerd op de resultaten verkregen van dit onderzoek, kan het volgende aanbevolen worden:

- Het onderzoek kan opnieuw uitgevoerd worden met dezelfde gebruikte middelen, maar dan in een gebied waar *Spodoptera frugiperda* als plaag veel voorkomt. De insecticiden zouden dan onderling met elkaar vergeleken kunnen worden in het open veld gedurende verschillende seizoenen (droge tijd en regen tijd).
- Het onderzoek zou ook weer uitgevoerd kunnen worden met andere middelen die kunnen helpen om de rupsenplaag te onderdrukken bijvoorbeeld middelen met a.i. fipronil (Regency), indoxacarb (Indox), *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (Xentari)
- Er zou in een onderzoek nagegaan kunnen worden of intercropping de schade veroorzaakt door de *Spodoptera frugiperda* rupsen kan verminderen. Nagegaan zou kunnen worden of bepaalde planten tussen de peperplanten beplant kunnen worden die de *S. frugiperda* rupsen zouden kunnen afweren.
- Een andere optie is dat men een agro-ecologische benadering kan incorporeren in het onderzoek. Hierbij zou men bijvoorbeeld bij intercropping gebruik kunnen maken van planten die een schuilplaats kunnen zijn voor verschillende natuurlijke vijanden van *S. frugiperda*, zoals bijvoorbeeld van de *Telenomus* sluipwespjes die de eitjes van *S. frugiperda* parasiteren.
- Onderzoek naar een goed opgezet Integrated Pest Management systeem is noodzakelijk, waarbij nagegaan zou kunnen worden of gewasbeschermingsmaatregelen getroffen kunnen worden op basis van een monitoring systeem.
- In het open veld is 100% rupsen mortaliteit door toediening van insecticiden niet realistisch. Nadat de pepers afge oogst zijn zullen zij daarom ook adequate postharvest

behandelingen moeten ondergaan om eventueel eitjes en jonge larven die op de pepers aanwezig zijn te doden.

- In reeds bestaande peper aanplantingen moet regelmatig gemonitord worden of er schade aanwezig is. De kleinste schade op één peper geeft de aanwezigheid al aan van de *Spodoptera frugiperda* rupsen. Er kan een bespuitingsschema worden opgesteld. Men kan eigenlijk al vanaf de bloei, wanneer de planten al bloemen dragen, beginnen met preventieve bespuiting om de plaag te voorkomen. In het begin kan men chemische insecticiden bespuiten, bijvoorbeeld met insecticiden met a.i. lambda-cyhalothrin. Wanneer de oogst nadert kunnen biologische insecticiden bespoten worden, bijvoorbeeld insecticiden met a.i. *Bacillus thuringiensis*, subsp. *kurstaki* (*Bt*). Bij gebruik van het biologisch middel *Bt* speelt veiligheidstermijn geen rol bij de oogst. Preventieve bespuitingen kunnen om de 10-14 dagen gedaan worden, maar ingeval de plaag al voorkomt in de aanplant zal curatieve bespuiting moeten plaatsvinden. Bij curatieve bespuiting dient het interval tussen de bespuitingen verkort te worden en kan er bijvoorbeeld een interval van 7 dagen geraadpleegd worden.

Referenties

- Akutse, K.S., Kimemia, J.W., Ekesi, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L. & Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of applied entomology*. Doi: [org/10.1111/jen.12634](https://doi.org/10.1111/jen.12634)
- Ali, A., Bordoh, P.K., Singh, A., Siddiqui & Droby, S. (2016). Post-harvest development of anthracnose in pepper (*Capsicum* spp): Etiology and management strategies. *Crop Protection*; 132-141. Doi: [10.1016/j.cropro.2016.07.026](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.07.026)
- Assefa, F. & Ayalew, D. (2019). Status and control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in maize fields in Ethiopia: A review. *Cogent Food & Agriculture*; 5:1641902. Doi: [10.1080/23311932.2019.1641902](https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641902)
- Bamunuarachchige, T.C., Dissanayaka, D.M.T.C, Wickramarathna, N.A.A.D. & Udayantha, G.A. (2020). *Bacillus thuringiensis* biopesticides: key strains and toxins, mass culture, formulation strategies and improvements. *Bioprocess Sciences and Technology*. Geraadpleegd op https://www.researchgate.net/profile/Thushara-Bamunuarachchige/publication/340445832_BACILLUS_THURINGIENSIS_BIOPESTICIDES_KEY_STRAINS_AND_TOXINS_MASS_CULTURE_FORMULATION_STRATEGIES_AND_IMPROVEMENTS/links/5ee6431d92851ce9e7e39d00/BACILLUS-THURINGIENSIS-BIOPESTICIDES-KEY-STRAINS-AND-TOXINS-MASS-CULTURE-FORMULATION-STRATEGIES-AND-IMPROVEMENTS.pdf
- Bold systems. (z.j.). *Telenomus remus* {species}. Geraadpleegd van https://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=683242
- Bolotov, I.N., Constantino, L.M., Nasiruddin, M. & Youssef, M.A.M. (2021). Are these moths *Spodoptera frugiperda*? Geraadpleegd met https://www.researchgate.net/post/Are_these_moths_Spodoptera_frugiperda
- Boucher, T.J. (2012). Using *Beauveria Bassiana* for Insect Management. Geraadpleegd op <http://ipm.uconn.edu/documents/raw2/Using%20Beauveria%20Bassiana%20for%20Insect%20Management/Using%20Beauveria%20Bassiana%20for%20Insect%20Management.php?aid=5>
- Bravo, A., Gill, S.S. & Sobéron, M. (2007). Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon*; 49(4): 423–435. Doi: [10.1016/j.toxicon.2006.11.022](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.11.022)
- Burtet, L.M., Bernardi, O., Melo, A.A., Pes, M.P., Strahl, T.T. VC Guedes, J. (2017). Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. *Pest Management Science*. Doi: [10.1002/ps.4660](https://doi.org/10.1002/ps.4660)
- CAB International. (z.j.). Datasheet *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). Geraadpleegd op <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810#tosummaryOfInvasiveness>
- Dos Santos, C.A.M., do Nascimento, J., Gonçalves, K.C., Smaniotto, G., de Freitas Zechin, L., da Costa Ferreira, M. & Polanczyk, R.A. (2021). Compatibility of Bt biopesticides and adjuvants for *Spodoptera frugiperda* control. *Scientific Reports volume 11, Article number: 5271*. Geraadpleegd van <https://www.nature.com/articles/s41598-021-84871-w>

- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2020). *Spodoptera frugiperda* (LAPHFR). Geraadpleegd van <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHFR/datasheet>
- European Union Notification System for Plant Health Interceptions – EUROPHYT. (z.j.). Interceptions of harmful organisms in imported plants and other objects. Geraadpleegd op https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/europhyt/interceptions_en
- FAO & CABI. (2019). *Community-Based Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Monitoring, Early Warning and Management*. Geraadpleegd op <http://www.fao.org/3/CA2924EN/ca2924en.pdf>
- Harrison, R.D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Schaffner, U. & Van den Berg, J. (2019). Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management* 243 (2019) 318–330321. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011>
- Hernandez, J.L. (1988). Évaluation de la toxicité de *Bacillus thuringiensis* sur *Spodoptera frugiperda*. *BioControl* 33(2):163-171. Doi: 10.1007/BF02372651
- Jia, S., Shen, M., Zhang, F. & Xie, J. (2017). Recent Advantages in *Momordica charantia*: Functional Components and Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences*; v.18 (12). Doi: 10.3390/ijms18122555
- Kim, J.C., Lee, M.R., Kim, S., Lee, S.J., Park, S.E., Baek, S., Gasmi, L., Shin, T.Y. & Kim, J.S. (2019). Long-term storage stability of *Beauveria bassiana* ERL836 granules as fungal biopesticide. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. Volume 22, p 537-542. Doi: 10.1016/j.aspen.2019.04.001
- Malaquias, J.B., Omoto, C., Ramalho, F.S., Wesley, W.A.C. & Silveira, R.F. (2014). Bt cotton and the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) in the management of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to lambda-cyhalothrin. *Journal of Pest Science*. Volume 88, p. 57–63. Geraadpleegd op <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-014-0585-3>
- Ministerie van Landbouw, Veeteelt en Visserij (2005). *Land- en tuinbouwgewassen Deel II Groente- en peulgewassen*. Geraadpleegd op <http://lvv.gov.sr/media/1056/boek-groente-en-peulgewassen.pdf>
- National Pesticide Information Center. (2001). Lambda-cyhalothrin (Technical Fact Sheet). Geraadpleegd op http://npic.orst.edu/factsheets/l_cyhalogen.pdf
- Polanczyk, R.A., Pieres da Silva, R.F. & Fiuza, L.M. (2000). Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* strains against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Brazilian Journal of Microbiology* 31:165-166. Doi: 10.1590/S1517-83822000000300003
- Prasanna, B.M., Huesing, J.E., Eddy, R. & Peschke, V.M. (2018). *Fall Armyworm in Africa: A guide for integrated pest management (1st ed.)*. Mexico, CDMX: CIMMYT. Geraadpleegd op https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/FallArmyworm_IPM_Guide_forAfrica.pdf
- Ramirez-Rodriguez, D. & Sánchez-Peña, S. (2016). Endophytic *Beauveria bassiana* in *Zea mays*: Pathogenicity against Larvae of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Southwestern Entomologist*. Volume 41(3):875-878. Doi: 10.3958/059.041.0330

- Ramos, Y., Taibo, A.D., Jiménez, J.A. & Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. Volume 30, artikel nummer 20. Doi: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>
- Ríoz-Díez, J.D. & Saldamando-Benjumea, C.I. (2011). Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Strains from Central Colombia to Two Insecticides, Methomyl and Lambda-Cyhalothrin: A Study of the Genetic Basis of Resistance. *Journal of Economic Entomology* 104(5): 1698-1705. Doi: 10.1603/EC11079
- Schünemann, R., Knaak, N. & Fiuza, L.M. (2014). Mode of Action and Specificity of Toxins in the Control of Caterpillars and Stink Bugs in Soybean Culture. *Hindawi Publishing Corporation*. Volume 2014 (12). Doi: 10.1155/2014/135675
- Segeren, P.A. (1983). *Gids voor het herkennen en bestrijden van ziekten en plagen van landbouwgewassen in Suriname*. Suriname, Paramaribo: Ministerie van Landbouw, Veeteelt, Visserij en Bosbouw.
- Sharanabasappa, Kalleshwaraswamy, C.M., Poorani, J., Maruthi, M.S., Pavithra, H.B. & Diraviam, J. (2019). Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a recent invasive pest on maize in South India. *Florida Entomologist*, 102(3): 619-623. Doi: <https://doi.org/10.1653/024.102.0335>
- Sisay, B., Tefera, T., Wakgari, M., Ayalew, G. & Mendesil, E. (2019). The Efficacy of Selected Synthetic Insecticides and Botanicals against Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Maize. *Insects*. Doi: <https://doi.org/10.3390/insects10020045>
- Valent BioSciences (z.j.). Mode of Action. Geraadpleegd op [https://www.valentbiosciences.com/cropprotection/products/mode-of-action/#:~:text=Bacillus%20thuringiensis%20\(Bt\)%20is%20a,highly%20effective%20and%20environmentally%20benign.&text=The%20active%20ingredient%20in%20XenTari,aizawai%20\(Bta\)](https://www.valentbiosciences.com/cropprotection/products/mode-of-action/#:~:text=Bacillus%20thuringiensis%20(Bt)%20is%20a,highly%20effective%20and%20environmentally%20benign.&text=The%20active%20ingredient%20in%20XenTari,aizawai%20(Bta)).
- Van Dinther, J.B.M. (1960). *Insect pests of cultivated plants in Surinam*. Wageningen: H. Veenman & Zonen N.V.
- World Health Organization. (2009). Guidelines for efficacy testing of insecticides for indoor and outdoor ground-applied space spray applications. Geraadpleegd van https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70070/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2009.2_eng.pdf?sequence=1

Bijlagen

Bijlage 1. Antwoorden van de verschillende wetenschappers op het Internationaal forum Research Gate over de vermoedelijke *Spodoptera frugiperda*

Are these moths *Spodoptera frugiperda*?

Question Asked February 25

The caterpillars of the moths were collected as fruitborers in pepper at a farmer. I reared them till the adults hatched and compared them with pictures and descriptions on the internet. Are these moths *Spodoptera frugiperda*? The caterpillars have different colors, but I did read that they can vary in color. The same caterpillars were also found inside bittermelon as fruit borers. Does anyone know if *S. frugiperda* reall ... [Read more](#)





Ivan N. Bolotov added an answer

March 1

I would confirm your identification. While Fall Armyworm is a highly polyphagous pest, I am not sure if it was previously reported from *Momordica charantia*. This host plant was not mentioned in the recent checklist:

<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1747&context=entomologyfacpub>

So, it could be a new host plant record. The larvae of various *Spodoptera* species may bore into different plant parts, including fruits, and *S. frugiperda* is not an exception. I guess such behaviour is typical for the genus.



Luis Miguel Constantino added an answer

March 4

Yes, they are *Spodoptera frugiperda*, two females on the left and two males on the right. The larvae shows a lot of variation in each instar.

<https://www.flickr.com/photos/140413390@N06/44091652830/in/photolist-28k54m8-J7aGDH-2abeffS-283aKnX-2dZpVGA-2dZpVvo-2bQHzGu-2abefuu-2by3UYk-J4ir4Y-2hN8jHL-2f1GjT7/>



Munira Nasiruddin added an answer

March 5

Yes, you are right. These are the photographs of the fall armyworm moth and larva of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) which cause economical damage to cultivated plants such as rice, wheat, sugarcane and vegetable crops.




Mohamed Ali Mohamed Youssef added an answer

March 5



yes, and you can notice the square shaped points on the end of larvae abdomen

 [20210305_110903.jpg](#) · 387.39 KB

Bijlage 2. Chi-kwadraat toets voor onafhankelijkheid op dag 2 van bioassay experiment 1 (tussen behandelingen)

Rupsenconditie * Behandelingen Crosstabulation

		Behandelingen				Total	
		Controle	Karteka	Bio Power	Insecticide (bedrijf 3)		
Rupsenconditie	Levend	Count	35	16	35	35	121
		Expected Count	30.3	30.3	30.3	30.3	121.0
		% within Behandelingen	100.0%	45.7%	100.0%	100.0%	86.4%
	Dood	Count	0	19	0	0	19
		Expected Count	4.8	4.8	4.8	4.8	19.0
		% within Behandelingen	0.0%	54.3%	0.0%	0.0%	13.6%
Total		Count	35	35	35	35	140
		Expected Count	35.0	35.0	35.0	35.0	140.0
		% within Behandelingen	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Bijlage 3. Chi-kwadraat toets voor onafhankelijkheid op dag 14 van bioassay experiment 1 (tussen behandelingen)

Rupsenconditie * Behandelingen Crosstabulation

		Behandelingen				Total	
		Controle	Karteka	Bio Power	Insecticide (bedrijf 3)		
Rupsenconditie	Levend	Count	34	2	33	33	102
		Expected Count	25.5	25.5	25.5	25.5	102.0
		% within Behandelingen	97.1%	5.7%	94.3%	94.3%	72.9%
	Dood	Count	1	33	2	2	38
		Expected Count	9.5	9.5	9.5	9.5	38.0
		% within Behandelingen	2.9%	94.3%	5.7%	5.7%	27.1%
Total		Count	35	35	35	35	140
		Expected Count	35.0	35.0	35.0	35.0	140.0
		% within Behandelingen	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Bijlage 4. Chi-kwadraat toets voor onafhankelijkheid op dag 2 van bioassay experiment 2 (tussen behandelingen)

Rupsenconditie * Behandelingen Crosstabulation

		Behandelingen					Total	
		Controle	Karteka	Bio Power	Insecticide (bedrijf 3)	Dipel		
Rupsenconditie	Levend	Count	20	7	20	20	15	82
		Expected Count	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	82.0
		% within Behandelingen	100.0%	35.0%	100.0%	100.0%	75.0%	82.0%
	Dood	Count	0	13	0	0	5	18
		Expected Count	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	18.0
		% within Behandelingen	0.0%	65.0%	0.0%	0.0%	25.0%	18.0%
Total		Count	20	20	20	20	20	100
		Expected Count	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	100.0
		% within Behandelingen	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Bijlage 5. Chi-kwadraat toets voor onafhankelijkheid op dag 14 van bioassay experiment 2 (tussen behandelingen)

Rupsenconditie * Behandelingen Crosstabulation

		Behandelingen					Total	
		Controle	Karteka	Bio Power	Insecticide (bedrijf 3)	Dipel		
Rupsenconditie	Levend	Count	18	3	19	19	4	63
		Expected Count	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	63.0
		% within Behandelingen	90.0%	15.0%	95.0%	95.0%	20.0%	63.0%
	Dood	Count	2	17	1	1	16	37
		Expected Count	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	37.0
		% within Behandelingen	10.0%	85.0%	5.0%	5.0%	80.0%	37.0%
Total		Count	20	20	20	20	20	100
		Expected Count	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	100.0
		% within Behandelingen	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%