

Báo cáo tóm tắt nhiệm vụ KH&CN:

**NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ XÁC ĐỊNH MỨC ĐỘ GÂY HẠI CỦA
SÂU ĂN LÁ DỪA VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH, ĐỀ XUẤT CÁC
GIẢI PHÁP QUẢN LÝ VÀ PHÒNG TRỊ THEO HƯỚNG
SINH HỌC AN TOÀN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH BẾN TRE**

Chủ nhiệm đề tài



TS. Lê Khắc Hoàng

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 07 năm 2022

Báo cáo tóm tắt nhiệm vụ KH&CN:

**NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ XÁC ĐỊNH MỨC ĐỘ GÂY HẠI CỦA
SÂU ĂN LÁ DỪA VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH, ĐỀ XUẤT CÁC
GIẢI PHÁP QUẢN LÝ VÀ PHÒNG TRỊ THEO HƯỚNG
SINH HỌC AN TOÀN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH BẾN TRE**

CHỦ NHIỆM NHIỆM VỤ KH&CN



TS. Lê Khắc Hoàng

CƠ QUAN QUẢN LÝ



Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 07 năm 2022

DANH SÁCH NGƯỜI THỰC HIỆN

TT	Họ và tên, học hàm học vị	Chức danh thực hiện đề tài	Tổ chức công tác
1	TS. Lê Khắc Hoàng	Chủ nhiệm	Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM
2	ThS. Nguyễn Thị Thanh Duyên	Thư ký	Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM
3	TS. Võ Thị Ngọc Hà	Thành viên chính	Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM
4	ThS. Nguyễn Tuấn Đạt	Thành viên chính	Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM
5	KS. Võ Văn Nam	Thành viên chính	Chi cục Trồng trọt và BVTV Tỉnh Bến Tre
6	KS. Nguyễn Thị Thúy Ngân	Thành viên	Chi cục Trồng trọt và BVTV Tỉnh Bến Tre
7	KS. Nguyễn Công Đức	Thành viên	Chi cục Trồng trọt và BVTV Tỉnh Bến Tre
8	ThS. Nguyễn Thị Thúy Huỳnh	Thành viên	Chi cục Trồng trọt và BVTV Tỉnh Bến Tre
9	ThS. Trần Duy Tân	Thành viên	Chi cục Trồng trọt và BVTV Tỉnh Bến Tre
10	KS. Phạm Hồng Tươi	Thành viên	Văn phòng Ủy ban nhân dân tỉnh Bến Tre

MỤC LỤC

Trang

TRANG TỰA	I
DANH SÁCH NGƯỜI THỰC HIỆN	II
MỤC LỤC	III
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	6
1.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến, mức độ gây hại và thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>).....	6
1.1.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến và đánh giá mức độ gây hại đến sinh trưởng và năng suất của sâu đầu đen hại dừa trên các vườn dừa tại tỉnh Bến Tre.....	6
1.1.2 Thu mẫu, định danh và đánh giá tần suất xuất hiện của các loài ong ký sinh và ăn mồi trên sâu đầu đen hại dừa tại tỉnh Bến Tre.....	6
1.2 Xác định một số đặc điểm sinh học của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>) làm cơ sở nghiên cứu biện pháp phòng trừ.....	7
1.2.1 Xác định vòng đời và khả năng đẻ trứng của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>)	7
1.2.2 Xác định phổ ký chủ gây hại của sâu đầu đen hại dừa <i>O. arenosella</i>	7
1.3 Xác định một số đặc điểm sinh học của các loài thiên địch tiềm năng	8
1.3.1 Xác định một số đặc điểm sinh học của ong <i>Brachymeria euploae</i> và <i>Brachymeria kamijoi</i> ký sinh nhộng sâu đầu đen hại dừa.....	8
1.3.2 Xác định một số đặc điểm sinh học bọ đuôi kìm (<i>Chelisoches</i> sp.).....	8
1.4 Đánh giá khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>) của các loài thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm	8
1.4.1 Xác định phản ứng chức năng của loài ong <i>B. euploae</i>	8
1.4.2 Xác định phản ứng chức năng của bọ đuôi kìm (<i>Chelisoches</i> sp.)	9
1.5 Đánh giá hiệu quả của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>).....	9
1.5.1 Đánh giá hiệu lực của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong điều kiện phòng thí nghiệm.....	9
1.5.2 Đánh giá hiệu quả các thuốc bảo vệ thực vật tiềm năng trong điều kiện ngoài đồng	10
1.6 Xây dựng mô hình kiểm soát sâu đầu đen hại dừa bằng thiên địch.....	11
CHƯƠNG 2 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	12
2.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến, mức độ gây hại và thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (<i>Opisina arenosella</i>).....	12
2.1.1 Thành phần, diễn biến và mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>) tại tỉnh Bến Tre	12

2.1.2 Thu mẫu, định danh và đánh giá tần suất xuất hiện của các loài ong ký sinh và ăn mồi trên sâu đầu đen hại dừa tại tỉnh Bến Tre.....	13
2.2 Một số đặc điểm sinh học sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>).....	14
2.2.1 Vòng đời và khả năng đẻ trứng của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>)	14
2.2.2 Phổ ký chủ gây hại của sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>).....	16
2.3 Một số đặc điểm sinh học của các loài thiên địch sâu đầu đen hại dừa tại Bến Tre.....	16
2.3.1 Một số đặc điểm sinh học ong ký sinh nhộng <i>Brachymeria euploae</i>	16
2.3.2 Một số đặc điểm ong ký sinh nhộng <i>B. kamijoi</i>	17
2.3.3 Một số đặc điểm sinh học bọ đuôi kìm (<i>Chelisoches</i> sp.).....	18
2.4 Đánh giá khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>) của các loài thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm.....	20
2.4.1 Phản ứng chức năng của ong <i>B. euploae</i> ký sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa	20
2.5 Hiệu quả của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (<i>O. arenosella</i>).....	22
2.5.1 Hiệu lực trừ sâu đầu đen hại dừa trong phòng điều kiện phòng thí nghiệm	22
2.5.2 Hiệu lực phòng trừ sâu đầu đen hại dừa của một số loại thuốc bảo vệ thực vật ở điều kiện ngoài đồng.	23
2.6 Xây dựng mô hình kiểm soát sâu đầu đen hại dừa bằng thiên địch.....	24
KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ	27
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	29

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Dừa (*Cocos nucifera* L.) là cây trồng có giá trị kinh tế cao và là biểu tượng của Đồng bằng Sông Cửu Long nói chung và tỉnh Bến Tre nói riêng. Giá trị sản xuất công nghiệp các sản phẩm dừa Việt Nam năm 2020 ước đạt 5.880 tỷ đồng [1]. Theo thống kê của FAOSTAT (2021) [2] đến năm 2019 Việt Nam có khoảng 158.959 ha dừa. Hiện nay, cây dừa phân bố ở nhiều tỉnh khác nhau trên cả nước, tuy nhiên được trồng tập trung với quy mô lớn, tại hai tỉnh: Bình Định của vùng Duyên hải miền Trung và Bến Tre ở Đồng bằng Sông Cửu Long. Đồng bằng Sông Cửu Long chiếm hơn 86,5% diện tích dừa cả nước, với quy mô 147,08 nghìn ha [3]. Tính đến cuối năm 2020 Bến Tre có hơn 72 nghìn ha dừa, năng suất bình quân hơn 9.500 trái/ha/năm. Tuy nhiên trong những năm gần đây, việc sản xuất dừa đang đối mặt nhiều khó khăn, một trong những nguyên nhân chính là ảnh hưởng của sâu hại. Cuối năm 2020 tại Bến Tre đã xuất hiện loài dịch hại ngoại lai mới, *Opisina arenosella* Walker, gây hại trên các tàu lá và trái dừa non. Đến tháng 08 năm 2021 đã có hơn 600 ha dừa tại Bến Tre bị gây hại bởi loài dịch hại ngoại lai này [4].

Sâu đầu đen hại dừa (*Opisina arenosella* Walker) là một loài sinh vật ngoại lai nguy hiểm trên cây dừa có nguồn gốc từ Sri Lanka và Ấn Độ [5], tấn công tất cả các giai đoạn sinh trưởng từ khi trồng cho đến khi trưởng thành. Các tổn thất ban đầu là làm giảm tỷ lệ ra mầm hoa, tăng tỷ lệ rụng trái dừa non [6] khi không được kiểm soát, sâu đầu đen hại dừa có thể cắn phá toàn bộ các tàu lá trong vườn, làm rụng những trái dừa non, năng suất có thể giảm đến 100% [7]. Thiệt hại về năng suất do sâu đầu đen hại dừa tại Ấn Độ từ giai đoạn 2010 – 2017 lên đến 62,9% [8], tại Myanmar, Bangladesh năm 2006 – 2008 khoảng 83% [9]. Gần đây nhất tại Thái Lan (2010 – 2017) sâu đầu đen hại dừa gây ra thiệt hại lớn trên các vườn dừa, làm giảm năng suất đến 45% [10].

Trên thế giới có nhiều nghiên cứu về sử dụng các loài ong ký sinh có khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa hiệu quả trong thực tế như ong ký sinh sâu non *Goniozus nephantidis*, *Bracon hebetor* Say, ong ký sinh nhộng *Brachymeria nephantidis* Gahan, *Brachymeris nosatoi* Habu, *Brachymeria latus* Walke [11]. Tại Thái Lan, sau khi được

ghi nhận tại tỉnh Prajauabkirikhan vào năm 2007, đã bắt đầu bùng phát gây hại diện tích dứa, loài ong ký sinh *Goniozus nephantidis* được nhập khẩu từ Sri Lanka năm 2012 và phóng thích để kiểm soát loài sâu đầu đen hại dứa (*O. arenosella*) và sau đó sử dụng ong ký sinh *Bracon hebetor* (Braconidae), một loài ký sinh bản địa để kiểm soát dịch hại này [12]. Trong chuyến khảo sát ngày 17/07/2020 tại huyện Bình Đại, Bến Tre nhóm nghiên cứu của Bộ môn BVTV, Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM đã phát hiện nhiều loài thiên địch như *Brachymeria euploae*, *B. kamijoi*, *Trichospilus pupivorus*, *Bracon* sp. ký sinh trên sâu non và nhộng của sâu đầu đen hại dứa. Những loài thiên địch tiềm năng này có khả năng thiết lập quần thể và có hiệu quả cao trong kiểm soát sâu đầu đen hại dứa khi được nghiên cứu, nhân nuôi để phóng thích. Để có giải pháp quản lý loài sâu đầu đen hại dứa (*O. arenosella*) hiệu quả, bền vững cần có những nghiên cứu chuyên sâu về các quy luật phát sinh, phát triển và thiên địch của chúng làm cơ sở quan trọng nhằm xây dựng các biện pháp quản lý sâu đầu đen hại dứa theo hướng sinh học an toàn.

Từ thực tế trên đề tài: “**Nghiên cứu đánh giá xác định mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dứa và xây dựng mô hình, đề xuất các giải pháp quản lý và phòng trị theo hướng sinh học an toàn trên địa bàn tỉnh Bến Tre**” đã được thực hiện.

2. Chủ nhiệm: TS. Lê Khắc Hoàng

3. Thư ký Khoa học: ThS. Nguyễn Thị Thanh Duyên

4. Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh

5. Cơ quan phối hợp chính thực hiện đề tài: Chi cục Trồng trọt và Bảo vệ Thực vật Bến Tre, Trung tâm Khuyến nông tỉnh Bến Tre, Trung tâm Nông nghiệp Ứng dụng Công nghệ cao tỉnh Bến Tre

5. Thời gian đăng ký trong hợp đồng: 18 tháng (tháng 2/2021 đến tháng 8/2022)

7. Tổng kinh phí được duyệt: 976.748.115 đồng (*Bằng chữ: Chín trăm bảy mươi sáu triệu, bảy trăm bốn mươi tám nghìn, một trăm mười lăm đồng*)

+ Kinh phí cấp giai đoạn 1: 488.374.000 đồng

+ Kinh phí cấp giai đoạn 2: 280.072.700 đồng

+ Kinh phí cấp giai đoạn 3: 208.301.415 đồng

Theo Hợp đồng số 183/HĐ-SKHCN giữa Sở KH&CN tỉnh Bến Tre và Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh ký ngày 23/02/2021.

8. Mục tiêu của nhiệm vụ:

Mục tiêu chung

Nghiên cứu đánh giá xác định được mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa và xây dựng mô hình và các giải pháp phòng trị theo hướng sinh học an toàn trên địa bàn tỉnh Bến Tre.

Mục tiêu cụ thể

- Xác định hiện trạng, mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa tại tỉnh Bến Tre.
- Xác định đặc điểm hình thái, sinh học, phổ ký chủ và tập quán sinh sống của sâu đầu đen hại dừa.
- Thu thập, định danh, nghiên cứu, nhân nuôi và đánh giá hiệu quả của một số loài thiên địch tiềm năng, chế phẩm sinh học đối với sâu đầu đen hại dừa, tạo cơ sở để phòng trị theo hướng sinh học, an toàn.
- Xác định một số loại thuốc BVTV hiệu quả trong phòng trừ sâu đầu đen hại dừa.
- Xây dựng các giải pháp phòng trừ và mô hình quản lý tổng hợp sâu đầu đen hại dừa theo hướng sinh học.

9. Nội dung (theo Thuyết minh đã duyệt):

(1) Nội dung 1: Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến, mức độ gây hại và thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa, *O. arenosella*

(2) Nội dung 2: Xác định một số đặc điểm sinh học của sâu đầu đen hại dừa, *O. arenosella* làm cơ sở nghiên cứu biện pháp phòng trừ

(3) Nội dung 3: Xác định một số đặc điểm sinh học của các loài thiên địch tiềm năng trên cây dừa, *O. arenosella*

(4) Nội dung 4: Đánh giá khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa, *O. arenosella* của các loài thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm

(5) Nội dung 5: Xây dựng quy trình nhân nuôi và phóng thích các loài thiên địch tiềm năng trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa, *O. arenosella*

(6) Nội dung 6: Đánh giá hiệu lực của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa, *O. arenosella*

(7) Nội dung 7: Xây dựng quy trình kỹ thuật, mô hình quản lý sâu cắn lá dừa tổng hợp tại tỉnh Bến Tre

10. Sản phẩm của đề tài:

a) DANH MỤC SẢN PHẨM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ DẠNG KẾT QUẢ I

TT	Tên sản phẩm	Số lượng	Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật	Ghi chú
1	Số lượng Ong ký sinh phóng thích ra vườn	01	Nguồn ong ký sinh 6.000 con	Đã hoàn thành
2	Số lượng thiên địch ăn môi phóng thích ra vườn	01	Nguồn thiên địch ăn môi 2.000 con	Đã hoàn thành
3	Tài liệu, tờ rơi về phòng trừ sâu đầu đen hại dừa	01	Bộ	Đã hoàn thành

b) DANH MỤC SẢN PHẨM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ DẠNG KẾT QUẢ II

TT	Tên sản phẩm	Số lượng	Chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật	Ghi chú
1	Báo cáo thành phần, diễn biến, mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
2	Báo cáo thành phần, định danh thiên địch của sâu đầu đen hại dừa	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
3	Báo cáo đặc điểm sinh học của sâu đầu đen hại dừa	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
4	Báo cáo đặc điểm sinh học của loài thiên địch ký sinh tiềm năng	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
5	Báo cáo đặc điểm sinh học của loài thiên địch ăn môi tiềm năng	01	Báo cáo	Đã hoàn thành

6	Báo cáo khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa của thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
7	Báo cáo hiệu quả của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa	01	Báo cáo	Đã hoàn thành
8	Xây dựng quy trình nhân nuôi và phóng thích ong ký sinh	01	Quy trình	Đã hoàn thành
9	Xây dựng quy trình nhân nuôi và phóng thích thiên địch ăn mồi	01	Quy trình	Đã hoàn thành
10	Hội thảo về quản lý sâu đầu đen hại dừa	01	buổi hội thảo	Đã hoàn thành
11	Lớp tập huấn cho nông dân	03	lớp tập huấn (50 người/ lớp)	Đã hoàn thành
12	Mô hình quản lý sâu hại tổng hợp tại Bến Tre	09	mô hình	Đã hoàn thành

c) DANH MỤC SẢN PHẨM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ DẠNG KẾT QUẢ III:

TT	Tên sản phẩm	Số lượng	Ghi chú
1	Bài báo khoa học	03	Đã đăng trên tạp trí Bảo vệ Thực vật 03 bài báo
2	Đào tạo sau đại học	02	Đã đào tạo được 02 Thạc sỹ

Chương 1

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến, mức độ gây hại và thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

1.1.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến và đánh giá mức độ gây hại đến sinh trưởng và năng suất của sâu đầu đen hại dừa trên các vườn dừa tại tỉnh Bến Tre.

Tiến hành điều tra trên 3 huyện đại diện của tỉnh Bến Tre bị sâu đầu đen hại dừa gây hại bao gồm huyện Bình Đại, huyện Châu Thành và huyện Mỏ Cày Nam. Mỗi huyện điều tra 3 xã, mỗi xã điều tra ngẫu nhiên 10 vườn, tại mỗi xã chọn ngẫu nhiên 2 vườn điều tra diễn biến (01 lần/tháng)

Chỉ tiêu ghi nhận:

- Tỷ lệ % số cây bị hại trên vườn: $= (\text{số lượng cây bị sâu đầu đen hại dừa gây hại} / 30) \times 100$
- Tỷ lệ tàu lá bị hại (%) $= (\text{số tàu lá bị hại} / \text{tổng số tàu lá điều tra}) \times 100$
- Chỉ số hại (%) $= [(N_1 \times 1) + (N_2 \times 2) + \dots (N_5 \times 5)] / (N \times 5) \times 100$
- Mật số sâu non sâu đầu đen hại dừa/cây (con/30 lá chết)
- Mật số nhộng sâu đầu đen hại dừa/cây (nhộng/30 lá chết)

1.1.2 Thu mẫu, định danh và đánh giá tần suất xuất hiện của các loài ong ký sinh và ăn mồi trên sâu đầu đen hại dừa tại tỉnh Bến Tre

Điều tra thành phần thiên địch được thực hiện kết hợp trong quá trình điều tra diễn biến và mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa. Mẫu các loài thiên địch và sâu hại được gửi định danh.

Chỉ tiêu theo dõi

- Thành phần loài thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (loài)
- Tần suất xuất hiện của từng loài (%) $= \text{Số lần bắt gặp từng loài} / \text{Tổng số lần điều tra}$
- Số lượng ong ký sinh (từng loài) sâu đầu đen hại dừa/cây (con/30 lá chết)
- Số lượng thiên địch ăn mồi (từng loài) sâu đầu đen hại dừa/cây (con/30 lá chết)

- Tỷ lệ ký sinh (%) = số lượng ong ký sinh thu được (từng loài)/số lượng các giai đoạn phát triển sâu đầu đen hại dừa thu thập được x 100

1.2 Xác định một số đặc điểm sinh học của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

làm cơ sở nghiên cứu biện pháp phòng trừ

1.2.1 Xác định vòng đời và khả năng đẻ trứng của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

Thực hiện thí nghiệm sinh học ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^\circ\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ. Hằng ngày tiến hành ghi nhận các chỉ tiêu.

Chỉ tiêu theo dõi

- Thời gian phát triển từng giai đoạn của ấu trùng (ngày)
- Kích thước của từng tuổi ấu trùng (mm)
- Tỷ lệ hóa nhộng (%)
- Tỷ lệ thành trùng vũ hóa (%)
- Tuổi thọ của thành trùng (ngày)
- Khả năng đẻ trứng của thành trùng cái (trứng/ngày)
- Tổng số trứng đẻ được (trứng)

1.2.2 Xác định phổ ký chủ gây hại của sâu đầu đen hại dừa *O. arenosella*

Thực hiện thí nghiệm sinh học ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^\circ\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ, với các nghiệm thức là các loại ký chủ khác để nhân nuôi sâu đầu đen. Hằng ngày tiến hành ghi nhận các chỉ tiêu.

Bảng 2. 1 Thành phần cây ký chủ trong thí nghiệm xác định phổ ký chủ gây hại

Nghiệm thức	Tên khoa học	Tên Việt Nam
1	<i>Anacardium occidentale</i>	Cây điều
2	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Cây mít
3	<i>Elaeis guineensis</i>	Cây cọ dầu
4	<i>Musa paradise</i>	Cây chuối
5	<i>Theobroma cacao</i>	Cây ca cao
6	<i>Normanbya merrillii</i>	Cây cau trắng
7	<i>Oryza sativa</i>	Cây lúa
Đ/C	<i>Cocos nucifera</i>	Cây dừa

Chỉ tiêu theo dõi

- Thời gian sống của ấu trùng cho đến khi chết hoặc hóa nhộng (ngày)
- Thời gian phát triển từ giai đoạn ấu trùng cho đến giai đoạn nhộng (ngày)
- Tỷ lệ hóa nhộng (%) = (Tổng số nhộng / Tổng số ấu trùng được quan sát) x 100
- Tỷ lệ vũ hóa (%) = (Tổng số trưởng thành vũ hóa / Tổng số nhộng được quan sát) x 100

1.3 Xác định một số đặc điểm sinh học của các loài thiên địch tiềm năng

1.3.1 Xác định một số đặc điểm sinh học của ong *Brachymeria euploae* và *Brachymeria kamijoi* ký sinh nhộng sâu đầu đen hại dừa

Thí nghiệm xác định một số đặc điểm sinh học

Thực hiện thí nghiệm sinh học ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ. Hằng ngày theo dõi, ghi nhận các chỉ tiêu.

Chỉ tiêu theo dõi:

- Thời gian phát triển các pha cơ thể (ngày)
- Vòng đời của ong ký sinh (ngày)
- Thời gian đẻ trứng (ngày)
- Số lượng trứng đẻ được/thành trùng cái (trứng)
- Tuổi thọ ong (ngày)

1.3.2 Xác định một số đặc điểm sinh học bọ đuôi kìm (*Chelisoches* sp.)

Phương pháp thực hiện:

Thực hiện thí nghiệm sinh học ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ. Hằng ngày theo dõi và ghi nhận các chỉ tiêu.

Chỉ tiêu theo dõi:

- Thời gian phát triển các pha của thiên địch ăn mồi bọ đuôi kìm (ngày)
- Kích thước các pha phát triển của thiên địch ăn mồi bọ đuôi kìm (mm)
- Khả năng đẻ trứng của thành trùng cái / ngày (trứng)
- Thời gian đẻ trứng (ngày)
- Tuổi thọ của thành trùng (ngày)

1.4 Đánh giá khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) của các loài thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm

1.4.1 Xác định phản ứng chức năng của loài ong *B. euploae*

Phương pháp thực hiện:

Thực hiện thí nghiệm sinh học ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ với 05 nghiệm thức. Hằng ngày theo dõi ghi nhận các chỉ tiêu.

Các nghiệm thức trong thí nghiệm:

- Nghiệm thức 1: 1 cặp ong ký sinh nhộng *B. euploae*/2 nhộng sâu đầu đen
- Nghiệm thức 2: 1 cặp ong ký sinh nhộng *B. euploae*/4 nhộng sâu đầu đen
- Nghiệm thức 3: 1 cặp ong ký sinh nhộng *B. euploae*/6 nhộng sâu đầu đen
- Nghiệm thức 4: 1 cặp ong ký sinh nhộng *B. euploae*/8 nhộng sâu đầu đen
- Nghiệm thức 5: 1 cặp ong ký sinh nhộng *B. euploae*/10 nhộng sâu đầu đen

Chỉ tiêu theo dõi:

- Số nhộng sâu đầu đen hại dừa bị ký sinh/ngày (nhộng)
- Tổng số nhộng sâu đầu đen hại dừa bị ký sinh (nhộng)

1.4.2 Xác định phản ứng chức năng của bộ đuôi kìm (*Chelisoches* sp.)

Phương pháp thực hiện:

Thực hiện thí nghiệm sinh học đối với bộ đuôi kìm tuổi 4 và thành trùng ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ với 05 nghiệm thức. Hằng ngày theo dõi và ghi nhận các chỉ tiêu.

Các nghiệm thức trong thí nghiệm:

- Nghiệm thức 1: 1 ấu trùng bộ đuôi kìm tuổi 4/2 ấu trùng/hộp lá
- Nghiệm thức 2: 1 ấu trùng bộ đuôi kìm tuổi 4/4 ấu trùng/hộp lá
- Nghiệm thức 3: 1 ấu trùng bộ đuôi kìm tuổi 4/6 ấu trùng/hộp lá
- Nghiệm thức 4: 1 ấu trùng bộ đuôi kìm tuổi 4/8 ấu trùng/hộp lá
- Nghiệm thức 5: 1 ấu trùng bộ đuôi kìm tuổi 4/10 ấu trùng/hộp lá

Chỉ tiêu theo dõi:

- Số ấu trùng sâu đầu đen hại dừa bị ăn/ngày (con)
- Tổng số ấu trùng sâu đầu đen hại dừa bị ăn (con)

1.5 Đánh giá hiệu quả của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

1.5.1 Đánh giá hiệu lực của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong điều kiện phòng thí nghiệm

Phương pháp thực hiện:

Thực hiện thí nghiệm đánh giá hiệu lực một số loại thuốc bảo vệ thực vật đối với ấu trùng sâu đầu đen ở điều kiện nhiệt độ là $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$, thời gian chiếu sáng 12 giờ với 05 nghiệm thức. Hằng ngày theo dõi và ghi nhận các chỉ tiêu.

Các nghiệm thức trong thí nghiệm:

Nghiem thức 1: *B. thuringiensis* (1,25 g/L)

Nghiem thức 2: *B. thuringiensis* (2,5 g/L)

Nghiem thức 3: Dinotefuran (0,325 g/L)

Nghiem thức 4: Dinotefuran (0,65 g/L)

Nghiem thức 5: Flubendiamide (0,4 g/L)

Nghiem thức 6: Flubendiamide (0,8 g/L)

Nghiem thức 7: Emamectin benzoate (0,25 g/L)

Nghiem thức 8: Emamectin benzoate (0,5 g/L)

Nghiem thức 9: Nước, nhúng nước lã

Chỉ tiêu theo dõi

- Tỷ lệ sống của ấu trùng (%)
- Thời gian chết của ấu trùng sau khi tiếp xúc (ngày)
- Hiệu lực phòng trừ (%) = $[1 - (Ta \times Cb / Tb \times Ca)] \times 100$

Trong đó:

Ta: Mật độ ấu trùng sống ở công thức xử lý sau phun

Tb: Mật độ ấu trùng lá sống ở công thức xử lý trước phun

Ca: Mật độ ấu trùng lá sống ở công thức đối chứng sau phun

Cb: Mật độ ấu trùng lá sống ở công thức đối chứng trước phun

1.5.2 Đánh giá hiệu quả các thuốc bảo vệ thực vật tiềm năng trong điều kiện ngoài đồng

Thực hiện thí nghiệm ở điều kiện ruộng đồng, đánh giá hiệu quả kiểm soát sâu đầu đen của một số loại thuốc bảo vệ thực vật.

Các nghiệm thức thí nghiệm:

Nghiem thức 1: *Bacilluss thuringiensis* (2,5 g/L)

Nghiem thức 2: Dinotefuran (0,65 g/L)

Nghiem thức 3: Flubendiamide (0,8 g/L)

Nghiem thức 4: Emamectin benzoate (0,5g a.i/L)

Nghiệm thức 5: Đối chứng

Chỉ tiêu theo dõi tương tự mục 1.5.1

1.6 Xây dựng mô hình kiểm soát sâu đầu đen hại dừa bằng thiên địch

Sau quá trình nghiên cứu, áp dụng kết quả các nội dung 1.2.1, nội dung 1.3, 1.4 tiến hành phóng thích các loài thiên địch tại 09 mô hình và đánh giá hiệu quả sau phóng thích.

1.7 Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu từ nghiên cứu được tổng hợp bằng phần mềm Microsoft excel 2019 và được xử lý thống kê bằng phần mềm SAS 9.1.

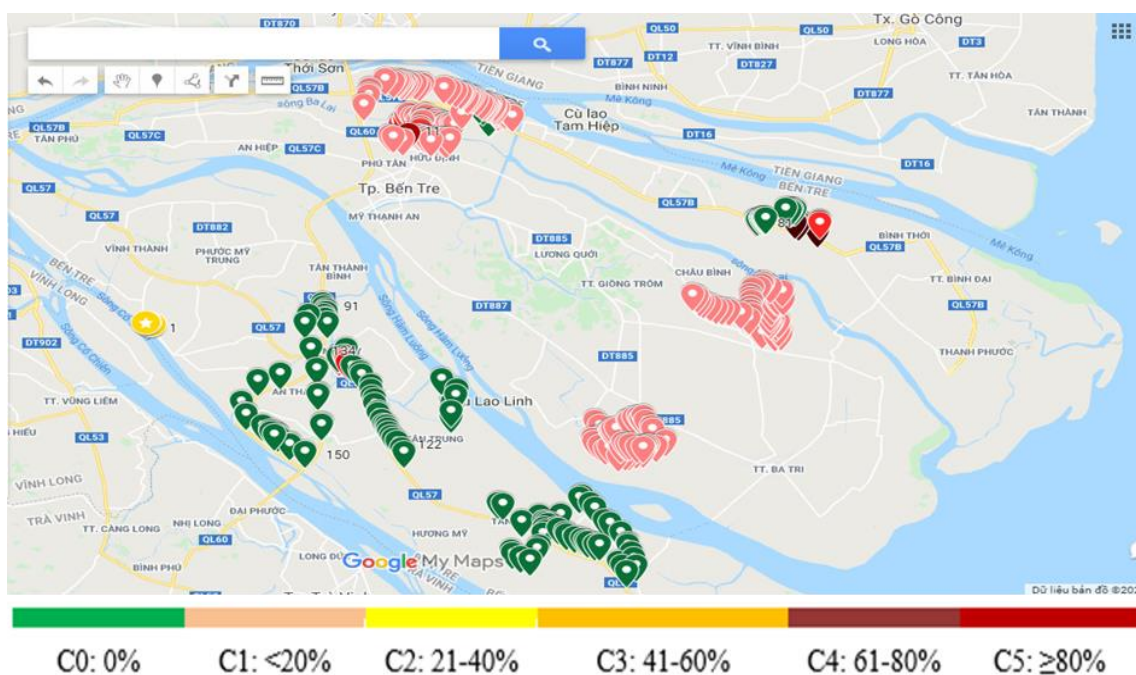
Chương 2

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

2.1 Điều tra thành phần, theo dõi diễn biến, mức độ gây hại và thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (*Opisina arenosella*)

2.1.1 Thành phần, diễn biến và mức độ gây hại của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) tại tỉnh Bến Tre

Hiện trạng về diễn biến gây hại của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) tại tỉnh Bến Tre tháng 06/2021, dựa trên kết quả điều tra tại huyện Bình Đại, Châu Thành và Mỏ Cày Nam, cho thấy sâu đầu đen hại dừa đang gây hại với diễn biến phức tạp và lây lan rộng tại nhiều khu vực (hình 2.1).



Hình 2.1 Bản đồ hiện trạng gây hại của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) tại Bến Tre đến tháng 06/2021

Nhìn chung tại Bến Tre tình hình gây hại của sâu đầu đen hại dừa ở mức khá nghiêm trọng, có xu hướng lây lan và phát tán mạnh ở nhiều khu vực, việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật gặp phải nhiều khó khăn do đặc tính cây dừa có thân cao và sâu đầu đen hại dừa là loài dịch hại ngoại lai mới, nông dân chưa nắm vững các biện pháp phát hiện và phòng trừ kịp thời.

2.1.2 Thu mẫu, định danh và đánh giá tần suất xuất hiện của các loài ong ký sinh và ăn mồi trên sâu đầu đen hại dừa tại tỉnh Bến Tre

Bảng 2.1 Thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) tại Bến Tre

Tên khoa học	Bộ: Họ	Giai đoạn kí sinh/ăn mồi	Tần suất xuất hiện
Ong kí sinh			
<i>Bracon hebetor</i>	Hymenoptera: Braconidae	Ấu trùng	+
<i>Bracon</i> sp.	Hymenoptera: Braconidae	Ấu trùng	-
<i>Antrocephalus</i> sp.	Hymenoptera: Chalcididae	Nhộng	-
<i>Brachymeria euploae</i>	Hymenoptera: Chalcididae	Nhộng	++
<i>Brachymeria kamijoi</i>	Hymenoptera: Chalcididae	Nhộng	++
<i>Xanthopimpla punctata</i>	Hymenoptera: Ichneumonidae	Nhộng	+
<i>Xanthopimpla nana</i>	Hymenoptera: Ichneumonidae	Nhộng	-
<i>Trichospilus pupivorus</i>	Hymenoptera: Eulophidae	Nhộng	+
Thiên địch ăn mồi			
<i>Chelisoches</i> sp.	Dermaptera: Chelisochidae	Ấu trùng và nhộng	++
<i>Oecophylla smaragdina</i>	Hymenoptera: Formicidae	Ấu trùng và nhộng	-

–: tần suất xuất hiện dưới 5%; +: tần suất xuất hiện 5 - 25%; ++: tần suất xuất hiện > 25 - 50%; +++: tần suất xuất hiện >50 - 75%; ++++: tần suất xuất hiện > 75%.

Trên các vườn dừa tại Bến Tre, phổ biến nhất là loài ong ký sinh nhộng *Brachymeria euploae*, *B. kamijoi*, kế đến là ong *Xanthopimpla punctata*, *Trichospilus pupivorus*; ong ký sinh ấu trùng sâu đầu đen *Bracon hebetor* và loài bọ đuôi kìm *Chelisoches* sp. Số loài ong ký sinh này thấp hơn so với ghi nhận của Chomphukhiao và ctv (2018) [12] về thành phần thiên địch của sâu đầu đen hại dừa tại Thái Lan. Trong số đó, loài ong ký sinh *Brachymeria euploae*, *B. kamijoi*, *T. pupivorus*, *B. hebetor* và loài bọ đuôi kìm *Chelisoches* sp. là những tác nhân quan trọng trong việc kìm hãm sự gia tăng quần thể sâu đầu đen hại dừa với khả năng nhân nuôi số lượng lớn trên các loài ký chủ phụ trong phòng thí nghiệm nên có nhiều tiềm năng cho việc kiểm soát quần thể sâu bùng phát với số lượng lớn trên cây dừa.

2.2 Một số đặc điểm sinh học sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

2.2.1 Vòng đời và khả năng đẻ trứng của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

Tổng thời gian phát triển của toàn pha sâu non biến động từ 27 – 35 ngày, trung bình là $31,02 \pm 2,10$ ngày. Thời gian phát triển của pha nhộng *O. arenosella* biến động từ 8 – 10 ngày, trung bình là $8,34 \pm 0,55$ ngày. Thời gian tiền đẻ trứng của thành trùng cái biến động từ 1 – 2 ngày, trung bình là $1,21 \pm 0,40$ ngày. Trong điều kiện thí nghiệm ở nhiệt độ $28 \pm 2^\circ\text{C}$, vòng đời sâu *O. arenosella* biến động từ 43 – 52 ngày, trung bình là $47,7 \pm 2,61$ ngày.

Bảng 2.2 Thời gian phát triển các pha trong vòng đời sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

Các pha phát triển	Thời gian phát triển (ngày)	
	TB $\pm$ SD	Biến động
Trứng	$7,04 \pm 0,37$	6 – 8
Ấu trùng tuổi 1	$4,73 \pm 1,05$	4 – 7
Ấu trùng tuổi 2	$6,58 \pm 0,64$	5 – 8
Ấu trùng tuổi 3	$5,63 \pm 0,86$	4 – 8
Ấu trùng tuổi 4	$4,88 \pm 0,52$	4 – 6
Ấu trùng tuổi 5	$4,34 \pm 0,65$	4 – 6
Ấu trùng tuổi 6	$4,71 \pm 0,55$	3 – 7
Nhộng	$8,34 \pm 0,55$	8 – 10
Tiền đẻ trứng	$1,21 \pm 0,40$	1 – 2
Vòng đời	$47,7 \pm 2,61$	43 – 52

TB: Trung bình; SD: Độ biến động .

Bảng 2.3 cho thấy thành trùng cái sau khi vũ hóa và bắt đầu đẻ trứng sau $1,2 \pm 0,40$ ngày, thời gian đẻ trứng khá ngắn, chỉ $1,30 \pm 0,43$ ngày, số lượng trứng một thành trùng cái đẻ được trung bình một ngày là $143,70 \pm 72,26$ trứng/ngày, tổng số trứng thành trùng cái đẻ trung bình là $161,30 \pm 81,92$ trứng Tuổi thọ trung bình thành trùng cái là $4,65 \pm 1,18$ ngày và thành trùng đực là $3,60 \pm 0,70$ ngày.

Bảng 2.3 Khả năng đẻ trứng và tuổi thọ và của thành trùng sâu đầu đen (*O. arenosella*) hại dừa tại Bến Tre

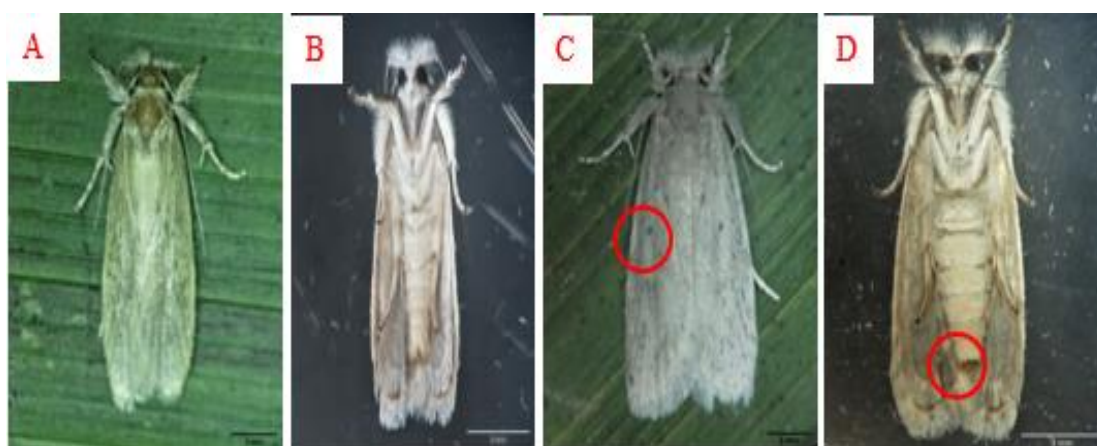
Chỉ tiêu theo dõi	Biến động	TB $\pm$ SD
Thời gian đẻ trứng (ngày)	1 – 2	1,30 $\pm$ 0,43
Thời gian sau đẻ trứng (ngày)	1 - 2	1,14 $\pm$ 0,54
Số trứng đẻ (trứng/ngày)	35 – 317	143,70 $\pm$ 72,26
Tổng số trứng đẻ (trứng)	35 – 318	161,30 $\pm$ 81,92
Tuổi thọ thành trùng cái (ngày)	3–7	4,70 $\pm$ 1,18
Tuổi thọ thành trùng đực (ngày)	3–5	3,60 $\pm$ 0,70

TB: Trung bình; SD: Độ biến động .



Hình 2.2 Giai đoạn ấu trùng sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

A-F: Tuổi 1-6



Hình 2.3 Thành trùng sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

A, B: Thành trùng đực;

C, D: Thành trùng cái

2.2.2 Phổ ký chủ gây hại của sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

Kết quả thí nghiệm sâu đầu đen hại dừa trên 8 loại ký chủ khác nhau bao gồm Cây mít (*Artocarpus heterophyllus*), cây cọ dầu (*Elaeis guineensis*), cây chuối (*Musa paradise*), cây dừa (*Cocos nucifera*), cây cau trắng (*Normanbya merrillii*) cây lúa (*Oryza sativa*), cây ca cao (*Theobroma cacao*) và cây điều (*Anacardium occidentale*) cho thấy sâu đầu đen hại dừa chỉ có khả năng hoàn thành vòng đời trên cây mít, cây cọ dầu, cây chuối, cây cau trắng và cây dừa và với vòng đời lần lượt là $41,0 \pm 4,5$; $41,6 \pm 2,5$; $40,9 \pm 4,2$; $46,0 \pm 0,8$ và $47,1 \pm 2,5$ ngày

2.3 Một số đặc điểm sinh học của các loài thiên địch sâu đầu đen hại dừa tại Bến Tre

2.3.1 Một số đặc điểm sinh học ong ký sinh nhộng *Brachymeria euploae*

Ong *B. euploae* ký sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa trải qua 4 giai đoạn phát triển. giai đoạn trứng trung bình $1,50 \pm 0,49$ ngày biến động trong mức 1 – 2 ngày, giai đoạn ấu trùng, nhộng lần lượt là $4,75 \pm 0,4$, biến động từ 4 – 5 ngày và $3,75 \pm 0,49$ ngày biến động trong khoảng 3 – 4 ngày. Tổng thời gian hoàn thành vòng đời trung bình 10,6 ngày, biến động từ 9 – 12 ngày.

Bảng 2.4 Thời gian phát triển các pha trong vòng đời ong ký sinh nhộng *B. euploae*

Các pha phát triển	Thời gian phát triển (ngày)	
	TB $\pm$ SD	Biến động
Trứng	$1,50 \pm 0,49$	1 – 2
Ấu trùng	$4,75 \pm 0,40$	4 – 5
Nhộng	$3,75 \pm 0,40$	3 – 4
Tiền đẻ trứng	$1,20 \pm 0,40$	1 - 2
Vòng đời	$10,60 \pm 1,20$	9 – 12

TB: trung bình; SD: độ lệch chuẩn; số mẫu theo dõi $n=5$; nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ẩm độ $75 \pm 5\%$.

Qua Bảng 2.4 cho thấy, ong ký sinh *B. euploae* đẻ trứng trong khoảng thời gian từ 4 – 6 tuần, trung bình là $5,00 \pm 0,63$ tuần, số trứng ong cái đẻ biến động từ 70 – 111 trứng, trung bình là $82,90 \pm 14,60$ trứng, trung bình mỗi ngày ong cái đẻ 2 trứng.

Bảng 2.5 Khả năng đẻ trứng và tuổi thọ của ong *B. euploae*

Chỉ tiêu theo dõi	TB $\pm$ SD	Biến động
Số trứng đẻ/ngày (trứng)	$2,00 \pm 1,02$	0,1 - 3,5
Thời gian đẻ trứng (tuần)	$5,00 \pm 0,63$	4 – 6
Tổng số trứng đẻ (trứng)	$82,90 \pm 14,60$	70 – 111
Tuổi thọ ong đực	$9,3 \pm 1,56$	7 – 12
Tuổi thọ ong cái	$31,9 \pm 5,72$	23 – 43

TB: trung bình; SD: độ lệch chuẩn; Số mẫu theo dõi $n=5$; nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $75 \pm 5\%$

Tuổi thọ trung bình của ong *B. euploae* trên ký chủ là sâu đầu đen hại dừa trung bình là $9,3 \pm 1,56$ ngày đối với ong đực, biến động từ 7 – 12 ngày. Tuổi thọ ong cái kéo dài đến $31,9 \pm 5,72$ biến động từ 23 – 43 ngày (Bảng 2.5)

2.3.2 Một số đặc điểm ong ký sinh nhộng *B. kamijoi*

Bảng 2.6 Thời gian phát triển các pha phát triển trong vòng đời ong ký sinh *B. kamijoi*

Các pha phát triển	Thời gian phát triển (ngày)	
	TB $\pm$ SD	Biến động
Trứng	$1,40 \pm 0,55$	1 – 2
Ấu trùng	$8,80 \pm 0,45$	8 – 9
Nhộng	$3,60 \pm 0,55$	3 – 4
Tiền đẻ trứng	$2,20 \pm 0,84$	1 - 3
Vòng đời	$13,80 \pm 0,45$	13 – 14

TB: trung bình; SD: độ lệch chuẩn; số mẫu theo dõi $n=5$; nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ẩm độ $75 \pm 5\%$.

Từ kết quả Bảng 2.6 cho thấy vòng đời của ong *B. kamijoi* ký sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa có thời gian hoàn thành vòng đời dao động từ 13 đến 14 ngày, trung bình $13,8 \pm 0,45$ ngày. Trong đó, thời gian phát triển của giai đoạn trứng biến động từ 1 đến 2 ngày, trung bình giai đoạn trứng khoảng $1,4 \pm 0,55$ ngày. Thời gian phát triển giai đoạn sâu non dao động vào khoảng 8 ngày đến 9 ngày và trung bình $8,8 \pm 0,45$ ngày.

Thời gian phát triển giai đoạn nhộng biến động 3 – 4 ngày và trung bình $3,6 \pm 0,55$ ngày, sau vũ hóa 2 ngày ong cái tập trung vào quá trình đẻ trứng.

Qua Bảng 2.7 cho thấy khả năng đẻ trứng của ong *B. kamijoi* cái lên nhộng *O. arenosella* biến động từ 76 trứng đến 133 trứng trong khoảng thời gian ong ký sinh dao động từ 23 ngày đến 32 ngày. Đa phần ong *B. kamijoi* sẽ ký sinh liên tục từ khi bắt đầu ký sinh đến khi ong chết. Trung bình mỗi thành trùng cái có thể ký sinh lên đến 98 trứng lên 98 nhộng sâu đầu đen hại dừa, mỗi ngày đẻ trung bình 3,68 trứng và ký sinh liên tục trong 26,6 ngày.

Bảng 2.7 Khả năng đẻ trứng và tuổi thọ của ong *B. kamijoi*

Chỉ tiêu theo dõi	TB $\pm$ SD	Biến động
Số trứng đẻ/ngày (trứng)	$3,68 \pm 0,50$	3 - 4
Thời gian đẻ trứng (ngày)	$26,6 \pm 3,34$	23 – 32
Tổng số trứng đẻ (trứng)	$98,1 \pm 20,27$	76 – 133
Tuổi thọ ong đực	$21,5 \pm 2,32$	17 – 25
Tuổi thọ ong cái	$30,7 \pm 3,16$	26 - 35

TB: trung bình; SD: độ lệch chuẩn; số mẫu theo dõi $n=5$; nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ẩm độ $75 \pm 5\%$.

Tuổi thọ thành trùng cái dao động từ 26 đến 35 ngày và trung bình mỗi con cái sống khoảng 30,7 ngày. Còn ngắn hơn đối với ong đực chỉ sống được từ 17 đến 25 ngày, trung bình thì mỗi ong đực có tuổi thọ là 21,5 ngày (Bảng 2.7).

2.3.3 Một số đặc điểm sinh học bộ đuôi kìm (*Chelisothes* sp.)

Bảng 2.8 cho thấy thời gian phát triển pha trứng bộ đuôi kìm biến động từ 6 – 7 ngày, pha ấu trùng kéo dài từ 42 – 55 ngày. Thời gian thành trùng cái tiền đẻ trứng biến động từ 17 – 21 ngày, trung bình là $18,64 \pm 0,75$ ngày. Vòng đời bộ đuôi kìm không dài biến động từ 68 – 79 ngày, trung bình là $74,86 \pm 3,16$ ngày ở nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Bước đầu nghiên cứu cho thấy tuổi thọ của bộ đuôi kìm (*Chelisothes* sp.) cái biến động từ 92 – 120 ngày, trung bình là $104,7 \pm 10,08$ ngày. Bảng 2.9 cho thấy thời gian đẻ trứng của bộ đuôi kìm biến động từ 56 – 84 ngày, trung bình là $64,9 \pm 12,35$ ngày. Thời gian tiền đẻ trứng của bộ đuôi kìm biến động từ 17 – 20 ngày, trung bình là

18,4 ± 0,84 ngày. Thời gian hậu đẻ trứng của bọ đuôi kìm biến động từ 10 – 41 ngày, trung bình là 21,4 ± 8,54 ngày. Tổng số trứng đẻ được của bọ đuôi kìm cái trong cả chu trình sống biến động từ 316 – 413 trứng, trung bình là 358,3 ± 32,54 trứng.

Bảng 2.8 Thời gian phát triển các pha và vòng đời của bọ đuôi kìm *Chelisoches* sp.

Pha phát triển	Thời gian phát triển các pha cơ thể (ngày)	
	TB ± SD	Biến động
Trứng	6,87 ± 0,34	6 – 7
Ấu trùng tuổi 1	11,90 ± 1,40	10 – 14
Ấu trùng tuổi 2	10,97 ± 1,56	9 – 14
Ấu trùng tuổi 3	12,83 ± 1,67	10 – 15
Ấu trùng tuổi 4	13,77 ± 1,71	11 – 16
Tổng pha ấu trùng	49,50 ± 3,39	42 - 55
Thành trùng cái tiền đẻ trứng	18,64 ± 0,75	17 – 21
Vòng đời	74,86 ± 3,16	68 – 79

TB: trung bình. SD: độ lệch chuẩn; số mẫu theo dõi n=5; nhiệt độ 28 ± 2°C ẩm độ 75 ± 5 %.

Bảng 2.9 Khả năng đẻ trứng, thời gian đẻ trứng và tuổi thọ của bọ đuôi kìm

Chỉ tiêu theo dõi	TB ± SD	Biến động
Thời gian tiền đẻ trứng (ngày)	18,40 ± 0,84	17 - 20
Thời gian hậu đẻ trứng (ngày)	21,40 ± 8,54	10 - 41
Số trứng đẻ trong 1 ngày (trứng/thành trùng cái /ngày)	5,60 ± 0,66	4,7 – 6,6
Thời gian đẻ trứng của thành trùng cái (ngày)	64,90 ± 12,35	56 – 84
Tổng số trứng thành trùng cái đẻ (trứng/thành trùng cái)	358,30 ± 30,87	316 – 413
Tuổi thọ của thành trùng cái (ngày)	104,70 ± 10,08	92 - 120

TB: trung bình; SD: độ lệch chuẩn; số mẫu theo dõi n=5; nhiệt độ 28 ± 2°C ẩm độ 75 ± 5 %.

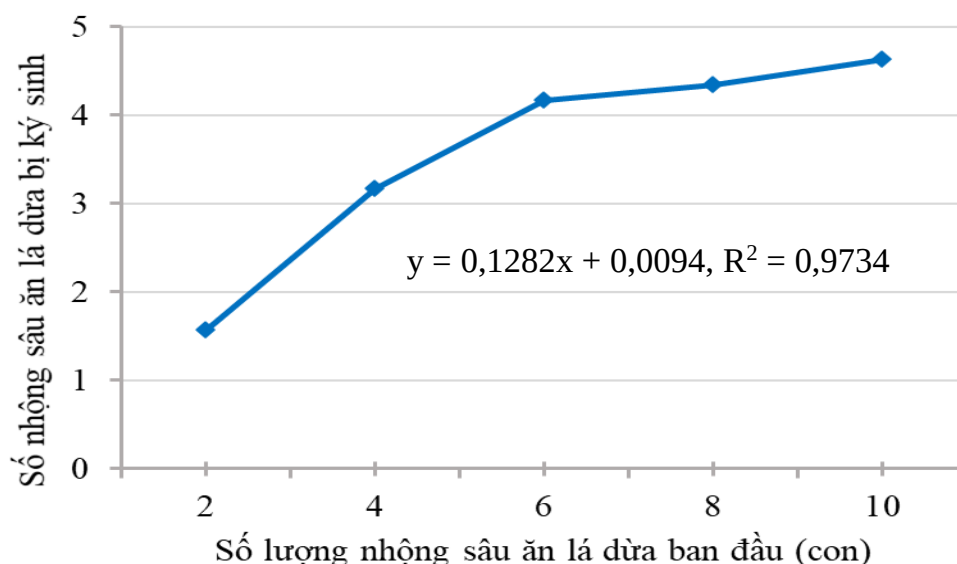
2.4 Đánh giá khả năng kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*) của các loài thiên địch tiềm năng trong điều kiện phòng thí nghiệm

2.4.1 Phản ứng chức năng của ong *B. euploae* ký sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa

Bảng 2.3 Ảnh hưởng của mật số nhộng sâu đầu đen đến khả năng ký của ong *B. euploae*

Số lượng nhộng sâu đầu đen hại dừa (nhộng)	Số nhộng sâu đầu đen hại dừa bị ký sinh trên ngày (nhộng)	Tổng số nhộng sâu đầu đen hại dừa bị ký sinh (nhộng)/nghiệm thức
2	1,57 ± 0,61 c	55
4	3,17 ± 0,82 b	111
6	4,17 ± 1,07 a	146
8	4,34 ± 1,08 a	152
10	4,63 ± 1,19 a	162
CV (%)	12,86	
F _{tính}	62,89**	

Trong cùng một nhóm, giá trị có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$. ** khác biệt rất có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. Số liệu được chuyển đổi theo công thức căn bậc hai $(X + 0,5)^{0,5}$ trước khi xử lý thống kê.



Hình 2.4 Mô hình phản ứng chức năng của ong *B. euploae* ký sinh trên nhộng sâu ăn lá dừa

Từ Bảng 2.10 và hình 2.4 cho thấy khả năng ký sinh của ong ký sinh *B. euploae* tăng dần theo mật độ nhộng của sâu đầu đen hại dừa. Số lượng nhộng sâu đầu đen hại

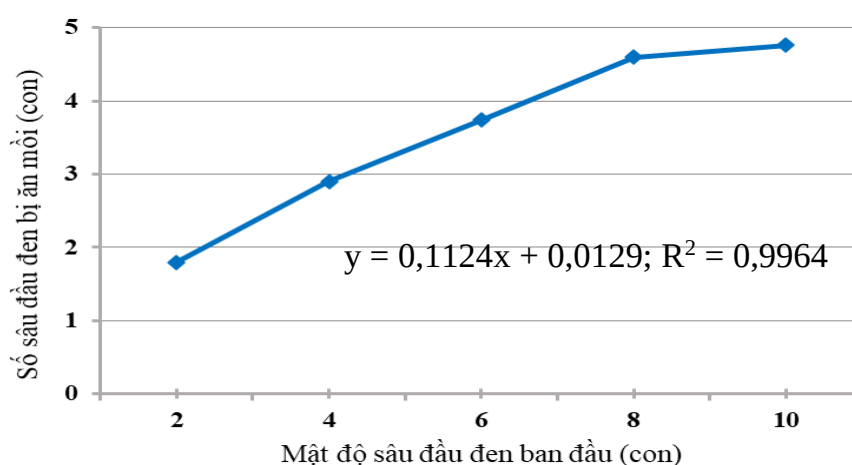
dừa bị ký sinh thấp nhất ở các nghiệm thức có mật độ nhộng sâu đầu đen hại dừa ban đầu là 2 nhộng, số lượng bị ký sinh là $1,57 \pm 0,61$ và tăng lên ở mật độ nhộng sâu đầu đen hại dừa ban đầu là 4 với số lượng nhộng sâu đầu đen hại dừa bị ký sinh là $3,17 \pm 0,82$, Từ kết quả cho thấy, một cặp ong *B. euploae* có khả năng ký sinh hơn 4 nhộng sâu đầu đen hại dừa trên ngày. Kết quả phù hợp với mô hình về phản ứng chức năng dạng 3 của Holling (1959)

2.4.2 Phản ứng chức năng của bộ đuôi kìm (*Chelisoches* sp.) trên ấu trùng sâu đầu đen hại dừa

Bảng 2.11 Ảnh hưởng của mật số ấu trùng sâu đầu đen đến khả năng ăn mỗi của thành trùng bộ đuôi kìm

Mật độ sâu đầu đen hại dừa (con)	Số sâu đầu đen hại dừa bị ăn mỗi trên ngày (con)	Tổng số sâu đầu đen hại dừa bị ăn mỗi (con)
2	$1,80 \pm 0,45$ d	90
4	$2,90 \pm 0,84$ c	145
6	$3,74 \pm 1,50$ b	187
8	$4,60 \pm 1,70$ a	230
10	$4,76 \pm 1,55$ a	238
CV (%)	16,06	
F tính	49,25**	

Trong cùng một nhóm, giá trị có cùng kí tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$. ** khác biệt rất có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. Số liệu được chuyển đổi theo công thức căn bậc hai $(X + 0,5)/0,5$ trước khi xử lý thống kê



Hình 2.5 Mô hình phản ứng chức năng của thành trùng *C. variegatus* trên ấu trùng sâu đầu đen

Đồ thị biểu diễn khả năng ăn mồi của thành trùng cái bọ đuôi kìm (hình 2.5), cho thấy khả năng ăn mồi tương tự với ấu trùng tuổi 4, tăng theo mật độ sâu. Kết quả này cũng phù hợp với mô hình về phản ứng chức năng dạng 3 của Holling (1959).

2.5 Hiệu quả của một số loại thuốc bảo vệ thực vật trong kiểm soát sâu đầu đen hại dừa (*O. arenosella*)

2.5.1 Hiệu lực trừ sâu đầu đen hại dừa trong phòng điều kiện phòng thí nghiệm

Số liệu Bảng 3.23 cho thấy, các nghiệm thức sử dụng hoạt chất Flubendiamide (0,8 g/L) và Emeactin benzoate (0,5 g/L) cho hiệu quả kiểm soát trên 80% từ thời điểm 48 giờ sau khi cho sâu tiếp xúc với lá dừa nhúng thuốc.

Bảng 2.12 Hiệu lực (%) kiểm soát sâu đầu đen hại dừa tuổi 2 và 3

Nghiệm thức	Thời điểm sau xử lý thuốc			
	12 giờ	24 giờ	48 giờ	72 giờ
<i>B. thuringiensis</i> (1,25 g/L)	2 d	12de	18d	24e
<i>B. thuringiensis</i> (2,5 g/L)	2d	20d	26cd	32de
Dinotefuran (0,325 g/L)	8d	20d	36c	52cd
Dinotefuran (0,65 g/L)	10d	32cd	40c	56c
Flubendiamide (0,4 g/L)	18cd	54bc	76b	94ab
Flubendiamide (0,8 g/L)	34bc	64ab	84b	98a
Emeactin benzoate (0,25 g/L)	60ab	68ab	78b	84b
Emeactin benzoate (0,5 g/L)	74a	82a	94a	100a
Đối chứng	0d	0e	0e	0f
CV (%)	34,15	21,72	14,77	13,03
F _{tính}	22,64**	28,14**	58,46**	77,59**

Trong cùng một nhóm, các giá trị có cùng ký tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. ** khác biệt rất có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. Số liệu được chuyển đổi theo công thức $\arcsin(x)^{1/2}$ trước khi xử lý thống kê.

Đối với sâu đầu đen tuổi 5, 6 các nghiệm thức sử dụng hoạt chất Flubendiamide (0,8 g/L) và Eamectin benzoate (0,5 g/L) cũng cho hiệu quả kiểm soát trên 80% từ thời điểm 48 giờ sau khi cho sâu tiếp xúc với lá dừa nhúng thuốc.

Bảng 2.13 Hiệu lực (%) phòng trừ sâu đầu đen hại dừa tuổi 5 và 6

Nghiệm thức	Thời điểm sau xử lý thuốc			
	12 giờ	24 giờ	48 giờ	72 giờ
<i>B. thuringiensis</i> (1,25 g/L)	0e	0d	12de	26c
<i>B. thuringiensis</i> (2,5 g/L)	0e	4d	16d	16c
Dinotefuran (0,325 g/L)	10ed	12cd	20d	26c
Dinotefuran (0,65 g/L)	14cd	18c	26d	30c
Flubendiamide (0,4 g/L)	26bc	48b	72bc	92a
Flubendiamide (0,8 g/L)	34b	58b	86ab	96a
Eamectin benzoate (0,25 g/L)	40b	44b	56c	66b
Eamectin benzoate (0,5 g/L)	68a	84a	96a	98a
Đối chứng	0e	0d	0e	0d
CV (%)	20,63	18,50	18,24	14,29
F _{tính}	48,35**	64,97**	55,57**	88,11**

Trong cùng một nhóm, các giá trị có cùng ký tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. ** khác biệt rất có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,01$. Số liệu được chuyển đổi theo công thức $\arcsin(x)^{1/2}$ trước khi xử lý thống kê.

Nhìn chung ở điều kiện phòng thí nghiệm, hai loại thuốc chứa hoạt chất Flubendiamide hoặc Eamectin benzoate cho hiệu quả kiểm soát cao.

2.5.2 Hiệu lực phòng trừ sâu đầu đen hại dừa của một số loại thuốc bảo vệ thực vật ở điều kiện ngoài đồng.

Ở điều kiện ngoài đồng, hai hoạt chất Eamectin benzoate (0,5 g a.i/L) cho thấy hiệu quả cao trong kiểm soát sâu đầu đen. Trong trường hợp cần sử dụng thuốc trừ sâu để kiểm soát sâu đầu đen có thể sử dụng các loại thuốc chứa hoạt chất Eamectin benzoate.

Bảng 2.14 Hiệu lực (%) phòng trừ sâu đầu đen hại dừa điều kiện ngoài đồng

Nghiệm thức	Thời điểm sau xử lý			
	1NSP	3NSP	7NSP	14NSP
<i>Bacillus thuringiensis</i> (2,5 g/L)	16,34ab	23,79b	50,21b	59,21a
Dinotefuran (0,65 g/L)	21,99b	31,34ab	47,98b	52,60a
Flubendiamide (0,8 g/L)	20,91ab	23,31ab	65,34ab	57,12a
Emamectin benzoate (0,5 g/L)	56,75a	65,20a	83,80a	80,48a
CV (%)	53,64	42,89	30,10	37,65
F _{tính}	2,73*	2,92*	7,30*	4,03*

Trong cùng một nhóm, các giá trị có cùng ký tự đi kèm khác biệt không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$. * khác biệt có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$. Số liệu được chuyển đổi theo công thức $\arcsin(x^{1/2})$ trước khi xử lý thống kê.

2.6 Xây dựng mô hình kiểm soát sâu đầu đen hại dừa bằng thiên địch

**Hình 2.6** Phóng thích ong ký sinh tại xã Tân Phú Tây, huyện Mỏ Cày Bắc

Đề tài thực hiện thành công 09 mô hình phóng thích ong ký sinh/bọ đuôi kìm/ong ký sinh nhộng kết hợp với phóng thích bọ đuôi kìm. Tiêu biểu như mô hình thực hiện tại xã Tân Phú Tây, huyện Mỏ Cày Bắc từ tháng 12 năm 2021. Kết quả cho thấy cho thấy thời điểm sau phóng thích 3 và 4 tháng, hiệu quả kiểm soát cho thấy rõ rệt. Tỷ lệ tàu lá bị hại giảm xuống còn 18,0 – 19,3%, chỉ số hại giảm và biến động từ 9,4 – 10%. Mật số sâu ở tháng thứ 2 và tháng thứ 3 không có sự khác biệt, đến tháng thứ 4 đã giảm

xuống còn 4,8 con/30 lá chết. Mật số ong ký sinh không có sự khác biệt từ tháng thứ 2 đến tháng thứ 4, tuy nhiên tỷ lệ giữa số nhộng và số ong trên tàu lá đã tăng rõ rệt.

Bảng 2.15 Hiệu quả kiểm soát sâu đầu đen hại dừa tại xã Tân Phú Tây, huyện Mỏ Cày Bắc

Thời điểm theo dõi	Chỉ tiêu theo dõi				
	Tỷ lệ tàu lá bị hại (%)	Chỉ số hại (%)	Mật số sâu (con/30 lá chết)	Mật số nhộng (con/30 lá chết)	Mật số ong ký sinh (con/30 lá chết)
Trước phóng thích	36,8 ±17,0a	18,5±6,6a	17,0±4,1a	9,0±3,4a	0,2±0,4c
Tháng thứ 1	31,4±15,7ab	19,2±9,7a	17,2±2,6a	9,0±3,7a	5,2±1,9a
Tháng thứ 2	34,4±17,4ab	17,0±6,2a	8,0±2,3b	4,0±1,0b	1,4±0,5b
Tháng thứ 3	18,0 ±9,1b	9,4±5,4b	7,6±1,1b	3,6±1,3bc	1,6±0,5b
Tháng thứ 4	19,3±9,7ab	10,9±3,4ab	4,8±1,8c	2,2±0,4c	1,4±0,9b
Mức độ giảm so với trước phóng thích (%)	47,5	41,1	71,8	75,6	-
CV (%)	28,9	22,1	9,5	16,8	18,6
F _{tính}	2,0*	2,9*	25,9*	13,6*	21,0*

Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có cùng ký tự đi kèm khác nhau không có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$; CV: độ biến động; * khác biệt có ý nghĩa thống kê mức $\alpha = 0,05$; Số liệu tỷ lệ tàu lá bị hại, chỉ số hại được chuyển đổi theo $\arcsin(x)^{1/2}$, số liệu mật số nhộng, mật số sâu được chuyển đổi theo $\log(x+1)$, số liệu mật số ong ký sinh được chuyển đổi theo $(x+0,5)^{1/2}$ trước khi xử lý thống kê.



Hình 2.7 Hiện trạng vườn dừa tại mô hình thuộc xã Tân Phú Tây

Ngoài các mô hình, trong quá trình nghiên cứu và thực hiện đề tài, nhóm nghiên cứu chủ động nhân nuôi và phóng thích trên 7 triệu ong ký sinh sâu đầu đen bao gồm loài ong ký sinh nhộng và ong ký sinh ấu (bảng 2.16)

Bảng 2.16 Số lượng ong ký sinh sâu đầu đen đã phóng thích ngoài mô hình tại Bến Tre đến tháng 04 năm 2022

Địa điểm phóng thích	Số lượng (con)
Thành phố Bến Tre	2.310.700
Mỏ Càyl Bắc	2.652.000
Mỏ Càyl Nam	621.000
Thạnh Phú	105.000
Châu Thành	1.119.700
Giồng Trôm	425.000
Tổng cộng	7.233.400

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

1. Kết luận

Tình hình gây hại của sâu đầu đen hại dừa tại Bến Tre diễn ra phức tạp, tuy nhiên mức độ gây hại có xu hướng giảm. Huyện Châu Thành, mức độ hại của sâu đầu đen hại dừa thấp nhất dao động từ 22,28 – 27,34%, Bình Đại ghi nhận mức độ hại từ 32,66 – 42,67% và cao nhất là huyện Mỏ Cày Nam ở mức 33,40 – 55,51%. Thành phần thiên địch sâu đầu đen hại dừa phổ biến gồm hai loài ong kí sinh nhộng (*B. euploae*, *B. kamijoi*) và bọ đuôi kìm (*Chelisoches* sp.).

Thí nghiệm về một số đặc điểm sinh học của sâu đầu đen hại dừa (*Opisina arenosella* Walker), ở điều kiện nhiệt độ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ẩm độ $70 \pm 5\%$ trên ký chủ là cây dừa, cho thấy vòng đời của sâu đầu đen hại dừa từ 43 – 52 ngày. Pha trứng có thời gian phát triển kéo dài từ 6 - 8 ngày. Ấu trùng có 6 tuổi, thời gian trung bình của pha ấu trùng phát triển trong 27-35 ngày, pha nhộng kéo dài từ 8 – 10 ngày trước khi vũ hóa. Thành trùng tập trung đẻ trứng từ ngày thứ 2 sau khi vũ hóa, thành trùng cái đẻ từ 35 – 317 trứng. Tuổi thọ thành trùng cái kéo dài từ 3 – 7 ngày. Ngoài cây dừa (*Cocos nucifera*), sâu đầu đen hại dừa có khả năng hoàn thành vòng đời trên 4 loại cây trồng khác bao gồm cây mít (*Artocarpus heterophyllus*), cây cọ dầu (*Elaeis guineensis*), cây chuối (*Musa paradise*) và cây cau trắng (*Normanbya merrillii*)

Ong *Brachymeria euploae* có vòng đời từ 9 – 12 ngày khi trên ký sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa. Tuổi thọ ong cái từ 23 - 43 ngày, có thể đẻ từ 70 – 111 trứng. Ong cái tập trung kí sinh từ tuần thứ 1 đến tuần thứ 3 sau vũ hóa. Thí nghiệm phản ứng chức năng cho thấy 1 ong cái có khả năng kí sinh trung bình 4,17 nhộng sâu đầu đen hại dừa/ngày,

Thời gian đẻ ong *B. kamijoi* hoàn thành vòng đời khi kí sinh trên nhộng sâu đầu đen hại dừa dao động từ 13 -14 ngày. Tuổi thọ ong cái từ 26 - 35 ngày, ong cái tập trung đẻ từ ngày thứ 6 sau khi vũ hóa và có khả năng đẻ từ 76 – 133 trứng.

Vòng đời bọ đuôi kìm (*Chelisoches* sp.) dao động từ 68 -79 ngày, thành trùng cái có khả năng đẻ từ 316 – 413 trứng, tuổi thọ từ 92 – 120 ngày. Thí nghiệm về phản ứng

chức năng của bộ đuôi kìm với ấu trùng sâu đầu đen hại dừa cho thấy, ấu trùng tuổi 4 bộ đuôi kìm có khả năng ăn trung bình 2,98 ấu trùng sâu đầu đen hại dừa/ngày, thành trùng bộ đuôi kìm có khả năng ăn đến 4,76 ấu trùng sâu đầu đen hại dừa/ngày

Các thí nghiệm về hiệu lực phòng trừ sâu đầu đen hại dừa của một số thuốc bảo vệ thực vật cho thấy, hoạt chất Emamectin benzoate có khả năng kiểm soát tốt sâu đầu đen hại dừa, Ở điều kiện ngoài đồng hiệu lực đạt trên 80% từ thời điểm 7 ngày sau xử lý thuốc, hiệu quả phòng trừ kéo dài đến 14 ngày sau xử lý.

Kết quả thực hiện 9 mô hình kiểm soát sinh học sâu đầu đen hại dừa bằng các ong ký sinh *Brachymeria* spp. và bộ đuôi kìm *Chelisoches* sp. đã cho thấy ong *Brachymeria* spp. và bộ đuôi kìm *Chelisoches* sp. có khả năng thiết lập quần thể tốt tại Bến Tre, có hiệu quả kiểm soát sâu đầu đen hại dừa từ tháng thứ 3 sau phóng thích.

2. Đề nghị

Nghiên cứu kỹ chủ thay thế nhân nuôi số lượng lớn ong *Brachymeria* spp. để phóng thích kiểm soát sâu đầu đen hại dừa

Nghiên cứu các loài thiên địch ký sinh giai đoạn ấu trùng và ký chủ thay thế nhằm đẩy nhanh quá trình kiểm soát sâu đầu đen hại dừa.

Nghiên cứu bẫy pheromone để phục vụ quá trình dự tính, dự báo sự xuất hiện của sâu đầu đen hại dừa

Nghiên cứu xây dựng quy trình, quản lý tổng hợp sâu đầu đen hại dừa tại Bến Tre và vùng phụ cận.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Văn Cừ, “Bến Tre tổ chức phát triển ngành dừa,” *Website Sở KH và CN Bến Tre*, 2020. <http://dost-bentre.gov.vn/tin-tuc/2492/ben-tre-to-chuc-phat-trien-nganh-dua>.
- [2] FAOSTAT, “Area harvested and Production quantity of Coconuts by country,” 2021. .
- [3] Tổng cục Thống kê, *Niên giám thống kê các tỉnh*. 2018.
- [4] Chi cục Trồng trọt và Bảo vệ Thực vật Bến Tre, “Báo cáo tiến độ thực hiện công tác quản lý sâu đầu đen trên địa bàn tỉnh,” 2021.
- [5] F. W. Howard, D. Moore, R. M. Giblin-Davis, and R. G. Abad, *Insects on Palms*. Oxford: CAB Publishing, 2001.
- [6] C. Mohan, C. P. Radhakrishnan Nair, C. K. Nampoothiri, and P. Rajan, “Leaf-eating caterpillar (*Opisina arenosella*)-induced yield loss in coconut palm,” *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 132–137, 2010, doi: 10.1017/S174275841000024X.
- [7] A. Seni, “Arthropod pests of Coconut, *Cocos nucifera* L. and their management,” *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.*, vol. 4, no. 4, pp. 1018–1024, 2019, doi: 10.22161/ijeab.4419.
- [8] N. B. V. C. Rao, A. Nischala, G. Ramanandam, and H. P. Maheswarappa, “Biological suppression of coconut black headed caterpillar *Opisina arenosella* outbreak in East Godavari district of Andhra Pradesh - eco friendly technology,” *Curr. Sci.*, vol. 115, no. 8, pp. 1588–1594, 2018, doi: 10.18520/cs/v115/i8/1588-1594.
- [9] C. Mohan, C. P. Radhakrishnan Nair, C. K. Nampoothiri, and P. Rajan, “Leaf-eating caterpillar (*Opisina arenosella*)-induced yield loss in coconut palm,” *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 132–137, 2010, doi: 10.1017/S174275841000024X.
- [10] N. Chomphukhiao, “Thesis approval,” Kasetsart, 2018.
- [11] Amporn Winotai, “Integrated Pest Management of Important Insect Pests of Coconut1,” *Cord*, vol. 30, no. 1, p. 19, 2014, doi: 10.37833/cord.v30i1.82.
- [12] N. Chomphukhiao, S. I. Takano, K. Takasu, and S. Uraichuen, “Existence of two strains of *habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae): A complex in thailand and Japan,” *Appl. Entomol. Zool.*, vol. 53, no. 3, pp. 373–380, 2018, doi: 10.1007/s13355-018-0568-6.