ผลกระทบของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อการกัดของยุงลาย (AEDES AEGYPTI LINNAEUS) โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง

นางสาวประทานพร สำเภาเงิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3586-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF SOUND FREQUENCY AND INTENSITY ON THE BITING OF AEDES AEGYPTI LINNAEUS USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE

Miss Pratanporn Sampaongoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003
ISBN 974-17-3586-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อการกัดของยุงลาย (AEDES AEGYPTI LINNAEUS) โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง
โดย	นางสาวประทานพร สำเภาเงิน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

………………………………………….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…………………………………………… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

………………………………………….. อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

……………………………………………กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

……………………………………………กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประทานพร สำเภาเงิน : ผลกระทบของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อการกัดของยุงลาย (AEDES AEGYPTI LINNAEUS) โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (THE EFFECTS OF SOUND FREQUENCY AND INTENSITY ON THE BITING OF AEDES AEGYPTI LINNAEUS USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร , 175 หน้า. ISBN 974-17-3586-3.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่มีต่อการกัดเหยื่อของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) โดยงานวิจัยนี้จะเริ่มต้นจากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบันและสำรวจหาความถี่เสียงที่ใช้ในการไล่ยุง จากนั้นจึงออกแบบการทดลองโดยกำหนดให้เหยื่อที่ใช้ในการทดลองคือ หนูขาว, อุณหภูมิควบคุมอยู่ที่ 27-30 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 25-55%, ความเข้มแสง 140-170 Lux และอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาผลการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) จะสร้างความถี่เสียง 6 ระดับคือ 35, 100, 500, 5,000, 16,000 และ 50,000 Hz และความเข้มเสียงที่ 60, 75 และ 110 dB_C สำหรับการทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และที่ความเข้มเสียง 75 dB_C สำหรับการทดลองกับยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) นำผลการทดลองที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติ หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบกับเครื่องไล่ยุงที่มีวางขายในท้องตลาด ซึ่งสร้างเสียงที่มีความเข้มเสียง 80 dB_C ในย่านความถี่เสียง 35 Hz และความเข้มเสียง 73 dB_C ในย่านความถี่เสียง 16,000 และ 21,000 Hz

จากการวิจัยพบว่า (1) ในสภาวะปกติที่ไม่มีการปล่อยเสียงยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) จะมีจำนวนในการลงกัดเหยื่อเฉลี่ย 320 ± 70 และ 71 ± 23 ครั้งในเวลา 15 นาทีตามลำดับ (2) ความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่สร้างจากชุดเครื่องกำเนิดเสียงในห้องปฏิบัติการ ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)จะมีจำนวนในการลงกัดเหยื่อเฉลี่ยอยู่ที่ 322 ± 74 ครั้ง และ 76 ± 29 ครั้งในเวลา 15 นาทีตามลำดับ (3) เครื่องไล่ยุงไม่มีผลต่อการป้องกันการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)และ ยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) มีจำนวนในการลงกัดเหยื่อเฉลี่ยเมื่อเปิดเครื่องไล่ยุงอยู่ที่ 343 ± 74 ครั้ง และ 73 ± 26 ครั้งในเวลา 15 นาทีตามลำดับ ดังนั้นความถี่เสียงและความเข้มเสียงไม่มีอิทธิพลต่อการป้องกันการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) อย่างสิ้นเชิง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ปีการศึกษา 2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

4470393621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : FACTORIAL DESIGN / MOSQUITO /

PRATANPORN SAMPAONGOEN : THE EFFECTS OF SOUND FREQUENCY AND INTENSITY ON THE BITING OF AEDES AEGYPTI LINNAEUS USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 175 pp. ISBN 974-17-3586-3.

The objective of this research is to examine the effect of sound frequency and intensity on the biting of Aedes Aegypti on the host. The research was begun by conducting questionnaires concerning mosquito repellents in Thailand as well as making informative research about sound frequency used to repel mosquitoes. White rats were used as the host to observe Aedes aegypti's and Culex quinquefasciatus' biting in every 15-minute experiments, under laboratory conditions of 27-30°C, 25-55% RH and light intensity 140-170 Lux with sound simulation equipment at 6 stipulated sound frequency levels which were 35, 100, 500, 16,000 and 50,000 Hz at intensities of 60, 75 and 110 dB_C while testing on Aedes aegypti and at intensity of 75 dB_C while testing on Culex quinquefasciatus. Next, the statistical analysis of experimental result was done. After that, mosquito-repelling device emitting sound frequency 35 at the intensity of 80 dB_C and frequencies 16,000 and 21,000 at the intensity of 73 dB_C was tested to determine the repellency of sound to both mosquito species.

The result of this research showed that (1) The mean numbers of biting in normal environment, having no simulated sound, of Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus were 320 ± 70 and 71 ± 23 respectively. (2) The sound frequency and intensity generated by sound simulator equipment did not have any significant effect on the biting of Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus at $\alpha = 0.05$. The mean numbers of biting of Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus were 322 ± 74 and 76 ± 29 respectively. (3) The mosquito-repelling device did not have any effect on biting of Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus at $\alpha = 0.05$; the mean numbers of biting of Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus were 343 ± 74 and 73 ± 26 respectively. Finally, sound frequency and intensity were not remarkably effect on the biting of Aedes aegypti.

Department INDUSTRIAL — Student's
Concentration INDUSTRIAL — Advisor's
Academic year 2003. — Co-advisor's

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ได้ต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ซึ่งท่านได้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษาตลอดจนความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน หากไม่มีท่านวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ยืมเครื่องวัดระดับเสียงเพื่อใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณยุทธนา ภู่ทรัพย์ ดร. อุษาวดี ถาวระ และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงคำปรึกษาในด้านต่างๆ ตลอดการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกๆท่านที่คอยอบรมให้การศึกษาแก่ผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณนุจรี กฤษฎาจินดารุ่ง, คุณอลงกต กาญจนคช ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการทดลอง และให้คำปรึกษา รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า และคุณปัญชรีย์ สำเภาเงิน ผู้ซึ่งคอยเป็นกำลังใจ และให้ความอนุเคราะห์ในทุกๆด้าน มาตลอดชีวิตของผู้วิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ………………………………………………………………...	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ………………………………………………………………..	จ
กิตติกรรมประกาศ …………………………………………………………………	ฉ
สารบัญตาราง ………………………………………………………………………..	ฌ
สารบัญภาพ ………………………………………………………………………..	ฑ
บทที่ 1 บทนำ ………………………………………………………………………..	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา………………………………………………	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย …………………………………………………….	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย ……………………………………………………………...	2
1.4 ขั้นตอนงานวิจัย …………………………………………………………….....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย ……………………………………...	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง …………………………………………...…	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับยุง……………………………………………....……	4
2.2 พฤติกรรมในการบินของแมลง…………………………………………….	16
2.3 คลื่นเสียง……………………………………………………………………	18
2.4 ระดับความดันเสียงและความเข้มเสียง……………………………………...	19
2.5 ทฤษฎีด้านการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ………...	22
2.6 การทดลองปัจจัยเดียวและการวิเคราะห์ความแปรปรวน………………………	24
2.7 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล……………………………………...	33
2.8 ที่มาของช่วงของความถี่ที่จะทำการศึกษา………………………………………..	39
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง …………………………………………………………	42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย …………………………………………………………..	53
3.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน…………………………………………………….	53
3.2 การออกแบบการทดลอง……………………………………………………....	54
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง…………………………………………..	57
3.4 วิธีการในการทดลอง………………………………………………………..	58
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง………………………………………	61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย………………………………………………………………… 64
4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้นจากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน………………………………………….. 64
4.2 ผลการออกแบบการทดลอง……………………………………………... 70
4.3 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียง……… 80
บทที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับผลที่ได้จากการทดลอง…………………………... 89
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)……………………………………... 89
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ………………………….… 120
บทที่ 6 การวิจารณ์ผลการทดลอง………………………………………………………. 128
6.1 การวิจารณ์ผลการทดลองในการทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)……. 128
6.2 การวิจารณ์ผลการทดลองในการทดลองกับยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) 134
6.3 การอภิปรายผลการทดลอง………………………………………………… 136
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ……………………………………………………… 138
7.1 สรุปผลการวิจัย……………………………………………………………….. 138
7.2 ข้อจำกัดของการวิจัย…………………………………………………………….. 141
7.3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น……………………………………………………... 141

รายการอ้างอิง ……………………………………………………………………….. 143
ภาคผนวก ……………………………………………………………………………. 147
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสอบถาม…………………………………………………. 148
ภาคผนวก ข ตารางการสุ่มลำดับในการทดลองที่ใช้ในการทดลองประกอบการวิจัย………………………………………………..……………… 153
ภาคผนวก ค การเพาะเลี้ยงยุงลายบ้าน และยุงรำคาญ เพื่อใช้ในการทดลอง……… 172

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ……………………………………………………………… 175

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ………………………...…	21
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลสำหรับการทดลองปัจจัยเดียว……………………………..………	24
ตารางที่ 2.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยเดียว แบบจำลองผลกระทบคงที่….………………………..……………………………………...…	32
ตารางที่ 2.4 รูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย…………………………….	34
ตารางที่ 2.5 แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ตัวแปร……………………………………………………..…...……….	37
ตารางที่ 2.6 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการการสร้างเสียงแมลงปอ……………….	39
ตารางที่ 2.7 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่ทำให้เกิด resonance ใน antennae ของยุง Aedes aegypti (ตัวเมีย)……………………….....………	39
ตารางที่ 2.8 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)……………………………..………..………	40
ตารางที่ 2.9 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่ทางผู้ผลิตอ้างว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้ ..……………………………………………………………...	40
ตารางที่ 2.10 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น……………………………………………………………..	41
ตารางที่ 2.11 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว….……….……………………………………………..………..	41
ตารางที่ 2.12 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพของเครื่องไล่ยุงที่จะทำการทดสอบ………	46
ตารางที่ 2.13 แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ในการกินเลือดของยุงระหว่างมีการเปิดเครื่องและไม่เปิดเครื่อง……………………………………….....…….……	47
ตารางที่ 2.14 แสดงผลการทดสอบเครื่องไล่ยุงใน Chamber……………………………….	47
ตารางที่ 2.15 แสดงผลการทดลองของเครื่องไล่ยุงในการทดสอบภาคสนาม…………..…..	48
ตารางที่ 4.1 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของเครื่องไล่ยุง…………………………………………	75
ตารางที่ 4.2 แสดงเมตริกการออกแบบการทดลองในการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดของเครื่องไล่ยุง……………….……..……	76
ตารางที่ 4.3 แผนการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง…….	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.4 แสดงเมตริกการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง………………………………………………………………………… 80
ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกแบบแมลงปอ………………………….……… 81
ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย……………………………………………………..….…….. 81
ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน ……..……..…….. 82
ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้……………………………………………….. 83
ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น………………………………...…… 83
ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว…...………………………………………………. 84
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย……………………... 85
ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในการทดสอบเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ของเครื่องไล่ยุง……… 86
ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในการทดสอบเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ของการใช้ยาทากันยุงชะโลมตะแกรงหนีบหนูที่ใช้ในการทดสอบ……………………………….. 86
ตารางที่ 4.14 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงที่มีต่อการลงกัดของยุงรำคาญ…………………………………………. 87
ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญในการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ……………………………………... 88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ.. 91
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) จากหลักการการสร้างเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ.............. 92
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ........................ 93
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย...... 95
ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย.. 96
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย.. 96
ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)..................... 99
ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti).. 100
ตารางที่ 5.9 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)... 100
ตารางที่ 5.10 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้... 103
ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้.. 104
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้......... 104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น………………………………………………………. 107

ตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น 108

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น…….. 108

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว…………………………………………………………... 110

ตารางที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว……….. 111

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว………………… 111

ตารางที่ 5.19 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย………… 115

ตารางที่ 5.20 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุง…………………………………. 118

ตารางที่ 5.21 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองของเครื่องไล่ยุง……………………………………………….. 119

ตารางที่ 5.22 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ……………………………… 122

ตารางที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method สำหรับผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ……………..…………………………………………………… 123

ตารางที่ 5.24 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ กับเครื่องไล่ยุง………………………………………………………… 126

ตารางที่ 5.25 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ……………………. 127

ตารางที่ 6.1 แสดงการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงในบทความต่างประเทศ…. 132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนในการลงกัดที่ได้จากการทดลองของยุงต่างสายพันธุ์กัน.. 136

ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนยุงที่ลงกัดเปรียบเทียบกับจำนวนยุงที่ใส่เข้าไปในกรงทดสอบของบทความในต่างประเทศ……………………………………………………. 137

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงภาพของยุงตัวผู้และยุงตัวเมีย ………………………………………….... 9
รูปที่ 2.2 แสดงภาพของยุงตัวเต็มวัย……………….. 9
รูปที่ 2.3 แสดงภาพของไข่ยุงลาย………………………………………………………. 9
รูปที่ 2.4 แสดงภาพของตัวโม่งยุงลาย…………………………………..……………..… 9
รูปที่ 3.1 แสดงกรงทดสอบที่ปรากฏอยู่ในวารสารที่เกี่ยวข้อง…………………………… 55
รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง…………………………………………….. 58
รูปที่ 3.3 แสดงการทดสอบ Degree of Hunger……………...…………………...…. 59
รูปที่ 3.4 แสดงภาพขณะทำการทดลอง………………...……………………...… 60
รูปที่ 4.1 แสดงความสนใจในโรคต่างๆ ที่เกิดจากการที่ยุงเป็นพาหะ……………………... 68
รูปที่ 4.2 แสดงตารางที่ใช้ในการบันทึกผล……………………………………………... 77
รูปที่ 5.1 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ…………..……………………..….. 89
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ……………………………………………………………………… 90
รูปที่ 5.3 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน……………………………………………………………………….. 90
รูปที่ 5.4 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย 93
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย…………………………….….. 94
รูปที่ 5.6 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน……………………………………………………………………….. 94
รูปที่ 5.7 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)……………………….... 97
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน……………………………..…………………………… 98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.9 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน.. 98

รูปที่ 5.10 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้.. 101

รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้ 102

รูปที่ 5.12 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน.. 102

รูปที่ 5.13 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น.. 105

รูปที่ 5.14 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น.......... 106

รูปที่ 5.15 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน.. 106

รูปที่ 5.16 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว.. 109

รูปที่ 5.17 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว.................. 109

รูปที่ 5.18 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน.. 110

รูปที่ 5.19 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model.. 113

รูปที่ 5.20 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model........................ 114

รูปที่ 5.21 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน.. 114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.22 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุงซึ่งใช้หลักการสร้างความถี่เสียงที่ได้นำมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา…… 116
รูปที่ 5.23 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุง…… 117
รูปที่ 5.24 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน…… 117
รูปที่ 5.25 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ…… 120
รูปที่ 5.26 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ…… 121
รูปที่ 5.27 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน…… 121
รูปที่ 5.28 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ กับเครื่องไล่ยุง…… 124
รูปที่ 5.29 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญกับเครื่องไล่ยุง…… 125
รูปที่ 5.30 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน…… 125
รูปที่ 6.1 แสดงจำนวนในการลงกัด (No. of bites) ของยุงลาย (Aedes aegypti) ที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ (25-50000 Hz) ในระดับความเข้มเสียง 60 dB_C…… 128
รูปที่ 6.2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่ได้จากการทดลองที่ระดับความเข้มเสียงที่ 60, 75 และ 110 dB_C (ความถี่เสียง 35,100,500,5000,16000 และ 50000 Hz)…… 129
รูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดเมื่อเปิดความถี่เสียงระหว่าง 35-50000 Hz (ที่ระดับ 75 dB_C), เครื่องไล่ยุงในระดับต่างๆ, เสียงใน Software ไล่ยุง 130

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 6.4 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อมีการเปิดความถี่เสียงในระดับต่างๆ.... 134
รูปที่ 6.5 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อมีการเปิดความถี่เสียงในระดับต่างๆ ของเครื่องไล่ยุง.. 135

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยุงเป็นแมลงที่ก่อความรำคาญอย่างมากให้กับมนุษย์ นอกจากจะกัดกินเลือดมนุษย์แล้วยังเป็นพาหะนำโรคร้ายแรงสำคัญหลายโรค และยุงที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุขมีหลายชนิด ที่สำคัญมากชนิดหนึ่งก็คือ ยุงลายชนิด Aedes aegypti ยุงชนิดนี้เป็นพาหะที่สำคัญในการนำเชื้อ Dengue ซึ่งทำให้เกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย จากรายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออก ในประเทศไทยระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 6 เมษายน 2545 ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานควบคุมโรคไข้เลือดออก กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข พบว่าทั่วประเทศมีผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกทั้งสิ้นถึง 11,668 ราย เหตุผลส่วนหนึ่งก็คือ ยังคงมีแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย (Aedes aegypti) อยู่เป็นจำนวนมากเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของชุมชนเมืองซึ่งมักจะมีแหล่งน้ำขังตามภาชนะแหล่งน้ำต่างๆ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยจะมีวิธีการในการควบคุมยุงลายด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การป้องกันไม่ให้ยุงกัดโดยใช้สารเคมีเช่น N,N-diethyl-3-methybenzamide (DEET) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในสารป้องกันยุง, การกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ของยุง , การควบคุมโดยวิธีทางชีววิทยา ฯลฯ แต่ทุกวิธีที่กล่าวมาก็มีข้อด้อยที่เห็นได้ชัด เช่น การใช้สารเคมีในการป้องกันยุงลายนั้น สารเคมีเหล่านั้นมีฤทธิ์ป้องกันยุงและแมลงกัดได้ แต่หากใช้สารเคมีดังกล่าวทาผิวหนังเป็นเวลานานๆ หลายเดือนติดต่อกัน ผิวหนังจะดูดซึมสารเคมีไว้ทำให้เกิดอาการแพ้และเป็นโรคผิวหนังอย่างร้ายแรงได้ นอกจากนี้อาจมีผลทำให้เกิดอาการข้างเคียงต่างๆ เช่น ปวดศีรษะ เจ็บคอ อาเจียน มึนงง ชัก เป็นอัมพาตบางส่วน หมดสติ และอาจจะทำให้เสียชีวิต ส่วนวิธีการอื่น ก็เช่นเดียวกัน เช่น วิธีในการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ ก็อาจจะมีบางส่วนที่ไม่สามารถกำจัดได้หมด เป็นต้น จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ปัญหาการสร้างความรำคาญและการเกิดโรคไข้เลือดออกซึ่งมียุงลายเป็นพาหะยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยจากการรวบรวมแบบสอบถามที่ได้จัดทำขึ้นในงานวิจัยนี้พบว่าจากจำนวนผู้กรอกแบบสอบถามทั้งสิ้น 150 คนมีถึง 126 คนซึ่งได้รับความรำคาญจากยุง จากสิ่งนี้เองที่คาดว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถไล่หรือกำจัดยุงได้ เป็นที่นิยมอย่างมาก และอีกหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งได้รับความนิยมในต่างประเทศ ก็คือ เครื่องไล่ยุงโดยใช้หลักการด้านเสียง แต่ในประเทศไทยยังไม่มีผู้วิเคราะห์ถึงหลักการดังกล่าวมากนัก ดังนั้นหากมีการนำผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เข้ามาขายในประเทศไทย แต่ผลิตภัณฑ์นั้นไม่สามารถใช้กับยุงในประเทศไทย ก็อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงการตอบสนองด้าน

การลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่มีต่อเสียงในความถี่และความเข้มเสียงระดับต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ รวมทั้งยังสามารถใช้ประยุกต์ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่อาจจะมีการคิดค้นขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่จัดทำขึ้นนี้เพื่อ

ศึกษาความถี่และความเข้มเสียงในระดับต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกัดกินเลือดเหยื่อของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในช่วงระยะยุงตัวเต็มวัย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โดยขอบเขตของงานวิจัย มีดังต่อไปนี้คือ

1. ตัวโม่งยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่จะนำมาฟักให้เป็นยุงตัวเต็มวัยที่จะไว้ทำการทดลองนั้นจะมาจากห้องเลี้ยงแมลงฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
2. การเลี้ยงยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่ใช้ในการทดลองจะได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
3. เสียงที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ในช่วง 25 Hz – 50,000 Hz ที่ความดังของเสียง 60 dB_C, 75 dB_C และ 110 dB_C
4. การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่ใช้ในการทดลองจะทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมียในระยะตัวเต็มวัยอายุ 3-4 วันซึ่งยังไม่เคยกินเลือดมาก่อน
5. ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ทำการศึกษาถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ทำการสำรวจตลาดถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการกำจัดหรือไล่ยุงในปัจจุบัน
3. ทำการออกแบบแบบสอบถามเพื่อใช้ในการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคในการเลือกซื้อเครื่องใช้เพื่อกำจัดหรือไล่ยุง , นำแบบสอบถามไปทำการสอบถามจำนวน 150 ชุด, รวบรวมผลที่ได้จากแบบสอบถาม , ทำการวิเคราะห์ผลของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

4. ทำการศึกษาถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทั้งในส่วนของการเพาะเลี้ยงยุงเพื่อใช้ในการทดสอบและการสร้างความถี่และความเข้มเสียงในระดับต่างๆ
5. ทำการซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองรวมถึงการออกแบบการทดลอง
6. ดำเนินการทดลองเพาะเลี้ยงยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเต็มวัยจากตัวโม่งที่นำมาจากห้องเลี้ยงแมลงฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขเพื่อใช้ในการทดลอง
7. ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงที่มีอิทธิพลต่อการกัดกินเลือดเหยื่อของยุง
8. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักการด้านการออกแบบการทดลอง
9. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย มีดังต่อไปนี้ คือ

1. สามารถวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของความถี่และความเข้มเสียงในระดับต่างๆ ที่มีต่อการลงกัดกินเลือดเหยื่อของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)
2. สามารถนำขั้นตอนที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้คิดค้นขึ้นในอนาคต
3. สามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในการไล่ยุงซึ่งใช้หลักการด้านความถี่เสียง ที่ออกวางจำหน่ายโดยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับยุง

ยุงจัดเป็นแมลงซึ่งเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ใน Phylum Arthropoda, Class Insecta, Order Diptera, suborder Nematocera, Family Culicidae ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 subfamilies คือ Culicinae, Taxorhynchitinae และ Anophelinae

ยุงใน subfamily Culcinae ได้แก่ ยุงใน genus Aedes, genus Culex และ genus Mansonia

ยุงเป็นแมลง 2 ปีก หนวดยาวมีจำนวน 13 ปล้อง เส้นปีกและขอบปีกด้านท้าย (posterior margin of wing) ปกคลุมด้วยเกล็ด (scales) ปากเป็น proboscis ยาว

ชีววิทยา และนิเวศวิทยา

ยุงมีการเจริญแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis หรือ holometabola) หมายถึง การเจริญเติบโตที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละระยะแตกต่างกันมาก แบ่งเป็น 4 ระยะ คือระยะไข่ (egg) ระยะลูกน้ำ (larva) ระยะตัวโม่ง (pupa) และระยะตัวเต็มวัย (adult) ระหว่างการเจริญเติบโตในแต่ละระยะต้องมีการลอกคราบ (molting) ซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญ 3 ชนิด คือ brain hormone, ecdysone และ juvenile hormone

ระยะไข่

ไข่ยุงแต่ละชนิดมีขนาดและลักษณะไม่เหมือนกัน จากลักษณะการวางไข่อาจบอกชนิดของกลุ่มยุงได้ ยุงชอบวางไข่บนผิวน้ำหรือบริเวณที่ชื้นๆ เช่น บริเวณขอบภาชนะเหนือระดับน้ำ การวางไข่ของยุงแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. วางไข่แบบเดี่ยวๆ บนผิวน้ำ เช่นยุงก้นปล่อง
2. วางไข่เป็นแพบนผิวน้ำ เช่นยุงรำคาญ
3. วางไข่เดี่ยวๆตามขอบเหนือระดับน้ำ เช่นยุงลาย
4. วางไข่ติดกับใบพืชน้ำเป็นกลุ่ม เช่น ยุงเสือ หรือ ยุงฟิลาเรีย

ระยะไข่ใช้เวลา 2-3 วัน จึงฟักตัวออกเป็นลูกน้ำ ในยุงบางชนิดไข่สามารถอยู่ในสภาพแห้งได้หลายเดือนจนกระทั่งเป็นปี เมื่อมีน้ำก็ฟักออกเป็นลูกน้ำ

ระยะลูกน้ำ

ลูกน้ำยุงแต่ละชนิดอยู่ในน้ำต่างชนิดกัน เช่น ตามภาชนะขังน้ำต่างๆ ตามบ่อน้ำ หนอง ลำธาร โพรงไม้ หรือกาบใบที่อุ้มน้ำ เป็นต้น ลูกน้ำยุงส่วนใหญ่ลอยตัวขึ้นมาหายใจบนผิวน้ำ โดยมีท่อ

สำหรับหายใจเรียกว่า Siphon ยกเว้นยุงก้นปล่องไม่มีท่อหายใจ แต่จะหายใจทางรูหายใจ อาหารของลูกน้ำยุงได้แก่ สิ่งมีชีวิตเล็กๆในน้ำนั่นเอง เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ สาหร่าย ลูกน้ำจะลอกคราบ 4 ครั้ง เมื่อลอกคราบครั้งสุดท้ายกลายเป็นตัวโม่ง การเจริญเติบโตในระยะลูกน้ำใช้เวลาประมาณ 7-10 วันขึ้นอยู่กับชนิดของลูกน้ำ อาหาร อุณหภูมิ และความหนาแน่นของลูกน้ำด้วย

ระยะตัวโม่ง

ตัวโม่งรูปร่างผิดไปจากลูกน้ำ ส่วนหัวเชื่อมต่อกับส่วนอก ระยะนี้จะไม่กินอาหาร เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ระยะนี้ใช้เวลาสั้นเพียง 1-3 วัน

ระยะตัวเต็มวัย

ตัวยุงแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนหัว มีลักษณะกลมเชื่อมติดกับส่วนอก ประกอบด้วยตา 1 คู่ มีหนวด 1 คู่ระยางค์ปาก 1 คู่และมีอวัยวะเจาะดูด 1 อัน มีลักษณะเป็นแท่งเรียวยาวคล้ายเข็ม สำหรับแทงดูดอาหาร
2. ส่วนอก มีปีก 1 คู่ ด้านบนของอกปกคลุมด้วยขนหยาบๆและเกล็ด ซึ่งมีสีและลวดลายต่างๆ กัน เราใช้ลวดลายนี้ในการแยกชนิดของยุงได้ ด้านข้างของอกมีเกล็ดและกลุ่มขน ด้านล่างของอกมีขา ขาก็มีเกล็ดสีต่างๆใช้แยกชนิดของยุงได้เช่นกัน ปีกมีลักษณะแคบยาว มีลายเส้นปีก ตรงขอบปีกด้านหลังจะมีขนเรียงเป็นแถวเรียกว่า Fringe เกล็ดและขนปีกนี้ก็ใช้ในการแยกชนิดของยุงได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมี Halteres 1 คู่ มีลักษณะเป็นปุ่มเล็กๆ อยู่ต่อหลังจากปีก เมื่อยุงบิน Halteres จะสั่นอย่างรวดเร็ว ใช้ประโยชน์ในการทรงตัวของยุง
3. ส่วนท้อง มีลักษณะกลม ยาว ประกอบด้วย 10 ปล้อง แต่จะเห็นชัดเพียง 8 ปล้อง ปล้องที่ 9-10 จะดัดแปลงเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ ในยุงตัวผู้จะใช้ส่วนนี้แยกชนิดของยุงได้

อาหารของยุง

ยุงทั้ง 2 เพศ กินน้ำหวานจากเกสรดอกไม้ก็สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ส่วนใหญ่ยุงตัวเมียยังต้องการโปรตีนจากเลือดมนุษย์หรือสัตว์ เพื่อช่วยในการเจริญของไข่และใช้สร้างพลังงาน ยุงตัวเมียเท่านั้นที่กัดคนและสัตว์ ยุงแต่ละชนิดชอบกินเลือดต่างกัน พวกที่ชอบกินเลือดสัตว์เรียกว่า Zoophilic ส่วนพวกที่ชอบกินเลือดคนเรียกว่า Anthropophilic เลือดจะเข้าไปช่วยในการเจริญของไข่ การเจริญของไข่แบบที่ต้องการโปรตีนจากเลือดเรียก Anautogeny ในยุงไม่กี่ชนิดไข่จะสุกได้โดยใช้อาหารที่สะสมไว้ ไม่ต้องกินเลือด เรียก Autogeny

พฤติกรรมในการบินของยุง

ระยะบินของยุงถูกจำกัดโดยปัจจัยภายในตัวยุง เช่น การเจริญของกล้ามเนื้อ อาหาร อายุ สายพันธุ์ยุง และสภาพแวดล้อม เช่น แสง ลม ความชื้น อุณหภูมิ ฯลฯ มีรายงานว่ายุงลายบ้านบินได้ไม่ไกลนัก ระยะประมาณ 30-400 เมตร ส่วนยุงลายสวนจะบินได้ไกลกว่า พบว่าบินได้ไกลถึง 600 เมตร ภายในเวลา 10 วัน

ในภาวะที่ลมสงบความเร็วลมประมาณ 30-40 ซม./วินาที ยุงลายที่ยังไม่ได้กินเลือดจะบินด้วยความเร็วประมาณ 50-100 ซม./วินาที ค่าเฉลี่ยความเร็วในการบินของยุงลายเท่ากับ 50 ซม. / วินาที ยุงตัวผู้บินได้เร็วกว่ายุงตัวเมีย ความเร็วสูงสุดที่บินได้ เท่ากับ 150 ซม./ วินาที

ประสาทสัมผัสในการได้ยินของยุง

ยุงตัวผู้นั้นจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อการบินของยุงตัวเมียเมื่อเข้ามาใกล้หรือในกรณีของแหล่งสร้างเสียงซึ่งมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ในการบินของยุง Roth (1948) ได้ทำการทดลองเป็นจำนวนมากเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่า Antennae นั้นเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับเสียง และในการทดลองของ Mayer (1874) พบว่า Fabrillae ซึ่งเป็นขนเล็กๆ ที่ติดอยู่กับ Antennae นั้นจะเกิดการสั่นในการตอบสนองกับการสั่นของส้อมเสียง โดยการสั่นนี้จะสั่นเบาๆ ในช่วงหนึ่งของเสียง แต่จะเกิดการสั่นอย่างมากในกรณีของเสียงความถี่ที่เฉพาะค่าหนึ่ง แต่การสั่นพร้องเพียงอย่างเดียวของ Fabrillae นั้นไม่ได้เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาดึงดูดจากแหล่งเสียงนั้น แต่มันจะต้องเกิดจากคลื่นเสียงที่ปล่อยออกมาจากตัวเมียและทำให้เกิดการสั่นของ Fabrillae ซึ่งจะส่งต่อไปยัง Johnston's organ โดย Pitch ของโทนเสียงในการบินของยุงตัวเมียนั้น จะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น แต่การสั่นพร้องของความถี่เสียงกับ Antennae ของยุงตัวผู้ยังคงเดิมและอุณหภูมิก็ไม่มีผล โดยจากการทดสอบได้พบว่า ในยุงลาย Aedes aegypti นั้น Antennae ของยุงตัวผู้จะตอบสนองต่อความถี่เสียงในช่วง 150-450 c/s แต่จะมีแอมพลิจูดที่มากที่สุดในกรณีที่ 320 c/s ซึ่งมีความใกล้เคียงกับโทนเสียงในการบินของยุงตัวเมียโดยอาจจะสามารถสรุปได้ว่า Antennae ในยุงตัวผู้นั้นเป็นตัวรับสัญญาณซึ่งเกิดจากการเกิด Resonate กับเสียง ในความถี่นั้นๆ โดยหน้าที่จะคล้ายกับตัวกรองช่วงสัญญาณเสียงโดยแยกเสียงของยุงตัวเมียออกจากเสียงยุงตัวผู้หรือเสียง background อื่นๆ และยุงตัวผู้จะถูกกระตุ้นโดยเสียงของการบินของยุงตัวเมีย โดยจะวิ่งตรงไปยังแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ส่วนการตอบสนองของยุงตัวเมีย ก็จะคล้ายคลึงกับการตอบสนองของเสียงในยุงตัวผู้ โดยยุงตัวเมียนั้นจะตอบสนองคือการเกิด Resonance ใน Antennae อยู่ที่ความถี่เสียงซึ่งต่ำกว่าความถี่เสียงที่ก่อให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงตัวผู้ประมาณ 100-150 Hz

และในระบบการได้ยินของยุง อวัยวะในการรับเสียงมีความใกล้กันมาก ทำให้มีกลไกในการหาตำแหน่งของเสียงที่แตกต่างกันออกไปจากคน ซึ่งมีหู 2 ข้างและห่างออกจากกัน โดยการหาแหล่งของเสียงในยุงนั้นจะทำการปรับองศาของ Fabrillae ให้เกิดการหมุนเพื่อหา Amplitude ที่มาก

ที่สุดของการเคลื่อนไหว ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นหน้า (Front wave) ขนานกับ Fabrillae ทำให้สามารถหาทิศทางของแหล่งเสียงที่ออกมาได้

พฤติกรรมในการหาเหยื่อของยุง (Host-seeking Behavior)

มีปัจจัยหลายด้านที่ช่วยในการหาเหยื่อของยุง โดยทั่วๆไปจะประกอบไปด้วย ปัจจัยทางด้านความร้อน , ความชื้น , คาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่น และ ปัจจัยทางด้านการมองเห็นต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามการทดลองก็ได้จัดขึ้นในห้องทดลอง ซึ่งเป็นการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ เพียงด้านเดียว ซึ่งสิ่งนี้อาจจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการสร้างพฤติกรรมในการออกหาเหยื่อของยุงก็เป็นได้

การตอบสนองต่อความร้อน

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของร่างกายนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการค้นหาเหยื่อของยุง โดย Howlett (1910) นั้นได้พบว่า การพาความร้อนนั้นเป็นส่วนที่สำคัญซึ่งดึงดูดยุงให้เข้ามาใกล้ไม่ใช่การแผ่รังสีความร้อนจากร่างกาย โดยอุณหภูมิก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการเลือกที่จะกัดกินเลือดของเหยื่อ จากการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิในร่างกายพบว่า Aedes aegypti นั้น ตัวเมียเป็นจำนวนมากได้ตัดสินใจที่จะเลือกกินเลือดบนมือข้างที่อุ่นกว่าอีกข้างหนึ่งของอาสาสมัคร และเมื่อทำให้มือข้างที่เคยอุ่นกว่านั้นเย็นลงก็จะพบได้ว่ายุงก็จะเลือกเกาะที่มือข้างที่อุ่นกว่า

การตอบสนองต่อความชื้น

จากการศึกษาด้านความชื้นที่มีผลต่อพฤติกรรมในการหาเหยื่อของยุงนั้นพบได้ว่า ในการทดลอง มี Aedes aegypti จำนวนมากที่เลือกมาทาง stream ของอากาศอุ่นที่มีความชื้นประมาณ 80-90% มากกว่าในอีก Stream หนึ่งที่มีความชื้น 15-20%

การตอบสนองต่อคาร์บอนไดออกไซด์

ในการปลดปล่อย10% ของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจากหัวที่ได้สร้างขึ้นจากการทดลองในสถานที่จริง พบว่า ในอัตราที่ใกล้เคียงกับการหายใจออกที่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในอัตรา 200 ml ต่อนาที พบว่าทำให้ยุงในตระกูล Aedes นั้นเกิดการตอบสนองในอัตรา 30-60% ที่มากกว่าส่วนที่ไม่ได้มีการปล่อยแก๊สออกมา โดยคาร์บอนไดออกไซด์นั้นถูกปล่อยออกมาทั้งจากปอดและผิวหนัง แต่จากการทดลองของ Brouwer(1960) พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากผิวหนังนั้นไม่มากพอที่จะดึงดูดการหาเหยื่อของยุงต่างจากการหายใจ

การตอบสนองต่อกลิ่น

การตอบสนองต่อกลิ่นจากเหยื่อนั้นได้มีการทำการทดลองโดย Larrnman ซึ่งได้ทำการทดลองโดยปล่อย Stream air ที่มีการควบคุมด้านความร้อน, ความชื้น และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งสิ้น 2 Stream แต่ Aedes aegypti นั้นได้เลือกที่จะตอบสนองต่อ Stream air ที่ได้ผ่านแขนมนุษย์และนอกจากนี้ยังพบว่ายังมี กรดอะมิโน, diphenols และ Steroids ซึ่งเป็นกลิ่นที่ดึงดูดยุงอีกด้วย

การตอบสนองต่อปัจจัยทางด้านการมองเห็นต่างๆ

จากการทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมของยุงต่อการมองเห็นนั้นพบว่า ในการทดลองที่มีกล่องดำ 2 กล่องซึ่งปลดปล่อยความชื้นออกมานั้นพบว่า ในกล่องที่มีการเคลื่อนไหว จะสามารถดึงดูดยุงได้มากกว่า รวมถึงการทดลองที่ทำขึ้นโดยมีกล่องลายหมากรุกขาวดำ 2 กล่องโดยอีกกล่องหนึ่งที่มีตาหมากรุกใหญ่กว่านั้นพบว่าสามารถดึงดูดได้มากกว่า

ยุงนั้นแสดงให้เห็นอีกด้วยว่ามีความสนใจต่อเหยื่อซึ่งสวมใส่เสื้อบางสี โดยพบว่าความสว่างที่เกิดจากเสื้อผ้าแต่ละสีนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับของความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน โดยการสะท้อนกลับของคลื่นจะอยู่ในช่วง 4750-6250 Å โดย Brett (1938) ได้ทำการทดลองโดยใส่ถุงมือสีต่างๆ ลงในกรงของ Aedes aegypti พบว่าถุงมือที่มีการสะท้อนกลับของความยาวคลื่นต่ำๆ จะดึงดูดยุงได้มากกว่าถุงมือที่มีการสะท้อนกลับของความยาวคลื่นสูงๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสีแดง และในสีฟ้าเป็นสีที่สามารถไล่ยุงได้มากที่สุด และจากผลการศึกษานี้อาจเป็นไปได้ที่ว่าความสว่างในสีแดงอาจอยู่ในกลุ่มของการมองเห็นของยุงว่าเป็นสีดำ

2.1.1 ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และพฤติกรรมในด้านต่างๆ

ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออกเป็นแมลงจำพวกหนึ่งจัดอยู่ใน Class insecta (Hexapoda) , Order Diptera, Family Culicidae , Tribe Culcini, Genus Aedes เป็นยุงที่มีขนาดปานกลาง มีวงจรชีวิตเป็นแบบ Complete metamoephosis คือมีการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ ในวงจรชีวิตของยุงลาย ประกอบไปด้วยระยะต่างๆ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ , ระยะตัวอ่อน (ลูกน้ำ) , ระยะดักแด้ (ตัวโม่ง) , และระยะตัวเต็มวัย ทั้ง 4 ระยะมีความแตกต่างกัน ทั้งรูปร่างลักษณะและการดำเนินชีวิต ลักษณะทั่วไปของยุงลาย คือ

ตัวเต็มวัย

1. มีร่างกายอ่อนนุ่ม เปราะบาง แบ่งเป็น 3 ส่วน แยกออกจากกันเห็นได้ชัดเจนคือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัวยาวประมาณ 4-6 มิลลิเมตร มีเกล็ด (Scale) สีดำสลับขาวตามลำตัวรวมทั้งส่วนหัวและส่วนอกด้วย
2. มีขา 3 คู่ อยู่ที่ส่วนอก ขามีสีดำสลับขาวเป็นปล้องๆ ที่ขาหลังบริเวณปลายปล้องสุดท้ายมีสีขาวตลอด
3. มีปีกที่เห็นได้ชัดเจน 1 คู่ อยู่บริเวณส่วนอก ลักษณะของปีกบางใส มีเกล็ดเล็กๆ บนเส้นปีก ลักษณะของเกล็ดแคบ ยาว บนขอบหลังของปีกมีเกล็ดเล็กๆ เป็นชายครุย นอกจากนี้ที่ส่วนอกยังมีอวัยวะที่เรียกว่า Halter ทำหน้าที่เกี่ยวกับการทรงตัว (Organ of balancer) 1 คู่ อยู่ใกล้กับปีก
4. มีปาก (Proboscis) ยาวมาก โดยความยาวของปากเท่ากับส่วนหัวและส่วนอกรวมกัน ลักษณะปากเป็นแบบแทงดูด

5. เส้นหนวดประกอบด้วยปล้องสั้นๆ 14-15 ปล้องที่รอยต่อระหว่างปล้องมีขนขึ้นอยู่โดยรอบในยุงตัวผู้เส้นขนเหล่านี้ยาวมาก (ใช้รับคลื่นเสียงที่เกิดจากการขยับปีกของยุงตัวเมีย) มองดูคล้ายพู่ขนนก เรียกลักษณะหนวดเหล่านี้ว่า Plumose ส่วนในยุงตัวเมียเส้นขนที่รอยต่อระหว่างปล้องจะสั้นกว่าและมีจำนวนน้อยกว่า เรียกว่าหนวดแบบเส้นด้าย หรือ Pilose ลักษณะของหนวดยุงจึงใช้ในการจำแนกเพศของยุงได้ง่าย

รูปที่ 2.1 แสดงภาพของยุงตัวผู้และยุงตัวเมีย
ที่มา: ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย (2544)

รูปที่ 2.2 แสดงภาพของยุงตัวเต็มวัย
ที่มา: ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย (2544)

ไข่

ไข่ยุงลายมีลักษณะรีคล้ายกระสวย เมื่อวางไข่ออกมาใหม่ๆ จะมีสีขาวนวล ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และดำสนิทภายใน 24 ชั่วโมง

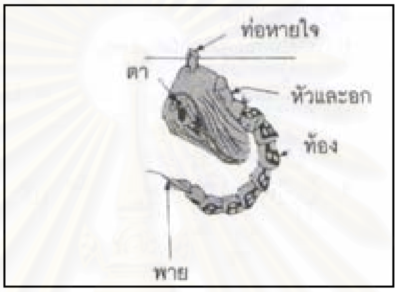
รูปที่ 2.3 แสดงภาพของไข่ยุงลาย
ที่มา: ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย (2544)

ลูกน้ำ

ไม่มีขา ส่วนอกมีขนาดใหญ่กว่าส่วนหัว ส่วนท้องยาวเรียวประกอบด้วยปล้อง 10 ปล้อง มีท่อ Siphon บนปล้องที่ 8 ใช้ในการหายใจ ท่อหายใจของยุงลายสั้นกว่าท่อหายใจของยุงรำคาญ และมีกลุ่มขน 1 กลุ่มอยู่บนท่อหายใจนั้น

ตัวโม่ง

ไม่มีขา รูปร่างคล้ายเครื่องหมายจุลภาค (,) มีอวัยวะใช้ในการหายใจที่เรียกว่า Trumpet 1 คู่ อยู่บนส่วน Cephalothorax (ส่วนหัวรวมกับส่วนอก)



รูปที่ 2.4 แสดงภาพของตัวโม่งยุงลาย

ที่มา: ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย (2544)

วงจรชีวิตและชีวนิสัยของยุงลาย

ยุงลายมักวางไข่ตามผิวภาชนะเหนือระดับน้ำเล็กน้อย โดยวางไข่ฟองเดี่ยว ๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ตัวเมียวางไข่ครั้งละประมาณ 100 ฟอง ยุงลายจะวางไข่มากน้อยเป็นจังหวะใน 24 ชั่วโมง โดยอาศัยจังหวะที่แสงลดน้อยลงในเวลาเย็น จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่ายุงลายจะวางไข่มากที่สุดก่อนพระอาทิตย์ตกดิน โดยปัจจัยที่ควบคุมให้เกิดกิจกรรมนี้คือ การเริ่มมืดตัวอ่อนที่อยู่ภายในไข่จะเจริญเติบโตพร้อมที่จะฟักออกเป็นลูกน้ำ ภายใน 2 วัน (แต่ถ้าสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น ขาดความชื้น ไข่ที่ตัวอ่อนภายในเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะทนต่อความแห้งแล้งในสภาพนั้นได้นานหลายเดือน เมื่อไข่นั้นได้รับความชื้นหรือมีน้ำท่วมไข่ ไข่ก็จะฟักออกเป็นลูกน้ำได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ตั้งแต่30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง แต่อัตราการฟักเป็นลูกน้ำจะลดน้อยลง ตามระยะเวลา

ตัวอ่อน (Larva) ของยุงเรียกว่าลูกน้ำ ระยะเวลาที่เป็นลูกน้ำจะกินเวลานานประมาณ 6-8 วัน อาจมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อาหาร ความหนาแน่นของลูกน้ำภายในภาชนะนั้นๆ ลูกน้ำลอกคราบ 4 ครั้ง จากลูกน้ำระยะ (instar) ที่ 1 เข้าสู่ระยะที่ 2,3 และ 4 ลูกน้ำยุงลายจะใช้ท่อหายใจทำมุมกับผิวน้ำโดยลำตัวเกือบตั้งตรงกับผิวน้ำ ลูกน้ำเคลื่อนไหวอย่างว่องไว ว่ายน้ำคล้ายงู

เลื้อย ไม่ชอบแสงสว่าง ลูกน้ำจะกินอินทรียสารและอาหารอื่นๆ ซึ่งมีอยู่ในภาชนะ เช่นตะไคร่น้ำ , เศษอาหารต่างๆ ที่หล่นลงไป เชื้อแบคทีเรียและสัตว์เซลล์เดียว

เมื่อลูกน้ำระยะที่ 4 ลอกคราบครั้งสุดท้ายก็จะกลายเป็นตัวดักแด้ (Pupa) หรือที่เรียกกันว่า ตัวโม่ง ในระยะที่เป็นตัวโม่งนี้จะเคลื่อนไหวช้าลงหรือไม่เคลื่อนไหวเลยและเป็นระยะที่ไม่กิน อาหาร แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงภายใน ประมาณ 1-2 วัน ก็จะลอกคราบกลายเป็นตัวเต็มวัย หรือตัว ยุงลาย เมื่อตัวโม่งลอกคราบ มันจะลอยนิ่งอยู่ที่ผิวน้ำและเกิดรอยแตกรูปตัว T ที่ด้านบนของ cephalothorax วงจรชีวิตของยุงลายในแต่ละท้องที่ใช้เวลาไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหาร อุณหภูมิ ความชื้น และความสั้นยาวของกลางวัน-กลางคืน ยุงตัวผู้มีอายุขัยสั้นประมาณ 6-7 วัน เท่านั้น ส่วนยุงตัวเมียอยู่ได้นานกว่าหากมีอาหารการกินที่สมบูรณ์ อุณหภูมิและความชื้นพอเหมาะ ยุงลายตัวเมียอาจมีอายุได้นานประมาณ 30-45 วัน

เมื่อออกจากคราบตัวโม่งใหม่ๆ ยุงลายจะไม่สามารถบินได้ทันที ต้องเกาะนิ่งอยู่บนผิวน้ำ รอเวลาระยะหนึ่งเพื่อให้ระยางค์ต่างๆ บนส่วนหัวยืดออกและเพื่อให้เลือดฉีดเข้าเส้นปีก ทำให้ปีก ยืดออกและแข็ง จึงจะบินได้ ระยะนี้ใช้เวลา 1-2 ช.ม. เมื่อยุงบินได้แล้วก็พร้อมที่จะหาอาหารและ ผสมพันธุ์ โดยปกติยุงตัวผู้จะลอกคราบออกมาก่อนตัวเมีย 1-2 วัน (จากตัวโม่งในรุ่นเดียวกัน) เนื่องจากยุงตัวผู้ต้องใช้เวลาประมาณ 24 ช.ม. เพื่อให้อวัยวะสืบพันธุ์หมุนครบ 180 องศาเสียก่อนจึง จะพร้อมในการผสมพันธุ์ได้ ยุงตัวเมียจะผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียวและสามารถวางไข่ได้ตลอดชีวิต หลังจากผสมพันธุ์แล้วยุงตัวเมียจะหาเลือดกิน (ปกติภายใน 24 ชั่วโมงหลังลอกคราบออกจากตัว โม่ง) อาหารยุงลายของทั้งตัวผู้และตัวเมียคือน้ำหวานจากเกสรดอกไม้หรือ น้ำจากผลไม้โดย น้ำหวานใช้เป็นแหล่งพลังงานในการบิน แต่ยุงลายตัวเมียต้องกินเลือดคนหรือสัตว์เลือดอุ่นเพื่อ ต้องการโปรตีนในเลือดไปพัฒนาไข่ให้เจริญเติบโต ตามปกติยุงลายชอบกินเลือดคนมากกว่าเลือด สัตว์ หลังจากกินเลือดแล้ว 2-3 วัน ยุงลายตัวเมียก็จะหาที่วางไข่

โดยทั่วไปยุงลายจะออกหากินในเวลากลางวัน แต่ถ้าในเวลากลางวันนั้นยุงลายไม่ได้กิน เลือดหรือกินเลือดไม่อิ่ม ยุงลายก็อาจออกหากินเลือดในเวลาพลบค่ำด้วยหากในห้องนั้นหรือบริเวณ นั้นมีแสงสว่างที่เพียงพอ ช่วงเวลาที่พบยุงลายได้มากที่สุดมี 2 ช่วง ในเวลาเช้าและเวลาบ่ายถึงเย็น โดยบางรายงานก็ระบุช่วงเวลาที่ยุงลายออกหากินมากที่สุด คือระหว่าง 09.00-11.00 น. และ 13.00-14.30 น. แต่บางรายงานก็ระบุแตกต่างกันออกไป เช่นระหว่าง 06.00-07.00 น. และ 17.00-18.00 น. ทั้งนี้แล้วแต่ว่าทำการศึกษาในฤดูกาลใด จากการศึกษาพฤติกรรมการกัดของยุงลาย (Aedes aegypti) ที่กรุงเทพฯ พบว่ากัดในเวลากลางัน ช่วงเวลาที่มีการกัดมากได้แก่ 09.00-10.00 น.และ 16.00-17.00 น. และพบว่ายุงลายบ้าน ชอบกัดคนในบ้าน และพบว่ามีชุกชุมมากในฤดูฝน ช่วงหลังฝนตกชุก เพราะอุณหภูมิและความชื้นเหมาะแก่การแพร่พันธุ์ ส่วนในฤดูกาลอื่นๆ จะพบว่าความชุกชุมของ ยุงลายลดลงเล็กน้อย

แหล่งเกาะพักของยุงลายในบ้านเรือนพบว่ายุงตัวเมียร้อยละ 90 ชอบเกาะพักตามสิ่งห้อยแขวนต่างๆ ในบ้าน มีเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่พบเกาะพักอยู่ตามข้างฝาบ้าน

แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย

ยุงลายจะวางไข่ตามภาชนะขังที่มีน้ำนิ่งและใส น้ำนั้นอาจจะสะอาดหรือไม่ก็ได้ น้ำฝนมักเป็นน้ำที่ยุงลายชอบวางไข่มากที่สุด ดังนั้น แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายบ้านจึงมักอยู่ตามโอ่งน้ำดื่มและน้ำใช้ที่ไม่ปิดฝาทั้งภายในและภายนอกบ้าน

การแพร่กระจายของยุงลายในประเทศไทย

เชื่อกันว่ายุงลายเป็นยุงที่มีแหล่งกำเนิดในทวีปแอฟริกา ต่อมายุงนี้ได้แพร่กระจายไปยังประเทศต่างๆ ระหว่างเส้น Latitude ที่ 40 องศาเหนือและใต้ โดยติดไปกับพาหนะที่ใช้ในการคมนาคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเรือ สำหรับประเทศไทยไม่มีใครทราบแน่นอนว่ายุงลายได้เข้ามาแพร่พันธุ์ตั้งแต่เมื่อใด แต่มีรายงานปรากฏในวารสารเกี่ยวกับยุงลายในประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2440 โดย F.V. Theobald เข้าใจว่าในระยะต้นๆ ยุงลายจะแพร่พันธุ์อยู่เฉพาะเมืองใหญ่ๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 จากรายงานของ J.E. Scanlon ระบุว่ายุงมิได้จำกัดเฉพาะเมืองใหญ่ๆ แต่พบว่าอยู่ทั่วไปในเมืองและชนบทตามภาคต่างๆ ของประเทศไทยจะยกเว้นก็แต่เฉพาะชนบทที่แยกตัวออกจากเส้นทางคมนาคมเท่านั้น จากการศึกษาของ สมเกียรติ บุญยะบัญชา ที่ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการแพร่กระจายของยุงลายจะถูกจำกัดโดยความสูงของพื้นที่คือจะไม่พบยุงลายบ้านที่ระดับความสูง 1000 ฟุตเหนือน้ำทะเล ต่างจากยุงลายสวนที่พบได้ทุกระดับความสูง

ปรากฏการณ์ El Nino ครั้งล่าสุดได้เริ่มขึ้นมาตั้งแต่ประมาณเดือนตุลาคม 2540 และคาดกันว่าจะดำเนินต่อไปจนถึงเดือนกันยายน 2541 ปรากฏการณ์นี้ก่อให้เกิดภาวะแห้งแล้งและอุณหภูมิสูงขึ้นในหลายๆประเทศ ภาวะแห้งแล้งมีผลกระทบต่อจำนวนแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย เนื่องจากยุงลายเพาะพันธุ์อยู่ในภาชนะขังน้ำต่างๆ ซึ่งภาชนะเหล่านั้นอยู่ภายในบ้านเรือนเป็นส่วนใหญ่ ในภาวะแล้งนี้ประชาชนยิ่งจะทำการกักตุนน้ำไว้ใช้และบริโภคมากขึ้น (ซึ่งดูเหมือนว่าแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น) ลูกน้ำยุงลายสามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ แม้ว่าในภาชนะจะมีน้ำขังอยู่สูงเพียง ¼ นิ้ว ส่วนอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อยุงลาย โดยทำให้ยุงลายเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้เร็วขึ้น ยุงลายออกหากินถี่ขึ้น และไวรัสก็แบ่งตัวเพิ่มจำนวนในตัวยุงได้เร็วขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งคือระยะการฟักตัวของไวรัสในตัวยุงลายนั้นสั้นลง นอกจากนี้ หมู่บ้านที่อยู่บนภูเขาเริ่มมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออก โดยก่อนหน้านี้มักพบยุงลายได้ที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร แต่ปัจจุบันมีรายงานจากบางประเทศว่าสามารถพบยุงลายได้ที่ระดับความสูงมากกว่า 2,200 เมตรแล้วที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอุณหภูมิบนภูเขาสูงขึ้น ยุงลายสามารถเพาะพันธุ์ได้

มาตรการในการควบคุมยุงลาย

เนื่องจากในวงจรชีวิตหนึ่งๆของยุงลาย ประกอบด้วย 4 ระยะที่มีความแตกต่างกันทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา ทำให้วิธีการในการควบคุมยุงลายในแต่ละระยะก็แตกต่างกันออกไปด้วย

ระยะไข่ ไข่ยุงลายมีขนาดเล็กมาก ทนต่อความแห้งแล้ง และสารเคมี การกำจัดระยะไข่อย่างง่ายๆ กระทำได้โดยการขัดล้างตามผิวภาชนะต่างๆ แต่มักไม่สะดวกในการปฏิบัติ

ระยะลูกน้ำและตัวโม่ง การควบคุมกำจัดลูกน้ำและตัวโม่งกระทำได้ง่ายและสะดวกที่สุด เนื่องจากลูกน้ำยุงลายและตัวโม่งอยู่ในภาชนะขังต่างๆ ทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกบ้าน จึงเป็นเป้านิ่งให้ควบคุมกำจัดได้ผลดีกว่าในระยะอื่นๆ วิธีที่ง่ายและสะดวกในการควบคุมกำจัดลูกน้ำและตัวโม่ง คือการลดหรือทำลายแหล่งเพาะพันธุ์

ระยะยุงตัวเต็มวัย ควบคุมกำจัดโดยการใช้สารเคมี การใช้กับดัก และการป้องกันไม่ให้ถูกยุงกัด ดังนี้

การใช้สารเคมี

1. การพ่นละอองฝอย หรือการพ่นแบบ ultra low volume เป็นการพ่นที่จะกระจายน้ำยาออกมาเป็นละอองฝอยขนาดเล็กมาก
2. การพ่นหมอกควัน (Thermal Fogging) เป็นการพ่นน้ำยาเคมีออกจากเครื่องพ่นโดยใช้อากาศร้อนพ่นเป็นหมอกควันน้ำยาฟุ้งกระจายในอากาศ
3. การใช้กับดัก เป็นการล่อยุงให้บินเข้ามาติดกับดักเพื่อทำให้ตายต่อไป เช่น กับดักยุงแบบใช้แสงล่อ เป็นต้น

การป้องกันตนไม่ให้ถูกยุงกัด

นอนในมุ้ง (แม้ว่าจะเป็นเวลาเช้า กลางวัน บ่าย หรือเย็น เนื่องจากยุงลายออกหากินในเวลากลางวัน จะใช้มุ้งธรรมดาหรือมุ้งชุบสารเคมีก็ได้ หรือจะนอนในห้องที่บุมุ้งลวดก็ได้แต่ต้องแน่ใจว่าในห้องนั้นไม่มียุงลายอยู่

ใช้ยาทายุงกัด ยาเหล่านี้มีทั้งชนิดน้ำ , ชนิดที่เป็นครีม ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติในการไล่ยุงไม่ให้เข้ามาใกล้ , หรือการใช้เครื่องไล่ยุงไฟฟ้า แต่ควรใช้ด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากแผ่นกระดาษชุบสารเคมีที่มีคุณสมบัติไล่ยุงนั้นอาจเป็นอันตรายต่อเด็กทารกและเด็กอ่อนได้ รวมทั้งอาจก่อให้เกิดความระคายเคืองเมื่อสัมผัสถูกผิวหนัง รวมทั้งไอระเหยอาจทำให้เคืองตาด้วย จึงควรทำการศึกษาวิธีให้เข้าใจก่อนการใช้งาน

แม้ว่าการควบคุมยุงตัวเต็มวัย โดยการใช้สารเคมี จะเป็นวิธีที่ได้ผลดี เห็นผลเร็ว แต่ให้ผลเพียงระยะสั้น สารเคมีส่วนใหญ่มีราคาแพง สารเคมีบางชนิดมีพิษสูงต่อคนและสัตว์เลี้ยง จึงควรใช้เฉพาะเมื่อมีความจำเป็น การใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกต้องอยู่เสมอๆ ทำให้ยุงบางส่วนไม่ได้สัมผัสกับละอองของสารเคมีโดยตรงหรือสัมผัสน้อย เมื่อยุงบางส่วนไม่ตายก็จะเป็นสาเหตุให้ยุงนั้นดื้อต่อสารเคมี ทำให้การควบคุมกำจัดด้วยสารเคมีนั้นไม่ได้ผลอีกต่อไป

2.1.2 ยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)

ยุงรำคาญหรือ Nuisance mosquito มีชื่อเดิมทางวิทยาศาสตร์ว่า Cx. Pipiens fatigans เป็นยุงที่พบได้ทั่วไปในเมืองหรือชุมชนแออัด ปัจจุบันยุงรำคาญได้รับความสนใจในแง่ที่ยุงชนิดนี้มีจำนวนมาก ได้ชื่อด้านการกัด ก่อกวนและ สร้างความรำคาญแก่มนุษย์และสัตว์เลี้ยง ยุงรำคาญมีลำตัวสีน้ำตาล วางไข่เป็นแพ (raft) ในแหล่งน้ำขังตามที่ต่างๆ ยุงพวกนี้กัดดูดกินเลือดคนภายในและภายนอกบ้านในเวลากลางคืน วงจรชีวิตของยุงชนิดนี้ ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 24-36 ชั่วโมง ลูกน้ำใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน ตัวโม่งใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน รวมเวลาจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 10-14 วัน (ที่อุณหภูมิ 28-35 องศาเซลเซียส) ยุงรำคาญมีจำนวนมากในแอฟริกาและเอเซีย ทังนี้เนื่องจากมีแหล่งเพาะพันธุ์ที่เหมาะสม และพบในเขตชุมชนเมืองที่เกิดขึ้นมาใหม่ตามความเจริญของเมือง ยุงพวกนี้เป็นโฮสท์กึ่งกลางที่สำคัญของหนอนพยาธิฟิลาเรียที่ทำให้เกิดโรคเท้าช้างในคน ซึ่งเกิดจาก Wuchereria bancrofti ในประเทศไทยมีรายงานการตรวจพบตัวอ่อนของ W.bancrofti ระยะที่ 2 ในยุงรำคาญที่ อ.แม่สอด จ.ตาก และได้มีการทดลองนำยุงรำคาญมากัดผู้ป่วยชาวพม่าที่มีเชื้อฟิลาเรียชนิด Noctural periodic แล้วเลี้ยงไว้ 14 วันจึงนำมาผ่าหาตัวอ่อนของหนอนพยาธิในระยะติดต่อ พบว่าอัตราการแพร่เชื้อในยุงมีค่าประมาณร้อยละ 80 ยุงชนิดนี้ยังนำเชื้อโปรโตซัวที่ทำให้เกิดไข้มาลาเรียในนก พยาธิหนอนหัวใจในสุนัข และไวรัสที่ทำให้เกิดโรคฝีดาษในสัตว์ปีก ในทางตะวันออกของสหรัฐอเมริกา ยุงชนิดนี้ยังเป็นพาหะที่สำคัญของเยื่อหุ้มสมองอักเสบที่เกิดจาก St. Louis encephalitis virus และ Western equine encephalitis virus ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานในประเทศไทย

ชีววิทยาของยุงรำคาญ

ยุงรำคาญมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ประกอบด้วย 4 ระยะคือ ไข่ ลูกน้ำ ตัวโม่งและตัวเต็มวัย

1. **ไข่ (egg)**

   ยุงรำคาญวางไข่เป็นแพบนผิวน้ำ หรือตามขอบของแหล่งน้ำเน่าเสียที่มีน้ำขังนิ่ง ไข่ใช้เวลา 1-3 วันในการเจริญอย่างสมบูรณ์เพื่อฟักเป็นตัวอ่อน ไข่ไม่สามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ ถ้าอยู่ในสภาพแห้งจะฝ่อและตัวอ่อนภายในจะตาย

2. **ลูกน้ำ (larva)**

   ลักษณะโดยทั่วไป ลูกน้ำยุงรำคาญส่วนหัวเจริญดี ด้านข้างของหัวมีตารวม นอกจากนี้มีตาเดียวซึ่งตั้งอยู่ด้านหลังของตารวม ตาเดี่ยวมีขนาดเล็กกว่าตารวม ส่วนปากของลูกน้ำถูกดัดแปลงไปเพื่อใช้สำหรับการเคี้ยว บนส่วนหัวบริเวณใกล้ปากมีกระจุกขนหนาแน่นเรียกว่า Feeding brush การเคลื่อนไหวของกระจุกขนเหล่านี้จะช่วยพัดพาเอาน้ำ และอาหารที่มีขนาดเล็กมากเข้าสู่ปาก

ปล้องอกทั้งสองปล้องของลูกน้ำยุงจะรวมกัน แล้วสร้างเป็นปล้องเดียวที่มีปลายมน ถัดจากส่วนอก เป็นปล้องท้องซึ่งมีทั้งหมด 9 ปล้อง ที่ปลายของปล้องสุดท้ายมี Anal trachealgill 4 อัน ด้านบนของปล้องสุดท้ายมีขนเกี่ยว ซึ่งมีลักษณะยาว และเป็นตะขอช่วยทำให้ลูกน้ำสามารถแขวนตัวเองกับผิวน้ำได้ ด้านล่างของปล้องสุดท้ายจะมีกลุ่มของขนแข็งๆ ซึ่งเรียกว่า Ventral brush รูหายใจ (Spiracle) ซึ่งยื่นออกมาจาก้านบนของปล้องท้องปล้องที่ 8 ลักษณะเรียวยาว รูเปิดของท่อหายใจจะถูกปิดโดยลิ้นแข็ง (Chitinous valves หรือ Spiracular valves)

เมื่อลูกน้ำกินอาหารและหายใจ จะโผล่มาที่ผิวน้ำโดยการช่วยของ Clinging bristle ลูกน้ำจะแขวนตัวกับผิวน้ำโดยเอาหัวลงไปในน้ำ และส่วนของลำตัวทำมุมกับผิวน้ำ บนด้านข้างแต่ละด้านของท่อหายใจจะมีแถวของหนามแหลม (Spine) ประมาณ 12-15 อันเรียกว่า pecten บนปล้องท้องที่ 8 จะมีแถวของหนามแหลมซึ่งเรียกว่า comb scale จำนวน 4 แถวลักษณะของ Pecten และ Comb scale ของลูกน้ำยุงรำคาญสามารถนำมาใช้จำแนกชนิดได้

ลูกน้ำยุงรำคาญจะกินพวกจุลชีพ และอินทรียวัตถุอื่นๆในน้ำ อาหารถูกนำเข้าสู่ปากโดยการช่วยเหลือของขนยาวที่มีลักษณะคล้ายพู่กันเรียกว่า Mouth brush โดยอาหารจะถูกพัดเข้าไปในคอหอยจากนั้นจึงถูกดูดเข้าสู่หลอดอาหาร ลูกน้ำยุงรำคาญลอกคราบทั้งสิ้น 4 ครั้ง การลอกคราบครั้งสุดท้ายจะกลายเป็นตัวโม่งการเจริญเติบโตของลูกน้ำอย่างสมบูรณ์ ใช้เวลาประมาณ 7-10 วันทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม อาหารและฮอร์โมนในตัวของลูกน้ำ

3. ตัวโม่ง (Pupa)

ภายหลังการลอกคราบครั้งที่ 4 ลูกน้ำจะเจริญเป็นตัวโม่ง ซึ่งเป็นระยะที่ไม่กินอาหาร ระยะตัวโม่งสั้นมาก ประมาณ 1-3 วัน

ลักษณะโดยทั่วของตัวโม่งยุงรำคาญแบบ obtectate pupa ซึ่งระยางค์จะติดกับลำตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และมีรูปร่างคล้ายเครื่องหมายจุลภาค ส่วนหัวและส่วนอกของตัวโม่งจะรวมกันแล้วสร้างเป็นก้อนกลมมน ซึ่งเรียกว่า Cephalothorax ใต้ Cephalothorax เป็นส่วนท้องซึ่งมีลักษณะแบนและโค้งจากด้านบนถึงปลายด้านล่าง บนส่วนหัวของตัวโม่งจะพบตาแบบธรรมดา และตารวมซึ่งกำลังเจริญของตัวเต็มวัย บนปล้องท้องปล้องที่ 9 มีพายเป็นแผ่นแบบ 2 อัน ซึ่งช่วยในการเคลื่อนไหว

ตัวโม่งจะหายใจโดยผ่านทางท่อหายใจซึ่งเรียกว่า Respiratory horn หรือ Respiratory trumpet จำนวน 1 คู่ ที่มีลักษณะยาวเรียวตั้งอยู่ด้านบนของ Cephalothorax

4. ตัวเต็มวัย (Adult)

ลักษณะโดยทั่วไป ลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวประกอบด้วยปล้อง 14-15 ปล้องและเห็นได้ชัดเจน Scutellum แบ่งเป็น 3 พู ชัดเจน แต่ละพู (Lobe) จะมีขนแข็งออกมา แต่จะมีบริเวณที่ไม่มีขนระหว่าง Lobe ส่วนท้องจะถูกปกคลุมด้วยเกล็ด ในยุงตัวผู้หนวดมีขนยาวลักษณะเป็นแบบ Plumose และในยุงตัวเมีย หนวดมีขนสั้นแบบ Pilose

ส่วนปากของยุงตัวเต็มวัยตัวเมียประกอบด้วย Labrum, Epipharynx, Hypopharynx mandible และ Maxillae ที่มีลักษณะเป็นท่อยาวเรียวแหลมและตอนปลายมีฟันเล็กๆ สำหรับเจาะเนื้อเยื่อโฮสท์ นอกจากนี้ส่วนปากยังพบระยางค์ปาก (Maxillary palpi) 1 คู่ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญในการแยกชนิดต่างๆ ของยุง ระยางค์ปากนี้ มีความยาวน้อยกว่า Proboscis มาก แต่ในยุงตัวผู้ระยางค์ปากมีความยาวมากกว่า Proboscis แต่ส่วนปลายไม่มีลักษณะเป็นกระบอง ระยางค์ปากของยุงทั้ง 2 เพศมีขน

แหล่งเพาะพันธุ์

ยุงรำคาญมีแหล่งเพาะพันธุ์ในน้ำสกปรกจากการศึกษาคุณภาพของน้ำที่พบลูกน้ำยุงชนิดนี้ เช่น ในคูระบายน้ำ น้ำครำใต้ถุนบ้าน น้ำทิ้งจากครัวเรือน น้ำในบ่อขยะ บ่อส้วม พบว่าจะมีค่า BOD (Biological Oxygen Demand) สูง แต่ค่า DO (Dissolved Oxygen) ต่ำ ลูกน้ำของยุงรำคาญมีความทนทานต่อสภาพน้ำเสียต่างๆได้ดี สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว จึงมีความชุกชุมสูงทุกฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน และฤดูฝน จะพบแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงชนิดนี้ทั่วไปในท่อระบายน้ำทั้งเขตเมืองและเขตชนบท

2.2 พฤติกรรมในการบินของแมลง

โดยพฤติกรรมในการบินของแมลงนี้จะพิจารณาจากพฤติกรรมที่ทำเป็นประจำ เช่น การบินเพื่อการหาเหยื่อ , การผสมพันธุ์ หรืออาจจะเกิดขึ้นจากการบินเพื่อย้ายถิ่นฐาน หรืออพยพ ซึ่งจะมีปัจจัยในหลาย ๆ อย่างเข้ามาเกี่ยวข้องกับการบินของแมลงเหล่านี้

ปัจจัยที่จำกัดพฤติกรรมในการบิน

การบินนั้นจะเกิดขึ้นภายในช่วงจำกัดช่วงหนึ่งของสภาพต่างๆ ซึ่งมีทั้งในส่วนของปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ถึงแม้ว่าปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะถูกแบ่งออยกได้ แต่พึงระลึกไว้เสมอว่าแมลงนั้นจะตอบสนองต่อทุกๆ ปัจจัยที่ซับซ้อน ของทั้งสภาพแวดล้อมของมัน , ปัจจัยภายใน และภายนอก รวมถึงอาจจะมีปัจจัยอื่นๆ ที่หลากหลายเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ปัจจัยภายนอก

- แสงสว่าง โดยพฤติกรรมในการบินของสัตว์เป็นจำนวนมากจะถูกจำกัดโดยความเข้มของแสง โดย Lewis และ Taylor ชี้ว่านี่อาจจะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมเวลาในการบินของสัตว์

หลายๆ ชนิด แต่ก็ยังมีสัตว์อีกหลายชนิดที่พฤติกรรมการบินโดยดูที่แสงนั้นจะมีการประกอบเข้ากับ scent ในส่วนอื่นๆ เช่น การหาอาหาร หรือการผสมพันธุ์

- Wind-Speed โดยแมลงส่วนมากนั้นจะทำการบินโดยที่ความเร็วลมจะค่อนข้างต่ำ และมีบางส่วนที่เมื่อความเร็วลมสูงมากขึ้นจะเกาะอยู่นิ่งๆ แทน
- Humidity โดยยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ว่าความชื้นของอากาศนั้นมีผลต่อการบินหรือไม่ แต้ในบางกรณีของแมลงพบว่าความชื้นนั้นมีความสัมพันธ์กันกับการบินอย่างต่อเนื่องของแมลงบางชนิด เช่น Schistocerca ซึ่งจะมีการบินอย่างต่อเนื่องหากมีความชื้นสูง
- อุณหภูมิ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมนั้นมีผลกระทบอย่างมากต่อพฤติกรรมในการบิน แต่จะต้องพิจารณาร่วมกับอุณหภูมิในร่างกายของแมลงและ ปัจจัยภายในตัวแมลงอื่นๆ

ปัจจัยภายใน

- อุณหภูมิ อุณหภูมิของร่างกายของแมลงนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการบิน โดยมีความเป็นไปได้ที่ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า อุณหภูมิในร่างกายของแมลงจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิในอากาศ แต่ในระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้น แมลงอาจจะมีอุณหภูมิที่สูงมากขึ้นกว่าอุณหภูมิในร่างกายที่ได้มีการจดบันทึกไว้ในแต่ละแมลงเนื่องจากอุณหภูมิจะถูกเพิ่มขึ้นจากทั้งการแผ่รังสีของพระอาทิตย์และกิจกรรมของกล้ามเนื้อ โดยแมลงแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่จำกัดในการบิน โดยถูกตั้งขึ้นจากความไม่มีประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในอุณหภูมิเหล่านี้
- Muscle development โดยส่วนมากนั้นแมลงเมื่อออกมาจาก Larvae จะใช้เวลาประมาณ 7-10 ในการกลายเป็นตัวเต็มวัย โดยเริ่มแรกพวกมันจะบินไม่ได้ ต่อมาจะสามารถบินได้ในระยะใกล้ๆ ซึ่งจากนั้นในเวลาต่อมาจะสามารถบินได้เต็มที่เมื่อเป็นตัวเต็มวัย โดยกล้ามเนื้อที่มีการพัฒนานี้มีให้เห็นในหลายตัวอย่างเช่น ยุง Aedes communis ซึ่งเมื่อผ่านระยะที่สามารถบินได้เพียงในระยะใกล้ ๆ กล้ามเนื้อก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลง
- Availability of fuel การบินนั้นจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีพลังงานเพียงพอที่จะผลักดันให้กล้ามเนื้อเกิดการพัฒนา
- State of feeding การหาอาหารนั้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้กิจกรรมในการบินของแมลงบางชนิดนั้นลดลง เช่น Glossina ซึ่งมีแนวโน้มที่จะไม่บินภายหลังจากการกินเลือดจนอิ่มแล้ว จนกระทั่งอาหารนั้นเกิดการย่อยหมดก็จะเริ่มต้นในการบินใหม่
- State of maturity โดยในบางกรณีนั้นการเป็นตัวแก่ก็เป็นการจำกัดการบินส่วนหนึ่ง แต่ก็มีบางชนิดของแมลงที่จะทำการบินเมื่อกลายเป็นตัวแก่เท่านั้น

ปัจจัยที่มีผลให้เกิดการเริ่มบิน

- แสงและ visual stimulation มีบางหลักฐานที่กล่าวไว้ว่าการบินนั้นอาจจะเริ่มขึ้นจากการรับรู้ถึงความเข้มแสงเฉพาะค่าหนึ่ง โดยบางชนิดของแมลงจะเริ่มมีการบินเมื่อมีความเข้มแสงต่ำๆ และ

ในกรณีของ visual stimulation พบว่าหากมีการเคลื่อนที่ของบางสิ่งก็ก่อให้เกิดการเริ่มบิน ซึ่งบางส่วนมาจากสัญชาตญาณในการอาหาร

- ความเร็วลม มีหลักฐานที่เชื่อได้ว่า ความเร็วลมที่สูงจะหยุดการเริ่มบิน
- ความชื้น โดยมีบางกรณีที่การเริ่มบินจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความชื้น
- กลิ่น โดยมีบางแมลงที่จะเกิดการเริ่มบินเมื่อได้กลิ่นบางอย่าง ซึ่งจะมีการบินเพื่อค้นหาที่มาของกลิ่นนั้น รวมถึงการบินเพื่อเข้าหากลิ่นของเหยื่อด้วย
- อุณหภูมิ โดยกิจกรรมในการเริ่มบินนั้นอาจเกี่ยวเนื่องกับการที่อุณหภูมิเริ่มมากขึ้นด้วย แต่ในขณะเดียวกันการที่อุณหภูมิมากขึ้นก็เป็นตัวที่ส่งผลต่อปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น และความเร็วลม ดังนั้นจึงควรจะพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ด้วย
- ปัจจัยอื่นๆ โดยยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายอย่างที่ส่งผลต่อการเริ่มบินของแมลง เช่นการหนีให้ห่างไกลจากสัตว์อื่น ๆ โดยถูกผนวกเข้ากับปัจจัยอื่นๆ เช่น การมองเห็น การได้กลิ่น เป็นต้น

2.3 คลื่นเสียง

คลื่นเสียงนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการรบกวนบรรยากาศโดยรอบโดยแหล่งที่สร้างเสียงนั้น โดยสังเกตได้คล้ายกับการที่เราโยนก้อนหินทิ้งลงไปในน้ำ จะพบได้ว่าเกิดการแผ่ขยายตัวของคลื่นไปตามผิวน้ำนั้นในทุกๆ ทาง แต่ในกรณีของคลื่นเสียงในอากาศนั้น พลังงานจะเกิดการถ่ายทอดจากโมเลกุลของอากาศที่อยู่ติดกันไปยังโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ถัดไป ในทิศทางเดียวกันกับคลื่นหน้าโดยความดันบรรยากาศโดยทั่วๆไป นั้นความเข้มของโมเลกุลของอากาศนั้นทำให้เราสามารถเรียกอากาศได้ว่าเป็น Elastic Material โดยโมเลกุลเกิดการสั่นเนื่องจากแหล่งกำเนิดเสียง และโมเลกุลที่ติดอยู่กับแหล่งของเสียงนั้นจะรับเอาพลังงานจลน์จากแหล่งกำเนิดและส่งต่อโมเมนตัมเหล่านั้นของมันไปยังโมเลกุลที่อยู่ติดกัน และในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศเดี่ยวๆ จะมีแรงคืนตัวเพื่อให้โมเลกุลกลับไปยังตำแหน่งเดิมภายหลังจากการเกิดการสั่น เนื่องจากปฏิกิริยาของแรงเฉื่อยในทำนองเดียวกันกับการเคลื่อนที่แบบ pendulum และเนื่องจาก air เป็น ตัวกลาง elastic เมื่อแหล่งกำเนิดเกิดจากการสั่นแบบ simple harmonic motion ก็จะทำให้โมเลกุลของอากาศรอบๆ เกิดการสั่นเป็นแบบ simple harmonic ด้วย ดังนั้นการแพร่กระจายของคลื่นเสียงนั้น โมเลกุลของอากาศไม่ได้เกิดการเคลื่อนที่ในระยะไกลๆ แต่เป็นการแกว่งไปด้านหน้าและด้านหลังเพื่อถ่ายทอดพลังงานให้กับโมเลกุลต่างๆ โดยใช้การสัมผัสกันนั่นเอง

ความถี่และความยาวคลื่น

จำนวนของการแกว่งที่สมบูรณ์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงถ่ายทอดมาให้ต่อหนึ่งวินาทีจะอยู่ในรูปของความถี่ f โดยคลื่นเสียงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจะแพร่กระจายออกไปด้วยความถี่เดียวกัน

การแพร่กระจายของเสียงในบรรยากาศ

การดูดกลืนเสียงในบรรยากาศ

เนื่องจากอากาศไม่ใช่ตัวกลาง Elastic ที่สมบูรณ์ ทำให้ระหว่างกระบวนการต่างๆ ในการส่งและรับคลื่นเสียงของโมเลกุลนั้นเกิดความไม่สมบูรณ์ขึ้น โดยบางส่วนของคลื่นเสียงก็จะถูกดูดกลืนไป โดย โดยมีปัจจัยที่สำคัญคือ α สามารถดูได้จากสมการ

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 4.34 * 10^{-9} f^2 + \alpha_2$$

โดย f คือความถี่เสียงในหน่วย Hz ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีที่คลื่นเสียงเป็นคลื่นความถี่สูงจะพบได้ว่า จะมีการถูกดูดซึมจากอากาศอย่างมาก โดยทั่วไปจะพบได้ว่าในกรณีที่คลื่นเสียงมีความถี่สูงมากกว่า 50,000 Hz ก็จะทำให้คลื่นถูกดูดซึมไปอย่างมาก ทำให้คลื่นไม่สามารถกระจายไปได้ไกล นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกมากที่ก่อให้เกิดการดูดซึมของคลื่นเสียงไปในบรรยากาศ เช่น ความชื้นของอากาศ ซึ่งสามารถที่จะไม่คำนึงถึงได้ในกรณีที่ ความถี่สูง

และส่วนที่สองก็คือ α_2 เป็นผลอันซับซ้อนมาจากในหลายๆส่วนคือ ความถี่เสียง , อุณหภูมิ และความชื้น

ซึ่งถ้าความถี่ต้องเดินทางผ่านอากาศความถี่ที่ใช้มักไม่เกิน 50 กิโลเฮิรตซ์ เพราะถ้าความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว

อัตราเร็วของคลื่นเสียง

อัตราเร็วของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลาง ที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไปและขึ้นกับอุณหภูมิของตัวกลางนั้นๆ สำหรับตัวกลางของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ถ้ามีอุณหภูมิที่เท่ากันแล้วเสียงจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดในตัวกลางของแข็ง รองลงมาคือของเหลว และแก๊สตามลำดับ เสียงในของแข็งจะมีอัตราเร็วประมาณ 15 เท่าของอัตราเร็วเสียงในอากาศ และเสียงในตัวกลางของเหลวจะมีอัตราเร็วประมาณ 4 เท่าของเสียงในตัวกลางอากาศ

2.4 ระดับความดันเสียงและระดับความเข้มเสียง

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ออกไปจากแหล่งกำเนิดเสียง จะนำเอาพลังงานติดตัวไปด้วย คลื่นเสียงตกกระทบลงบนพื้นที่ใด พื้นที่นั้นก็จะได้รับพลังงานจากคลื่นไป ความเข้มของคลื่นเสียง ณ จุดใด ก็คือ พลังงานของคลื่นเสียงที่ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางหน่วยที่ตั้งฉากกับแนวคลื่นนั้น ใน 1 หน่วยเวลา โดยเสียงที่มีความเข้มมากๆ อาจเป็นอันตรายต่อเยื่อหู และระบบกลไกต่างๆ ของการได้ยิน ซึ่งอยู่ภายในหู โดยความดันเสียงต่ำสุดที่คนธรรมดาได้ยินที่ 1000 Hz คือ 2×10^{-5} นิวตัน-เมตร$^{-2}$ ส่วนความดันสูงสุดที่รับฟังได้โดยยังไม่รู้สึกเจ็บปวด คือ 100 นิวตัน-เมตร$^{-2}$ กล่าวคือ ค่าของความ

ดันเสียงนี้มีช่วงกว้างไดนามิกส์ประมาณ 1 ต่อล้าน ในการวัดถ้าเราใช้ความดันเสียงเป็น นิวตัน-เมตร$^{-2}$ โดยตรงจึงไม่สะดวก และเนื่องจากกลไกการได้ยินมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความดันเสียงในลักษณะคล้ายกันจึงสะดวกที่จะวัดโดยการเปรียบเทียบความดันเสียงหรือเปรียบเทียบความเข้มของเสียง ในการเปรียบเทียบความเข้มของเสียง เรานิยาม ระดับความเข้มเสียง (intensity level) β มีหน่วยเป็น เดซิเบล (decibel) เขียนย่อว่า dB ดังนี้

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \qquad (2.1)$$

โดยที่ I_0 เป็นความเข้มของเสียงอ้างอิง ในกรณีของเสียงในอากาศ กำหนดให้ค่า I_0 เป็น 10^{-12} วัตต์-เมตร$^{-2}$ ดังนั้นเสียงที่มีความเข้ม 10^{-12} วัตต์-เมตร$^{-2}$ มีระดับความเข้มเสียงศูนย์ ความเข้มเสียงสูงสุดที่หูคนทนได้มีค่าประมาณ 1 วัตต์-เมตร$^{-2}$ เทียบได้กับระดับความเข้ม 120 เดซิเบล

เนื่องจากความเข้มของเสียงแปรโดยตรงกับกำลังสองความดันเสียง ดังนั้นเราจึงอาจนิยามระดับความดันเสียง (sound pressure level) SPL ทำนองเดียวกัน ดังนี้

$$SPL = 10 \log (P/P_0)^2$$

$$= 20 \log (P/P_0) \qquad (2.2)$$

โดยที่ SPL มีหน่วยเป็นเดซิเบล P_0 เป็นความดันเสียงอ้างอิงซึ่งมีค่ากำหนดให้เท่ากับ $2x10^{-5}$ นิวตัน-เมตร$^{-2}$ สำหรับเสียงในอากาศ

ระดับความเข้มของเสียง (Intensity level of sound)

เนื่องจากหูมนุษย์ได้ยินเสียงที่มีความเข้มต่ำ ตั้งแต่น้อยมากคือ 10^{-12} วัตต์-เมตร$^{-2}$ จนถึงเสียงที่มีความเข้มมากถึง 1 วัตต์-เมตร$^{-2}$ ซึ่งเป็นขอบเขตที่กว้างมาก และเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ก็มีความหลากหลายของระดับความเข้มเสียงแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

แหล่งกำเนิด	ระดับความเข้มเสียง (d B)	ความเข้มเสียง (W/m^2)	ความรู้สึก
เสียงดังที่หูเริ่มเจ็บปวด	120	1	เริ่มปวดแก้วหู
ฟ้าร้อง	110	10^{-1}	หนวกหู
เสียงปืนใหญ่	110	10^{-1}	
เสียงตอกหมุดเหล็ก	100	10^{-2}	
เสียงรถไฟ	90	10^{-3}	
เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม	90	10^{-3}	เสียงดังมาก
เสียงรถบรรทุก	90	10^{-3}	
เสียงจากเครื่องเจาะที่ใช้ลม	80	10^{-4}	
ถนนที่มีการจราจรคับคั่ง	70	10^{-5}	
สำนักงานที่มีเสียงรบกวน	60	10^{-6}	เสียงดัง
การสนทนาภายในบ้าน	60	10^{-6}	
เสียงรบกวนในบ้านที่มีคนทำงาน	50	10^{-7}	
เสียงตามปกติในสำนักงาน	40	10^{-8}	ดังปานกลาง
เสียงวิทยุในบ้าน	40	10^{-8}	
เสียงในบ้านที่อยู่กันอย่างเงียบๆ	30	10^{-9}	
สำนักงานส่วนตัว	20	10^{-10}	เงียบ
โรงพยาบาล	20	10^{-10}	
เสียงกระซิบ	20	10^{-10}	
เสียงใบไม้ไหว	10	10^{-11}	
ห้องเก็บเสียง	0	10^{-12}	เสียงค่อยมากจนเกือบไม่ได้ยิน
เสียงเบาที่สุดที่หูเริ่มได้ยิน	0	10^{-12}	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ทฤษฎีด้านการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ

เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบว่า ปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response)

ปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการทดลอง
2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึงปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต เนื่องมาจากเทคโนโลยีไม่ทันสมัยพอ ต้นทุนในการควบคุมสูงมาก หรือไม่มีความสามารถควบคุมเพราะเกิดจากสภาพแวดล้อมในการทดลอง ฯลฯ

วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

- เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่ได้กล่าวไว้
- เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพล หรือ ผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้น (ปัจจัยที่ทราบค่า สามารถกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงได้) ที่มีต่อตัวแปรตาม (คุณลักษณะที่สามารถทราบได้หลังจากการทดลองในแต่ละครั้ง หรือค่าที่ต้องการวัด)

ปัจจัย (Factor) หมายถึง คุณสมบัติใดๆ ที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณลักษณะในผลตอบสนอง

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึงสภาวะต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งๆที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็กๆน้อยๆ ในการทดลอง ที่ไม่ทราบค่าและไม่สามารถควบคุมได้

หลักในการออกแบบการทดลอง

- การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การทำให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลในแต่ละการทดลองเท่าๆ กัน
- การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก
- การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลออกเป็นช่วงๆ เพื่อลดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นจะต้องมีการทำเสมอไป

ลำดับขั้นตอนในการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การนิยามปัญหา ในขั้นตอนนี้เราต้องพยายามพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และบ่อยครั้งที่เราจะต้องหาข้อมูลอินพุทจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ถ้อยแถลงของปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้นๆ
2. การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับปัจจัย เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้าย คือระบุว่าระดับที่ใช้ควรเป็นแบบใด แบบกำหนด (Fixed levels) , แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed levels)
   - 2.1 แบบกำหนด (Fixed Level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
   - 2.2 แบบสุ่ม (Random levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าได้แน่นอน
   - 2.3 แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม
3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย
4. การเลือกแบบการทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม และการบล็อก ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยง รวมไปถึงต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัยต่างๆ
5. การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ และข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมาน้อยที่สุด
6. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูลพึงระลึกเสมอว่า วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลเท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผล
7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจแสดงในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

2.6 การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

สมมติว่าเรามีระดับซึ่งแตกต่างของปัจจัยเดียวที่เราต้องการทำการเปรียบเทียบ และค่าตอบสนองที่ได้จากการสังเกตในแต่ละระดับเป็นตัวแปรสุ่ม ข้อมูลควรจะมีลักษณะเหมือนในตารางด้านล่าง ซึ่งค่าต่างๆที่แสดงในตาราง (เช่น y_{ij}) หมายถึง ค่าสังเกตที่ j ภายใต้ระดับที่ i หรือโดยทั่วไปจะมีการสังเกต n ค่าภายใต้ระดับ i เราสามารถอธิบายค่าสังเกตต่างๆ นี้ด้วยแบบจำลองทางสถิติเชิงเส้น คือ

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1,2,\dots a \\ j = 1,2,\dots n \end{cases} \qquad (2.3)$$

โดยที่ y_{ij} เป็นค่าสังเกตที่ ij และ μ คือค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ร่วมกันทุกระดับซึ่งเรียกว่า มัช-ฌิมรวม (Overall Mean) τ_i คือค่าพารามิเตอร์สำหรับระดับที่ i หรือผลกระทบจากระดับที่ i และ ε_{ij} คือองค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error) จุดประสงค์ของเราก็เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสมเกี่ยวกับผลกระทบของระดับต่างๆ และทำการประมาณค่าของมันสำหรับการทดสอบทดสอบสมมติฐาน ความผิดพลาดของแบบจำลองถูกสมมติให้เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายแบบปกติและเป็นอิวระต่อกัน ด้วยมัชฌิมเท่ากับ 0 และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งสมมติให้มีค่าคงตัวตลอดทุกระดับของปัจจัย

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลสำหรับการทดลองปัจจัยเดียว

Treatment (level)		Observations			Totals	Averages
1	y_{11}	y_{12}	…	y_{1n}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2n}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
.	.	.	…		.	.
.	.	.	…		.	.
.	.	.	…		.	.
a	y_{a1}	y_{a2}	…	y_{an}	$y_{a.}$	$\bar{y}_{a.}$
					$y_{..}$	$y_{..}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองนี้เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (Single Factor Analysis of variance) เพราะมีเพียงแค่ปัจจัยเดียวที่นำมาพิจารณา ยิ่งกว่านั้นลำดับในการทดลองจะต้องเป็นแบบสุ่มเพื่อทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนั้นการทดลองนี้จึงเป็นการออกแบบการทดลองที่เรียกว่า การออกแบบสุ่มบริบูรณ์

แบบจำลองทางสถิติในสมการที่ 2-3 อธิบายความแตกต่างของ 2 สถานการณ์ที่เกี่ยวกับผลกระทบของระดับ อันดับแรกคือ ระดับ a ระดับสามารถถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ทดลอง ในที่นี้เราต้องการที่จะทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับมัชฌิมของระดับ และบทสรุปที่เกิดขึ้นจะนำไปประยุกต์ได้กับระดับของปัจจัยที่เราพิจารณาเท่านั้น ข้อสรุปที่ได้ไม่สามารถไปใช้กับระดับอื่นที่มีค่าใกล้เคียงที่เราไม่ได้พิจารณาหรือทำการทดลองได้ นอกจากนั้น เราก็อาจจะต้องการที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (μ , τ_i,σ^2)ซึ่งเรียกว่า แบบจำลองผลกระทบคงที่ (Fixed Effects Model) ในทางกลับกัน ถ้าระดับ a ถูกสุ่มเลือกจากประชากรขนาดใหญ่ของระดับต่างๆที่เป็นไปได้ ในกรณีนี้เราสามารถที่จะขยายผลสรุป (ซึ่งขึ้นกับตัวอย่างของระดับที่ใช้)ของเราไปยังทุกๆระดับของประชากร ถึงแม้ว่าเราอาจจะไม่ได้ทำการพิจารณาระดับนั้นๆอย่างชัดเจนก็ตาม ในการวิเคราะห์ ในที่นี้คือ τ_i คือตัวแปรสุ่ม และความรู้เกี่ยวกับค่าตัวแปรสุ่มตัวใดตัวหนึ่งจะไม่มีประโยชน์แต่อย่างไร เราทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแปรผันของ τ_i และพยายามที่จะประมาณค่าความแปรผันนี้ ซึ่งเรียกว่า แบบจำลองผลกระทบแบบสุ่ม

การวิเคราะห์แบบจำลองผลกระทบคงที่

ในส่วนนี้ เราจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียวของแบบจำลองผลกระทบคงที่ ผลกระทบของระดับ (τ_i) มีนิยามเหมือนกับส่วนของค่าเบี่ยงเบนจากมัชฌิมรวม

$$\sum_{i=1}^{a} \tau_i = 0 \qquad (2\text{-}4)$$

ให้ $\bar{y}_{i.}$ แทนค่าสังเกตทุกๆตัวของระดับ i ในทำนองเดียวกันให้ $y_{..}$ แทนค่าสังเกตทั้งหมด และ $\bar{y}_{i.}$ แทนค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตภายใต้ระดับที่ i ในทำนองเดียวกัน $y_{..}$ แทนผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด และ $\bar{y}_{..}$ แทนค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด ซึ่งเราสามารถเขียนในรูปของสัญลักษณ์ คือ

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^{n} y_{ij} \,,\ \bar{y}_{i.} = y_i / n \qquad i = 1,2,\ldots,a$$

$$y_{..} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} y_{ij} \,,\ \bar{y}_{..} = y_{..} / N \qquad (2\text{-}5)$$

โดยที่ N = an คือจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด จะสังเกตว่าเครื่องหมาย “.” แทนผลรวมของตัวห้อยที่เครื่องหมายนั้นเข้าไปแทนที่อยู่

มัชฌิมของระดับ i คือ $E(y_{ij}) \equiv \mu = \mu + \tau_i$, i = 1,2,...,a ดังนั้นมัชฌิมของระดับที่ i ประกอบด้วย มัชฌิมรวมบวกกับผลกระทบที่เกิดจากระดับที่ i เราสนใจในการทดสอบความเท่ากันของมัชฌิม a ระดับ คือ

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_a = 0$

H_1 : $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อยหนึ่งคู่ของ (i,j)

ถ้าหาก H_0 เป็นจริง ทุกระดับจะมีมัชฌิมที่เท่ากันคือ μ เราอาจเขียนสมมติฐานใหม่ในรูปของผลกระทบของระดับ τ_i ได้ คือ

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_a = 0$

H_1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อยหนึ่ง i

ดังนั้น เราสามารถกล่าวได้ว่า การทดสอบความเท่ากันของมัชฌิมของระดับหรือการทดสอบผลที่เกิดขึ้นจากระดับ τ_i เท่ากับศูนย์ก็ได้ กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความเท่ากันของมัชฌิมของระดับ a คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การแยกย่อยของผลรวมของกำลังสอง

คำว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน มาจากความหมายของการแบ่งความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ จะได้ว่า Total Corrected Sum of Square คือ

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \overline{y_{..}})^2$$

ใช้สำหรับวัดความแปรผันทั้งหมดของข้อมูล เป็นการเหมาะสมถ้าเราหาร SS_T ด้วยระดับขั้นความเสรีที่เหมาะสม (ในกรณีนี้คือ an-1 = N-1) เราจะได้ความแปรปรวนของตัวอย่าง y

สังเกตว่า Total Corrected Sum of Square, SS_T สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \overline{y_{..}})^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left[(y_{i.} - \overline{y_{..}}) + (y_{ij} - \overline{y_{i.}})\right]^2 \qquad (2\text{-}6)$$

หรือ

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \overline{y_{..}})^2 = n\sum_{i=1}^{a}(\overline{y_{i.}} - \overline{y})^2 + \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \overline{y_{i.}})^2 + 2\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}(\overline{y_{i.}} - \overline{y_{..}})(y_{ij} - \overline{y_{i.}}) \qquad (2\text{-}7)$$

อย่างไรก็ตาม พจน์ของผลคูณไขว้ในสมการ 2-7มีค่าเป็น 0 เพราะว่า

$$\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-\overline{y_{i.}}\right)=y_{i.}=n\overline{y_{i.}}=y_{i.}-n\left(y_{i.}/n\right)=0$$

ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-\overline{y_{..}}\right)^2=n\sum_{j=1}^{a}\left(\overline{y_{i.}}-\overline{y_{..}}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-\overline{y_{i.}}\right)^2 \quad (2\text{-}8)$$

สมการที่ 2-8 กล่าวว่า ความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูล ซึ่งวัดจาก Total Corrected Sum of Square สามารถแบ่งออกเป็น ส่วนของผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับกับค่าเฉลี่ยรวม รวมกับผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตภายในระดับกับค่าเฉลี่ยของระดับนั้นๆ ค่าของความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตเฉลี่ยของแต่ละระดับกับค่าเฉลี่ยรวมคือ ตัววัดความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับ ในขณะที่ค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตภายในระดับกับวัดความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับ ในขณะที่ค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตภายในระดับกับค่าเฉลี่ยของระดับ คือ ความผิดพลาดสุ่ม (Random error) ดังนั้น เราสามารถเขียนสมการ 2-8 ได้เป็น

$$SS_T = SS_{Treatment} + SS_E$$

ซึ่ง $SS_{Treatment}$ เรียกว่าผลรวมของกำลังสองที่เกิดเนื่องจากระดับ (นั่นคือ ระหว่างระดับต่างๆ) และ SS_E เรียกผลรวมของกำลังสองที่เกิดเนื่องจากความผิดพลาด เนื่องจากมีค่าสังเกตทั้งหมด an = N ค่า ดังนั้น SS_T จะมี N-1 ระดับขั้นความเสรี ปัจจัยที่กำลังพิจารณาอยู่จะมี a ระดับ (และมัชฌิมของระดับจะมี a ค่า) ดังนั้น $SS_{Treatment}$ มีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ a-1 และภายในทุกๆ ระดับจะมี n เรพลิเคต ทำให้มีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ n-1 สำหรับประมาณความผิดพลาดในการทดลอง ดังนั้นถ้าปัจจัยมี a ระดับ เราจะมี a(n-1) = an – a = N-a ระดับขั้นความเสรีสำหรับความผิดพลาดจะมีประโยชน์อย่างมากถ้าเราจะพิจารณาในรายละเอียดของสองพจน์ทางด้านขวามือของสมการ 2-8 ให้พิจารณาค่าผิดพลาดของผลรวมกำลังสอง

$$SS_E = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-y_{i.}\right)^2=\sum_{i=1}^{a}\left[\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-y_{i.}\right)^2\right]$$

ในรูปแบบนี้ จะเป็นการง่ายที่พิจารณาพจน์ที่อยู่ในวงเล็บซึ่งถูกหารด้วย n-1 ว่าคือ ความแปรปรวนของตัวอย่างในระดับที่ i

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}-\overline{y}_{i.}\right)^2}{n-1} \qquad i= 1,2,\ldots a$$

ตอนนี้ความแปรปรวนตัวอย่าง a ค่าอาจจะถูกรวมให้เป็นค่าประมาณหนึ่งค่าของค่าความแปรปรวนร่วมของประชากร ซึ่งแสดงได้โดย

$$\frac{(n-1)S_1^2 + (n-1)S_2^2 + \ldots + (n-1)S_a^2}{(n-1) + (n+1) + \ldots + (n-1)} = \frac{\sum_{i=1}^{a}\left[\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij} - \overline{y}_{i.}\right)^2\right]}{\sum_{i=1}^{a}(n-1)}$$

$$= \frac{SS_E}{(N-a)}$$

ดังนั้น $SS_E/(N-a)$ คือ ค่าประมาณความแปรปรวนร่วมภายในระดับแต่ละระดับ ซึ่งมีทั้งหมด a ระดับในทำนองเดียวกัน ถ้าหากไม่มีความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของระดับทั้งหมด a ระดับเราสามารถนำค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของระดับกับค่าเฉลี่ยรวมเพื่อประมาณ σ^2 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

$$\frac{SS_{Treatments}}{a-1} = \frac{n\sum_{i=1}^{a}\left(\overline{y_{i.}} - \overline{y_{..}}\right)^2}{a-1}$$

คือ ค่าประมาณของ σ^2 ถ้าหากมัชฌิมของระดับมีค่าเท่ากัน เหตุผลสำหรับอธิบายเป็นดังนี้คือ ค่า $\sum_{i=1}^{a}\left(\overline{y_{i.}} - \overline{y_{..}}\right)^2 / (a-1)$ ประมาณค่าของ σ^2/n ซึ่งหมายถึงความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของระดับ ดังนั้น $n\sum_{i=1}^{a}\left(\overline{y_{i.}} - \overline{y_{..}}\right)^2 / (a-1)$ จะเป็นตัวประมาณของ σ^2 ถ้าหากไม่มีความแตกต่างในมัชฌิมของระดับ

เราพบว่าการวิเคราะห์เอกลักษณ์ความแปรปรวน (สมการ 3-6) ทำให้ได้ค่าประมาณของ σ^2 2 ตัว ตัวหนึ่งเป็นความแปรผันภายในระดับ และอีกตัวหนึ่งอยู่ในความแปรผันระหว่างระดับ ถ้าหากไม่มีความแตกต่างในมัชฌิมของระดับ ค่าประมาณทั้ง 2 ค่าจะคล้ายคลึงกันมาก แต่หากว่าไม่เป็นเช่นนั้น ควรจะสงสัยว่า ความแตกต่างของค่าสังเกตต้องเกิดมาจากความแตกต่างของมัชฌิมของระดับ ถึงแม้ว่าคำกล่าวนี้จะมาจากความรู้สึกเท่านั้น แต่ก็มีวิธีการอย่างเป็นทางการที่สามารถนำมาใช้อธิบายได้เช่นกัน

เราเรียกจำนวน

$$MS_{Treatment} = SS_{Treatment} / (a-1)$$

และ

$$MS_E = SS_E / (N-a)$$

ว่าค่ากำลังสองเฉลี่ย ตอนนี้เราจะมาพิจารณา ค่าคาดหมาย (Expected Value) ของค่ากำลังสองเฉลี่ยเหล่านี้ กล่าวคือ

$$E\left(MS_E\right) = E\left(\frac{SS_E}{N-a}\right) = \frac{1}{N-a}E\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij} - \overline{y_{i.}}\right)^2\right]$$

$$= \frac{1}{N-a}E\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}^{\ 2} - 2y_{ij}\overline{y_{i.}} + \overline{y_{i.}}^{2}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{N-a}E\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}^{\ 2} - 2n\sum_{i=1}^{a}\overline{y_{i.}}^{2} + n\sum_{i=1}^{a}\overline{y_{i.}}^{2}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{N-a}E\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(y_{ij}^{\ 2} - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a}y_{i.}^{\ 2}\right)\right]$$

แทนค่าแบบจำลอง (สมการที่ 3-1) ในสมการนี้เราจะได้

$$E\left(MS_E\right) = \frac{1}{N-a}E\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n}\left(\mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}\right)^2 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a}\left(\sum_{j=1}^{n}\mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}\right)^2\right]$$

เมื่อยกกำลังสองและใส่ค่าคาดหมายเข้าไปยังค่าภายในวงเล็บ เราพบว่าพจน์ที่รวมเอา $\varepsilon_{ij}^{\ 2}$ และ $\varepsilon_{i.}^{\ 2}$ จะถูกแทนที่ด้วย σ^2 และ n σ^2 ตามลำดับ เพราะว่า $E(\varepsilon_{ij}) = 0$ ยิ่งกว่านั้นผลคูณไขว้ทั้งหมดที่เกี่ยวกับ ε_{ij} จะมีค่าคาดหมายเป็นศูนย์ ดังนั้นหลังจากยกกำลังสองและใส่ค่าคาดหมายลงไปสมการสุดท้ายจะกลายเป็น

$$E\left(MS_E\right) = \frac{1}{N-a}\left[N\mu^2 + n\sum_{i=1}^{a}\tau_i^{\ 2} + N\sigma^2 - N\mu^2 - n\sum_{i=1}^{a}\tau^2_{\ i} - a\sigma^2\right]$$

หรือ

$$E\left(MS_E\right) = \sigma^2$$

โดยวิธีการที่คล้ายกัน เราสามารถแสดงให้เห็นว่า

$$E\left(MS_{Treatment}\right) = \sigma^2 + \frac{n\sum_{i=1}^{a}\tau_i^{\ 2}}{a-1}$$

ดังนั้น เราสามารถกล่าวได้ว่า $MS_E = SS_E / (N\text{-}a)$ เป็นตัวประมาณของ σ^2 และถ้าหากไม่มีความแตกต่างของมัชฌิมของระดับ (ซึ่งหมายความว่า $\tau_i = 0$) $MS_{Treatment} = SS_{Treatment} / (a\text{-}1)$ จะเป็นตัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมาณของ σ^2 เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม สังเกตว่าถ้าหากมัชฌิมของระดับแตกต่างกัน ค่าคาดหมายของมัชฌิมของระดับยกกำลังสองจะมากกว่า σ^2

ดูเหมือนจะเป็นการชัดเจนว่า การทดสอบสมมติฐานซึ่งไม่มีความแตกต่างของมัชฌิมของระดับสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบ $MS_{Treatment}$ และ MS_E และตอนนี้เราจะมาพิจารณาว่าเราสามารถทำการเปรียบเทียบนี้ได้อย่างไร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตอนนี้เราจะค้นหาว่า การทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นทางการในกรณีที่ไม่มีความแตกต่างในมัชฌิมของระดับ ($H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_a = 0$ หรือ $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_a = 0$) เนื่องจากเราต้องสมมติให้ ε_{ij} มีการกระจายแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน มีมัชฌิม = 0 และค่าความแปรปรวน = σ^2 ค่าสังเกต y_{ij} มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระ มีมัชฌิม = $\mu + \tau_i$ และความแปรปรวน σ^2 ดังนั้น SS_T คือ ผลรวมของกำลังสองของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นเราสามารถแสดงได้ว่า SS_T / σ^2 จะมีการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่มี N-1 ระดับขั้นความเสรี ยิ่งกว่านั้นเราสามารถแสดงได้ว่า SS_E/ σ^2 มีการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่มี N-a ระดับขั้นความเสรี และ $SS_{Treatment}$ มีการกระจายแบบ Chi-Square ที่มี a-1 ระดับขั้นของความเสรี ถ้าสมมติฐานหลัก $H_0 : \tau_i = 0$ เป็นจริง อย่างไรก็ตาม ค่าผลรวมของกำลังสองทั้ง 3 ไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน เพราะ SS_E และ $SS_{Treatment}$ รวมกันเป็น SS_T ทฤษฎีที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ มีประโยชน์ในการสร้างความเป็นอิสระให้แก่ SS_E และ $SS_{Treatment}$

ทฤษฎีของ Cochran

ให้ Z_i เป็น NID(0,1) สำหรับ i = 1,2,…, ν และ

$$\sum_{i=1}^{\nu} Z_i^{\ 2} = Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_s$$

ซึ่ง $s \le \nu$ และ Q_i มี ν_i ระดับขั้นความเสรี (i = 1,2,…,s) ดังนั้น $Q_1, Q_2, \ldots Q_s$ เป็นการแจกแจง Chi-Square ที่เป็นอิสระต่อกันด้วยค่า $\nu_1, \nu_2, \ldots \nu_s$ ระดับขั้นความเสรีตามลำดับก็ต่อเมื่อ

$$\nu = \nu_1, \nu_2, \ldots \nu_s$$

เพราะระดับขั้นความเสรีของ $SS_{Treatment}$ และ SS_E รวมกันเท่ากับ N-1 ซึ่งเป็นระดับขั้นความเสรีทั้งหมด ทฤษฎีของ Cochran บอกเป็นนัยว่า $SS_{Treatment}/\sigma^2$ และ SS_E/ σ^2 เป็นตัวแปรอิวระที่มีการแจกแจงแบบ Chi-Square ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น ถ้าหากสมมติฐานหลักคือ ไม่มีความแตกต่างของมัชฌิมของระดับเป็นจริง ดังนั้นอัตราส่วน

$$F_0 = \frac{SS_{Treatments} / (a-1)}{SS_E / (N-a)} = \frac{MS_{Treatments}}{MS_E} \qquad (2\text{-}9)$$

จะมีการแจกแจงแบบ F ด้วยระดับขั้นความเสรีเท่ากับ a-1 และ N-a สมการ 3-7 คือ สถิติทดสอบสำหรับสมมติฐานที่ว่าไม่มีความแตกต่างของมัชฌิมของระดับ

จากค่าคาดหมายกำลังสองเฉลี่ยเราพบว่า โดยทั่วไป MS_E จะเป็นค่าประมาณที่ไม่ลำเอียงของ σ^2ภายใต้สมมติฐานหลัก $MS_{Treatment}$ จะเป็นค่าประมาณที่ไม่ลำเอียงของ σ^2 เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ถ้าสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ค่าคาดหมายของ $MS_{Treatment}$ จะมากกว่า σ^2 ดังนั้นภายใต้สมมติฐานรอง ค่าคาดหมายของตัวตั้งของสถิติทดสอบ (สมการที่ 3-7) จะมากกว่าค่าคาดหมายของตัวหารและเราจะปฏิเสธ H_0 ถ้าค่าของสถิติทดสอบมีค่ามาก หรือค่าดังกล่าวตกอยู่ในบริเวณวิกฤติ ซึ่งหมายถึงพื้นที่ด้านขวาของค่าวิกฤติ ($F_{\alpha,a-1,N-a}$) ดังนั้นเราจะปฏิเสธ H_0 และสรุปว่า มีความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของระดับถ้า

$$F_0 > F_{\alpha,a-1,N-a}$$

ซึ่ง F_0 คำนวณได้จากสมการ 3-7 หรือโดยการใช้ P-Value ในการตัดสินใจก็ได้

สูตรสำหรับคำนวณผลรวมของกำลังสองสามารถหาได้จากการเขียนและลดรูปของ $MS_{Treatment}$ และ SS_T ในสมการที่ 3-6 ให้ง่ายขึ้น ซึ่งจะได้ว่า

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

และ

$$SS_{Treatment} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a} y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

ค่าผิดพลาดของผลรวมของกำลังสองสามารถหาค่าได้จากการลบกล่าวคือ

$$SS_E = SS_T - SS_{Treatment}$$

ขั้นตอนการทดสอบได้ถูกสรุปไว้ในตารางที่ 3-3 ซึ่งเรียก “ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Table)”

ตารางที่ 2.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปัจจัยเดียว แบบจำลองผลกระทบคงที่

Source of Variation	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F_0
Between treatments	$SS_{Treatments}$	a-1	$MS_{Treatment}$	$F_0 = \frac{MS_{Treatments}}{MS_E}$
Error (Within treatments)	SS_e	N-a	MS_E	
Total	SS_1	N-1		

การเปรียบเทียบมัชฌิมของระดับ

สมมติว่าในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแบบจำลองผลกระทบคงที่ สมมติฐานหลักถูกปฏิเสธ ดังนั้นแสดงว่ามีความแตกต่างระหว่างมัชฌิมของระดับจริง แต่เราไม่ทราบว่ามัชฌิมตัวใดแตกต่างจากตัวอื่น ในสถานการณ์เช่นนี้บางครั้งการเปรียบเทียบเพิ่มเติม และการวิเคราะห์เพื่อแบ่งกลุ่มของมัชฌิมของระดับอาจเป็นประโยชน์ กำหนดให้มัชฌิมของระดับที่ i คือ $\mu_i = \mu + \tau_i$ และ μ_i ถูกประมาณโดย $\bar{y}_{i.}$ การเปรียบเทียบระหว่างมัชฌิมของระดับสามารถทำได้โดยดูจากค่าผลรวมของแต่ละระดับ $y_{i.}$ หรือค่าเฉลี่ยของระดับ $\bar{y}_{i.}$ กระบวนการสำหรับการเปรียบเทียบเช่นนี้เรียกว่า “วิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method)

การทดสอบของ Tukey

Tukey เสนอการเปรียบเทียบแบบพหุคูณซึ่งอาศัยหลักการของสถิติพิสัยแบบ Student วิธีการนี้ใช้ $q_\alpha(a, f)$ เพื่อหาค่าวิกฤติสำหรับเปรียบเทียบแบบเป็นคู่สำหรับทุกคู่ โดยไม่คำนึงถึงว่าจะมีมัชฌิมจำนวนเท่าไรในกลุ่มนั้น ดังนั้น การทดสอบของ Tukey จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของคู่ของมัชฌิมสองค่า ถ้าค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างของตัวอย่างเกินกว่า

$$T_\alpha = q_\alpha(a, f)\, S_{\bar{y}_{i.}}$$

โดยที่ ค่าวิกฤติเพียงค่าเดียวถูกใช้ในการเปรียบเทียบทุกครั้ง และการทดสอบของ Tukey มีอัตราความผิดพลาดประเภท 1 เท่ากับ α สำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่กับทุกคู่ วิธีนี้เป็นวิธีการที่มีอัตราความผิดพลาดประเภท 1 ต่ำกว่าของ Newman-Keuls หรือ Duncan

2.7 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

คำนิยามและหลักการ

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบเชิง Factorial จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิง Factorial หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัยถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 Replicate จะประกอบไปด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้น ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่ามันเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลอง ในการทดลองบางอย่าง เราอาจพบว่าความแตกต่างของผลตอบที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆของปัจจัยหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายถึงว่า ผลตอบของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆนั่นเอง และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่าการมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

สรุปก็คือ การออกแบบเชิง Factorial มีประโยชน์มากมายหลายประการ และเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการออกแบบทีละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิง Factorial ยังเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อมีอันตรกิริยาเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้เราสามารถหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ นอกจากนั้นแล้วการออกแบบเชิง Factorial ทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆของปัจจัยอื่นได้ ทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ตลอดเงื่อนไขการทดลองได้

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลชนิดที่ง่ายที่สุดจะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ A และ B ปัจจัย A จะประกอบไปด้วย a ระดับ และ ปัจจัย B จะประกอบไปด้วย b ระดับ ซึ่งทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ในรูปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล นั่นคือ ในแต่ละเรพลิเคตของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง และโดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง

กำหนดให้ y_{ijk} คือผลตอบที่สังเกตได้เมื่อปัจจัย A อยู่ที่ระดับ i (i = 1, 2, …,a) และปัจจัย B อยู่ที่ระดับ j (j = 1,2,…b) สำหรับเรพลิเคตที่ k (k = 1,2,…,n) รูปแบบทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.4 เนื่องจากลำดับของการสังเกตทั้ง abn ครั้งถูกเลือกมาอย่างสุ่ม ดังนั้น การออกแบบเช่นนี้เรียกว่า การออกแบบสุ่มบริบูรณ์ (completely Randomized Design)

ตารางที่ 2.4 รูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

		Factor B			
		1	2	. . .	b
	1	y_{111} , y_{112} , …, y_{11n}	y_{121} , y_{122} , …, y_{12n}		y_{1b1} , y_{1b2} , …, y_{1bn}
Factor A	2	y_{211} , y_{212} , …, y_{21n}	y_{221} , y_{222} , …, y_{22n}		y_{2b1} , y_{2b2} , …, y_{2bn}
	.				
	a	y_{a11} , y_{a12} , …, y_{a1n}	y_{a21} , y_{a22} , …, y_{a2n}		y_{ab1} , y_{ab2} , …, y_{abn}

ข้อมูลจากการทดลองอาจจะเขียนในรูปแบบจำลองสถิติเชิงเส้น (Linear Statistical Model) คือ

$$y_{ijk} = \mu + \tau_I + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \qquad i = 1,2,\ldots,a$$
$$j = 1,2,\ldots,b$$
$$k = 1,2,\ldots,n$$

โดยที่ μ หมายถึง ผลเฉลี่ยทั้งหมด; τ_i หมายถึง ผลที่เกิดจากระดับที่ i ของแถวของ ปัจจัย A; β_j หมายถึงผลที่เกิดจากระดับที่ j ของคอลัมน์ของปัจจัย B; $(\tau\beta)_{ij}$ หมายถึงผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ β_j และ ε_{ijk} หมายถึง องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม สมมติว่าปัจจัยทั้งคู่มีค่าตายตัว (Fixed) และ ผลจากการทดลอง (Treatment Effect) หมายถึง ส่วนที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด ดังนั้น $\Sigma\tau_i = 0$ และ $\Sigma\beta_j = 0$ ในทำนองเดียวกัน สมมติว่าผลที่เกิดจากอันตรกิริยามีค่าตายตัวและกำหนดว่า $\Sigma(\tau\beta)_{ij} = \Sigma(\tau\beta)_{ij} = 0$ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้มีจำนวนเรพลิเคต n ครั้ง ดังนั้น จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตทั้งหมดเท่ากับ abn

ในการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ทั้งปัจจัยที่เกิดจาก A (แถว) และ B (คอลัมน์) มีความสำคัญเท่ากัน ดังนั้น เราต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของผลที่เกิดจากปัจจัย A หรือกล่าวได้ว่า

$$H_0 \quad : \quad \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_a = 0$$
$$H_1 \quad : \quad \text{at least one } \tau_i \neq 0$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และความเท่ากันของผลที่เกิดจากปัจจัย B

$$H_0 \quad : \quad \beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_b = 0$$

$$H_1 \quad : \quad \text{at least one } \beta_j \neq 0$$

นอกจากนั้นแล้ว เรายังสนใจผลที่จะทราบว่า อันตรกิริยาที่เกิดระหว่างปัจจัย A และ B มีนัยสำคัญหรือไม่ หรือกล่าวได้ว่า

$$H_0 \quad : \quad (\tau\beta)_{ij} = 0 \qquad \text{for all i,j}$$

$$H_1 \quad : \quad \text{at least one } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับ Fixed Effects Model

กำหนดให้ $y_{i...}$ เป็นผลรวมของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดภายใต้ระดับที่ I ของปัจจัย A; $y_{.j.}$ เป็นผลรวมของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดภายใต้ระดับที่ j ของปัจจัย B; y_{ji} เป็นผลรวมของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดภายใต้เซลล์ตำแหน่งที่ ij; และ y เป็นผลรวมของข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดที่ได้ กำหนดให้ $y_{i...}$, $y_{.j.}$, $y_{.ij}$ และ $y_{...}$ เป็นค่าเฉลี่ยของแถว คอลัมน์ เซล์ และผลรวมทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \overline{y_{i.}} = \frac{y_{i.}}{bn} \qquad i = 1,2,\ldots,a$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \overline{y_{.j.}} = \frac{y_{.j.}}{an} \qquad j = 1,2,\ldots,b$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \overline{y_{ij.}} = \frac{y_{ij}}{n} \qquad i = 1,2,\ldots,a$$

$$j = 1,2,\ldots,b$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \overline{y_{...}} = \frac{y_{...}}{abn} \tag{2-10}$$

ค่าของผลรวมแก้ไขแล้วทั้งหมดของกำลังสองสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk} - \overline{y_{...}}\right)^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\Big[\left(\overline{y_{i..}} - \overline{y_{...}}\right) + \left(\overline{y_{.j.}} - \overline{y_{...}}\right)$$

$$+ \left(\overline{y_{ij}} - \overline{y_{i..}} - \overline{y_{...}}\right) + \left(y_{ijk} - \overline{y_{ij.}}\right)\Big]^2$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= bn\sum_{i=1}^{a}\left(\overline{y_{i..}} - \overline{y_{...}}\right)^2 + an\sum_{j=1}^{b}\left(\overline{y_{.j.}} - \overline{y_{...}}\right)^2$$
$$+ n\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(\overline{y_{ij.}} - \overline{y_{i..}} - \overline{y_{.j.}} + \overline{y_{...}}\right)^2$$
$$+ \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk} - \overline{y_{ij.}}\right)^2 \qquad (2\text{-}11)$$

สังเกตได้ว่า ค่าผลรวมทั้งหมดของกำลังสองจะถูกแบ่งออกเป็นผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากแถว (ปัจจัย A); ผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากคอลัมน์ (ปัจจัย B); ผลรวมของกำลังสองที่เกิดขึ้นจากอันตรกิริยาระหว่าง A และ B (SS_{AB}); และผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิดพลาด (SS_E) และจากพจน์สุดท้ายของสมการด้านบน จะเห็นว่า จะต้องมีอย่างน้อย 2 เรพลิเคตเพื่อที่จะทำให้เราสามารถคำนวณหาค่าของผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิดพลาดได้ ดังนั้น เราสามารถเขียนสมการด้านบนได้ใหม่เป็น

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_E \qquad (2\text{-}12)$$

จำนวนขั้นของระดับขั้นความเสรีสำหรับผลรวมของกำลังสองแต่ละค่าคือ

Effect	Degree of Freedom
A	a-1
B	b-1
AB interaction	(a-1)(b-1)
Error	ab(n-1)
Total	abn-1

เมื่อนำค่าของผลรวมของกำลังสองมาหารด้วยระดับขั้นความเสรีก็จะได้ค่าของกำลังสองเฉลี่ย โดยที่ค่าคาดหมาย (Expected Value) ของค่ากำลังสองเฉลี่ยคือ

$$E\left(MS_A\right) = E\left(\frac{SS_A}{a-1}\right) = \sigma^2 + \frac{bn\sum_{i=1}^{a}\tau_i^{\,2}}{a-1}$$

$$E\left(MS_B\right) = E\left(\frac{SS_B}{a-1}\right) = \sigma^2 + \frac{an\sum_{j=1}^{b}\beta_j^{\,2}}{b-1}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$E\left(MS_{AB}\right)=E\left(\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}\right)=\sigma^{2}+\frac{n\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\tau\beta)_{ij}^{2}}{(a-1)(b-1)}$$

$$E\left(MS_{E}\right)=E\left(\frac{SS_{E}}{ab(n-1)}\right)=\sigma^{2}$$

สังเกตว่า ถ้าสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) ที่ว่าไม่มีผลเนื่องจากปัจจัยของแถว คอลัมน์ และอันตรกิริยามีค่าเป็นจริง ดังนั้น MS_A , MS_B, MS_{AB} และ MS_E จะมีค่าประมาณเท่ากับ σ^2 อย่างไรก็ตามถ้ามีความแตกต่างเนื่องจากปัจจัยของแถว จะได้ว่า MS_A จะมีค่ามากกว่า MS_E เหตุการณ์ทำนองเดียวกันจะเกิดขึ้นกับ MS_B MS_{AB} เช่นกัน ดังนั้นในการทดสอบความมีนัยสำคัญของผลหลักและอันตรกิริยา เราก็เพียงหารค่ากำลังสองเฉลี่ยที่เกี่ยวข้องด้วยค่า MS_E และถ้าอัตราส่วนนี้มีค่ามาก หมายความว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม่สนับสนุนสมมติฐานว่าง (ปฏิเสธสมมติฐานว่าง) ถ้าสมมติว่าแบบจำลองตามสมการที่ 2-1 เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม และพจน์ของความผิดพลาด ε_{ijk} มีการกระจายแบบปกติและเป็นอิสระ โดยมีค่าความแปรปรวนคงตัวเท่ากับ σ^2 ดังนั้น อัตราส่วนของค่ากำลังสองเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจาก MS_A/MS_E, MS_B/MS_E , MS_{AB}/MS_E จะมีการกระจายแบบ F ซึ่งมีระดับขั้นความเสรีของตัวตั้งเป็น a-1,b-1 และ (a-1)(b-1) และมีระดับขั้นความเสรีของตัวหารคือ ab(n-1) ค่าบริเวณวิกฤติ (critical region) คือปลายหางด้านบนของการกระจายแบบ F วิธีการทดสอบจะทำโดยอาศัยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ตัวแปร แบบ Fixed Effects Model

Source of Variation	**Sum of Squares**	**Degrees of Freedom**	**Mean Square**	**F_0**
A Treatments	SS_A	a-1	$MS_A=\frac{SS_A}{a-1}$	$F_0=\frac{MS_A}{MS_E}$
B Treatments	SS_B	b-1	$MS_B=\frac{SS_B}{b-1}$	$F_0=\frac{MS_B}{MS_E}$
Interaction	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	$MS_{AB}=\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0=\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	ab(n-1)	$MS_E=\frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	SS_T	abn-1		

เพื่อให้คำนวณได้ง่าย เราสามารถหาค่าของ SS_T ,SS_A , SS_B , SS_E ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2\text{-}13)$$

$$SS_A = \frac{1}{bn}\sum_{i=1}^{a} y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2\text{-}14)$$

$$SS_B = \frac{1}{an}\sum_{j=1}^{b} y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2\text{-}15)$$

$$SS_{Subtotal} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{AB} = SS_{Subtotals} - SS_A - SS_B \quad (2\text{-}16)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B \quad (2\text{-}17)$$

หรือ $$SS_E = SS_T - SS_{Subtotals}$$

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

เงื่อนไขของการวิเคราะห์

1. ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
2. ค่าความแปรปรวนแต่ละ treatment ต้องเท่ากัน คือ $\sigma_1^2=\sigma_2^2= \ldots =\sigma_n^2$
3. การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจากแต่ละ treatment จะเป็นอิสระต่อกัน

จากสมการ ; $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ijk}$

ซึ่ง μ = ค่าเฉลี่ย

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อน

การตรวจสอบ ε_{ijk} มีขั้นตอน 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกแจงปกติหรือไม่ โดยใช้
   - การทดสอบไคร์สแควร์ (χ^2 – Goodness of fit test)
   - การทดสอบแบบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov – Smirnov Test)
   - การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (NOPP)
2. การตรวจสอบดูความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะ การกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนโดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายความคลาดเคลื่อนในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

2.8 ที่มาของช่วงของความถี่เสียงที่จะทำการศึกษา

ความถี่เสียงที่ใช้ในการประกอบการทดลองจะประกอบไปด้วย 6 หลักการดังต่อไปนี้คือ

1. **เสียงของแมลงปอ** โดยความถี่เสียงของแมลงปอขณะบินนั้นพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 25-40 Hz สืบเนื่องจากมีผู้ผลิตหลายรายได้กล่าวอ้างว่าตามธรรมชาติแมลงปอเป็นศัตรูของยุงดังนั้นเมื่อยุงได้ยินความถี่เสียงในการกระพือปีกของแมลงปอก็น่าจะบินหนีไป

ตารางที่ 2.6 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการการสร้างเสียงแมลงปอ

อันดับที่	**ความถี่เสียง**	**ที่มา**
1.	25-40 Hz	เสียงกระพือปีกของ Dragonfly www.geocities.com/Axiom43/insects.html, Robert L. D., Warren F. W. and Robert D. B. **Zoology**, Saunders college publishing

2. **เสียงที่ทำให้เกิด Resonance ใน Antennae ของยุง Aedes aegypti (ตัวเมีย)** โดยหลักการที่มีผู้เสนอคือ ยุงตัวเมียจะถูกไล่โดยเกิดจากการสร้างเสียงเลียนแบบการบินของยุงตัวเมียเอง ซึ่งอาจจะทำให้ยุงเกิดการเข้าใจผิดและไม่เข้ามาใกล้เหยื่อ

ตารางที่ 2.7 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่ทำให้เกิด Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน Aedes aegypti (ตัวเมีย)

อันดับที่	**ความถี่เสียง**	**ที่มา**
1.	1)100-300 Hz 2)219-263 Hz	**The biology of mosquitoes Vol.2**, Gopfert,Martin C., Briegel, H. and Robert,D. (1999), **Mosquito Hearing**

3. **เสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)** ซึ่งมีผู้เสนอหลักการในการไล่เช่นเดียวกับเสียงที่ทำให้เกิด resonance ใน Antennae ของยุง Aedes aegypti ตัวเมีย โดยใน

ที่นี้จะพิจารณารวมกันทั้งในส่วนของความถี่ในการกระพือปีกของยุงลายบ้านตัวผู้และตัวเมีย เนื่องจากจากการค้นคว้าพบว่ามีผู้เสนอแนะความถี่ในการกระพือปีกที่หลากหลายและมีความคาบเกี่ยวกัน แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการวิเคราะห์ถึงการกระพือปีกของยุงลายบ้านในประเทศไทย ดังนั้นจึงจะทำการจัดกลุ่มให้เป็นกลุ่มเดียวกัน

ตารางที่ 2.8 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

อันดับที่	ความถี่เสียง	ที่มา
1. เสียงกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย	1) ที่ 367 Hz ; Christophers (1960) 2) ที่ 355-415 Hz ; Tischner and schief (1955) 3) ที่ 449-603 Hz ; Wishart and Riordan (1959) 4) ที่ 450-600 Hz ; สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา 5) ที่ 450 Hz ; R.W.Mankin (1994)	The Physiology of mosquitoes, สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา. **กีฏวิทยา**, หน่วยประสาทวิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Journal of the American Mosquito control Association , 10(2) : 302-308 , 1994 “Acoustical Detection of Aedes Taeniorhynchus swarms and emergence exoduses in remote salt marshes”
2. เสียงกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวผู้	1) ที่ 467 Hz ; Christophers (1960) 2) ที่ 800 Hz ; ; R.W.Mankin (1994)	The Physiology of mosquitoes, Journal of the American Mosquito control Association , 10(2) : 302-308 , 1994 “Acoustical Detection of Aedes Taeniorhynchus swarms and emergence exoduses in remote salt marshes”

4. **เสียงที่ทางผู้ผลิตอ้างว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้**ในช่วง Transonic (5000 – 7000 Hz)

ตารางที่ 2.9 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงที่ทางผู้ผลิตอ้างว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

อันดับที่	ความถี่เสียง	ที่มา
1.	1) ที่ 5000 Hz 2) ที่ 5000 – 7000 Hz	http://www.electronic-kits-and-projects.com/kit-files/1xxx/1015.pdf, www.izola.co.uk/mosquito.htm

5. **การเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น** โดยจากการสัมภาษณ์พบว่าทาง ศรัณยู บุณยรัตพันธุ์ ให้เหตุผลว่าในช่วงความถี่ระหว่าง 16000-20000 Hz นั้นจะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากขึ้นในการเข้ามาใกล้เหยื่อ ยุงก็จะบินหนีไปไม่เข้ามาในอาณาเขตดังกล่าว

ตารางที่ 2.10 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการสร้างเสียงเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

อันดับที่	ความถี่เสียง	ที่มา
1.	1) ที่ 16000 – 20000 Hz	จากการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ คุณ ศรัณยู บุณยรัตพันธุ์ ผู้คิดค้น Program ไล่ยุงโดยใช้หลักการสร้างเสียงความถี่สูง ที่ www.thaiware.com, วารสาร Make money ปีที่ 3 ฉบับที่ 28 (มกราคม 2545)

6. **เสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว** เนื่องจากตามธรรมชาติในเวลากลางคืน ยุงจะเป็นอาหารของค้างคาว จึงมีผู้เสนอแนะว่าหากสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ความถี่เสียงดังกล่าวก็น่าจะทำให้ยุงเกิดการเข้าใจผิดว่าเป็นค้างคาว ซึ่งเป็นศัตรูของยุง และอาจทำให้ยุงไม่เข้ามาใกล้บริเวณดังกล่าวได้ โดยความถี่เสียงที่ค้างคาวปล่อยออกมานั้นจะอยู่ในช่วง Ultrasonic ที่ความถี่ระหว่าง 20000 – 120000 Hz แต่เนื่องจากพบว่าที่ความถี่มากกว่า 50000 Hz นั้นอากาศจะดูดซับคลื่นเสียงดังกล่าวไปมาก ดังนั้นจึงจำกัดการทดลองอยู่ที่ 50000 Hz

ตารางที่ 2.11 แสดงที่มาของช่วงความถี่ตามหลักการการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

อันดับที่	ความถี่เสียง	ที่มา
1.	1) ที่ 20,000 – 120,000 2) ที่ 40,000 – 100,000 Hz	Ramsey, William L. Holt Physical Science. New York: Holt, 1986: 157. , Davis, Wayne H. "Bat." Collier's Encyclopedia. New York: Macmillan, 1992: 698.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kerdpibule,V., Thonggrungkiat S. and Leemingsawat S.(1989)

Feasibility of wing beat sound trap for the control of mosquito vectors

จากรายงานฉบับนี้พบว่า เสียงในการขยับปีกของยุงตัวเมียนั้นเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการผสมพันธุ์ของยุง จึงมีความพยายามในการสร้างเสียงซึ่งเป็นเสียงความถี่เดียวกับการขยับปีกของยุงตัวเมียในการแยกยุงตัวผู้ และมีการพัฒนาต่อไปโดยการสร้าง ที่ดักยุงซึ่งใช้ความถี่เสียง 350 Hz ในการแยกยุงตัวผู้ของยุง Cx. Triaeniorhynchus และใช้ที่ดักยุงซึ่งมีความถี่เสียง 530 Hz สำหรับการแยกยุงตัวเมีย

Belton,P.(1994)

Attraction of male mosquitoes to sound

จากรายงานฉบับนี้พบว่า ในการทดลองและการสังเกตที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้พบว่ายุงใช้ประสาทสัมผัสในการรับฟังเสียงเพื่อหาคู่ในการผสมพันธุ์ และมีการทดสอบเป็นจำนวนมากที่เกิดขึ้นในการดึงดูดยุงให้เข้าใกล้โดยใช้เสียง ทั้งจากการใช้เสียงเพียงอย่างเดียวและกับตัวดึงดูดใจอื่นๆ ซึ่งได้ถูกอธิบายไว้ และมีศักยภาพในการใช้เสียงสำหรับการดักจับยุงคราวละมากๆ

Gopfert,Martin C., Briegel, H. and Robert,D. (1999)

Mosquito Hearing ; Sound-Induced Antennae vibrations in Male and Female Aedes Aegypti

จากรายงานฉบับนี้พบว่า ยุงตัวผู้นั้นถูกดึงดูดโดยเสียงในการบินของยุงตัวเมีย ในเพศผู้นั้นจะมี Antennae flagellum ซึ่งมีขนจำนวนมากอยู่ซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้ในการรับเสียง โดยทั้งในตัวผู้และตัวเมียจะมีการสั่นพร้องของ Antennae เมื่อได้รับคลื่นความถี่เสียง โดยความถี่เสียงที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดการสั่นพร้องมากที่สุดของ Antennae ในตัวเมียอยู่ที่ 219-263 Hz และของตัวผู้อยู่ที่ 344-406 Hz ซึ่งเป็นความถี่เสียงที่เกิดจากการบินของยุงตัวเมีย โดยขนของ Antennae ของตัวผู้ยุงลายนั้นจะเกิดการสั่นพร้องจนกระทั่งถึงความถี่ที่ประมาณ 2600-3100 Hz

สมเกียรติ บุญญะบัญชา , กสิน ศุภปฐม , เอื้อมเดือน ศรีสุระพัตร (2540)

การทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันยุงลาย (Aedes Aegypti) ด้วยน้ำมันหอมระเหย 6 ชนิดโดยใช้เครื่องทดสอบสารป้องกันยุงที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น (Repellent effect of 6 Volatile Plant Oils Against Aedes aegypti L. Using Modified Olfactometer)

เครื่องทดสอบประสิทธิภาพของสารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันยุงที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นนั้น ทำจากพลาสติกใสและกรงขังหนูประกอบไปด้วย 6 ส่วนคือกรงยุงที่มีหนูขาวส่งกลิ่นล่อยุง , ห้องปล่อยยุงเข้าทดสอบ , ช่องปล่อยยุงเข้าทดสอบ , แท่นเอียง 45 องศา สำหรับวางกระดาษชุบสารทดสอบ ,พัดลมดูดอากาศ และประตูกั้นห้องปล่อยยุงที่จะบินผ่านแท่นเอียงไปกรงยุง โดยได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันยุงลายของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด จากผลการทดสอบพบว่าน้ำมันหอมระเหย , แมงลัก และตระไคร้หอมป้องกันยุงลายได้ดีที่สุด นับได้ว่าเครื่องทดสอบสารป้องกันยุงที่ประดิษฐ์นี้ สามารถนำมาใช้ตรวจประสิทธิภาพเบื้องต้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหยในการป้องกันยุงลายได้เป็นอย่างดี

Posey, K.H., Barnard, D.R. and Schreck,C.E.(1998)

Triple cage olfactometer for evaluating mosquito (Diptera: Culicidae) attraction responses.

โดย olfactometer แบบ 3 กรงที่ได้ทำการออกแบบเพื่อประเมินการดึงดูดต่อยุงนี้ได้ถูกอธิบายไว้ในรายงานนี้ ในการออกแบบในลักษณะนี้ก็เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และมีระบบควบคุมภายใน และมีประตูปิดเปิดได้ในแต่ละกรง ขนาดพื้นที่ประมาณ 0.8 ตารางเมตร วัสดุทำมาจากแผ่น Acrylic ใส และมีอยู่ทั้งสิ้น 3 ส่วนรวมทั้งมีระบบในการให้อากาศหมุนเวียนและสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้

Rueda,L.M.,Harrison,B.A.,Brown,J.S.,Whitt,P.B.,Harrison,R.L. and Gardner,R.C.(2001)

Evaluation of 1-octen-3-ol, carbon dioxide, and light as attractants for mosquitoes associated with two distinct habitats in North Carolina.

จากการศึกษาในสถานที่จริงใน North Carolina เพื่อดึงดูดการตอบสนองของยุงที่พบใน Salt March และ inland creek flood ต่อ Octenol, CO_2 และแสงพบว่ามียุงตัวเต็มวัย 56,000 ตัวใน 12 สายพันธุ์ นั้นถูกดักได้ที่ Salt march โดยผลของการตอบสนองจะมีรูปแบบดังนี้คือ octenol+CO_2 + แสง > CO_2 + แสง = Octenol + CO_2 > octenol + แสง > octenol เพียงอย่างเดียว ซึ่งจะพบได้ว่าการรวมกันของสารดึงดูดต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการดักยุงได้ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของโรคที่เกิดจากยุง อย่างไรก็ตามการศึกษาก็พบว่าการใช้ octenol + แสงนั้นให้ผลที่น้อยที่สุดในการดักจับยุง

Burkett,D.A.,Butler,J.F.and Kline,D.L. (1998)

Field evaluation of colored light-emitting diodes as attractants for woodland mosquitoes and other diptera in north central Florida.

การดึงดูดยุงนั้นโดยใช้แสงที่ออกมาจากไดโอดซึ่งปล่อยแสงที่มีความสว่างมากออกมา (100 nm) นั้นได้ถูกเปรียบเทียบกับจำนวนยุงที่จับได้การประกอบเข้ากับการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 200 ml/min และไม่ปล่อย พบว่ามียุงหลายๆพันธุ์ที่สามารถดักจับได้โดยแสงมากกว่า เช่นยุงพันธุ์ Aedes dupreei , Aedes infirmatus , Anophelus crucians s.l. เป็นต้น ซึ่งผลของการทดลองนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้าน ecologists , epidemiologists ต่อไป

Reisen,W.K.,Meyer,R.P.,Cummings,R.F., and Delgado O. (2000)

Effects of trap design and CO2 presentation on the measurement of adult mosquito abundance using Centers for Disease Control-style miniature light traps.

Centers for disease Control ได้กล่าวว่ากับดักยุงโดยใช้แสงนั้นซึ่งมีการปลดปล่อย CO_2 ออกมาด้วยนั้นเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการดักเก็บยุง Culex โดยเมื่อมีการออกแบบใหม่โดยใช้น้ำแข้งแห้งโดยไม่มีแหล่งพลังงานแสงหรือเครื่องบัง พบว่าสามารถเก็บยุง Culex ได้มากกว่าแบบเดิมที่ออกแบบโดย John W. hock แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาพบว่าที่ดักยุงซึ่งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นในอัตรา 0.5-1.5 ลิตร/นาทีนั้นสามารถเก็บยุงตัวเมียได้มากกว่าที่ดักยุงซึ่งใช้น้ำแข็งแห้ง

Mankin,R.W.(1994.)

Acoustical Detection of Aedes Taeniorhynchus swarms and emergence exoduses in remote salt marshes

การรวมกลุ่มและการเคลื่อนที่ของ AEDES TAENIORHYNCHUS สามารถสร้างเสียงซึ่งสามารถจับได้ตั้งแต่ระยะ 10-50 เมตรในสภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวน โดยระดับของเสียงพื้นฐานจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 21 dB ในช่วงค่ำๆ ด้วยความถี่เสียงประมาณ 0.3 และ 0.4 kHz กลุ่มของ AEDES TAENIORHYNCHUS ที่ระดับเสียง 25-35 dB สามารถตรวจจับได้มากกว่าหลายสิบเมตรในหนองบึงนั้น หากไม่อยู่ในระดับที่มีเสียงพื้นฐานอยู่ที่ 40-60 dB ของสภาพโดยทั่วๆไปในชนบท โดย AEDES TAENIORHYNCHUS ที่อยู่ตัวเดียวนั้นก็สามารถตรวจจับได้ แต่สามารถตรวจจับได้เพียงระยะทาง 2-5 เซนติเมตร ในขณะที่ระดับเสียงอยู่ที่ 22-25 dB ความแตกต่างเหล่านี้ระหว่างระดับของสัญญาณและเสียงชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสร้างเครื่องในการตรวจจับด้านเสียงสำหรับการสังเกตได้ในที่ห่างไกลของกลุ่มขนาดใหญ่และการเคลื่อนที่แบบ Emergence สำหรับ AEDES TAENIORHYNCHUS ซึ่งเครื่องมือนี้ควรที่จะมีความสามารถตรวจจับสำหรับยุง AEDES

TAENIORHYNCHUS ตัวเดี่ยวๆ ได้ด้วย เช่น ในการแยกความแตกต่างระหว่างตัวผู้และตัวเมียจากความถี่เสียงในการขยับปีก (700-800 Hz ในตัวผู้ และ 400-500Hz ในตัวเมีย)

อุปกรณ์และวิธีการที่จะใช้

โดยยุง AEDES TAENIORHYNCHUS นั้นจะได้รับมาจาก Lab ที่ MAVERL โดยจะมีการเก็บเสียงความถี่เสียงในการขยับปีกของ ยุงตัวเมียและตัวผู้ ในระยะ 1-2 ชั่วโมง , 1-3 วัน หรือ 4-6 วันด้วยไมโครโฟนที่แขวนอยู่ในระยะ 3 เซ็นติเมตร เหนือกรง ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อม ที่ 24 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 78% และกลุ่มยุง AEDES TAENIORHYNCHUS ตัวผู้นั้นจะถูกตรวจสอบโดยจับเข้าไปอยู่ในกรง โดยการบันทึกนั้นจะบันทึกโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 500 กลุ่มตัวอย่าง และการทดสอบยุงตัวผู้เดี่ยวๆ นั้นจะทดสอบที่ 10-15 ตัวอย่าง ซึ่งจะเก็บผลในตอนหัวค่ำในกรงขนาด 18*8.5*4.9 เมตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 92%

การทดสอบในสถานที่จริงนั้นจะทำการบันทึกที่ Rookery Bay , Brush Key , Marco Island และที่ Flamingo ซึ่งอุณหภูมิจะอยู่ที่ 22-28 องศาเซลเซียส โดยจะทำการบันทึกทุก 2 ชั่วโมงเริ่มตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนถึงช่วงที่มีการบินสูงสุดในเวลาหัวค่ำ โดยใช้แหล่ง Octenol ซึ่งมีเทปติดไมโครโฟนไว้ เพื่อดึงดูดให้ยุงตัวเมียซึ่งเป็นตัวเต็มวัยนั้นเข้ามา

ผลที่ได้จากการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการตรวจสอบทางด้านความถี่เสียง ก็เป็นดังเช่นยุงในหลายๆพันธุ์ AEDES TAENIORHYNCHUS ตัวเมียมีความถี่เสียงในการขยับปีกน้อยกว่าในตัวผู้ โดยค่าเฉลี่ยของความถี่เสียงซึ่งเกิดจากการทดลองใน lab นั้นจะถูกเปรียบเทียบกับยุงในพันธุ์อื่นๆ โดยความถี่เสียงพื้นฐานของกลุ่มใหญ่ๆ ของยุงนั้นจะแตกต่างกันทั้งด้านเวลาและสถานที่ในการทดลอง โดยที่ Rookery Bay นั้นค่าสูงสุดอยู่ที่ 875 Hz และ 30-40 นาทีภายหลังพระอาทิตย์ขึ้น จากนั้นจะเริ่มตกลงใน 20 นาทีต่อมาและคงอยู่ที่ 800 Hz ระหว่างชั่วโมงที่ 2 ภายหลังจากพระอาทิตย์ขึ้น แต่ที่ Brush Key สัญญาณที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ 760 Hz ในเวลา 30-40 นาทีภายหลังจากพระอาทิตย์ขึ้น ภายใน 20 นาทีสัญญาณลดลง 80 Hz จนเหลือ 680 Hz

จะเห็นได้ว่าการบินของ AEDES TAENIORHYNCHUS นั้นดังเพียงพอที่จะใช้เครื่องมือในการตรวจจับดังกล่าวในพื้นที่ที่ห่างไกล และการตรวจจับในยุงตัวเดี่ยวๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการการดึงดูดให้เข้าใกล้ไมโครโฟน และกลุ่มของยุงนั้นสามารถตรวจจับได้ง่ายในระยะทางมากกว่า 10 เมตร

Frederick W. KUTZ.(1974)

Evaluations of an electronic mosquito repelling device.

Abstract

เครื่องไล่ยุงนี้ได้มีการปล่อยคลื่นเสียงที่มีลักษณะเป็น Sine wave และได้อ้างว่าจะสามารถป้องกันยุงตัวเมียได้ในระยะ 0.9-2.5 เมตร โดยในการประเมินสิทธิภาพของเครื่องมือนี้นั้นจะทำการทดสอบใน 3 ลักษณะคือ ทดสอบในกรงขนาดเล็ก, ใน Chamber ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และใน การทดสอบภาคสนาม ผลจากการทดสอบที่ได้สรุปได้ว่าเครื่องมือชนิดนี้ไม่สามารถไล่ยุงได้ต่างจากที่ทางบริษัทได้กล่าวอ้างไว้ภายใต้สภาวะที่ใช้ในการศึกษา

Introduction

โดยเครื่องไล่ยุงนี้จะทำการสร้างคลื่นเสียง และจะทำการไล่ยุงตัวเมียได้ในระยะทาง 3-8 ฟุต , มีน้ำหนัก 71 กรัม และใช้ถ่านขนาด 9 volt ดังภาพที่ 1 จากคู่มือที่อยู่กับเครื่องนั้นได้บรรยายไว้ว่าเครื่องมือนี้ได้เกิดขึ้นจากการสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของยุงเมื่อได้ยินเสียงต่างๆ และระบุไว้ว่ามีคลื่นเสียงบางความถี่ที่มีผลต่อการดึงดูดยุงตัวผู้แต่จะทำการไล่ยุงตัวเมีย ซึ่งก็คือความถี่ที่ใช้ในการดึงดูดยุงตัวผู้นั่นเอง ดังนั้นเครื่องมือชนิดนี้จึงใช้หลักการนี้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้น

Report of evaluations

โดยเครื่องมือดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นได้ถูกส่งมา 2 เครื่องเพื่อทำการทดสอบโดยผลของการทดสอบทางกายภาพของทั้งสองเครื่องปรากฏผลดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพของเครื่องไล่ยุงที่จะทำการทดสอบ

เครื่องไล่ยุงเครื่องที่	ความถี่	ความเข้มเสียง	ลักษณะรูปคลื่น
1	5244	83	sine
2	5200	70	sine

<u>การทดสอบในกรงขนาดเล็ก</u>

การทดสอบในกรงขนาดเล็กจะทำขึ้นในกรงที่มีขนาด 25.4 เซนติเมตร *21.6 เซนติเมตร *86.4 เซนติเมตร และปริมาตรของกรงจะอยู่ที่ประมาณ 0.05 ตารางเมตรโดยจะมีถุงผ้าที่ด้านหนึ่งของกรงเพื่อปล่อยยุง การทดสอบจะทำขึ้นที่ 26 องศาเซลเซียส

ยุงที่ทำการทดสอบจะประกอบไปด้วย ยุง Aedes aegypti และยุง Culex salinarius ซึ่งจะมีอายุอยู่ที่ 7-9 วันและยังไม่เคยให้กินเลือด แต่จะให้อาหารโดยให้กิน สารละลาย 10 % sucrose โดยในช่วงก่อนการทดสอบ จะมีการให้ทั้งยุงตัวเมียและยุงตัวผู้อยู่ด้วยกัน จึงทำให้ในช่วงเวลาทำการทดสอบนั้นยุงตัวเมียส่วนมากได้ผ่านการผสมพันธุ์แล้ว และในวันที่มีการทดสอบจะมีการดูดยุง

ตัวเมียออกจากกรง และพักไว้ ก่อนที่จะมีการเริ่มการทดสอบหนูที่ได้ผ่านการถอนขนแล้วจะถูกหนีบและนำไปวางไว้ที่ มุมด้านหนึ่งของกรง และเครื่องไล่ยุงนั้นจะวางไว้ตรงกลางของกรง จากนั้นจะปล่อยยุงเพื่อเข้าทำการทดสอบ ปล่อยทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงจากนั้นดูดยุงออกมาและนับจำนวนยุงที่ผ่านการกินเลือด ซึ่งจะมีเลือดอยู่ในช่องท้อง ทำซ้ำอีกครั้งกับกรณีที่ไม่ได้เปิดเครื่องไว้ จากนั้นก็นำค่าของยุงที่ผ่านการกินเลือดมาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับยุงที่ได้ปล่อยเข้าไปซึ่งผลเป็นไปตามตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ในการกินเลือดของยุงระหว่างมีการเปิดเครื่องและไม่เปิดเครื่องไล่ยุง

ชนิดยุง	การทำงานของเครื่อง	ยุงที่กินเลือด	ยุงที่ใส่เข้าไป	คิดเป็น %
Culex salinarius	ปิด	69	99	69.7
	เปิด	74	101	73.3
	ความแตกต่าง 3.6 ไม่ significant ที่ 0.01			
Aedes aegypti	ปิด	70	99	70.7
	เปิด	70	101	69.3
	ความแตกต่าง 1.4 ไม่ significant ที่ 0.01			

<u>การทดสอบใน Chamber</u>

Chamber จะมีขนาดอยู่ที่ 1.8 เมตร*1.8 เมตร * 1.8 เมตร การทดสอบจะทำขึ้นที่ 27 องศาเซลเซียส หนูขาวจะถูกวางไว้ที่มุมด้านหนึ่งของ Chamber และ เครื่องจะวางไว้หน้าที่หนีบหนู โดยจะทำการทดสอบ 2 ชั่วโมงจากนั้นก็ฆ่ายุงโดยการฉีดสเปรย์ นับจำนวนยุงที่ผ่านการกินเลือดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนยุงที่ปล่อยเข้าทดสอบ เปรียบเทียบผลของการเปิดและปิดเครื่อง โดยการทดสอบใน Chamber นี้จะทำการทดสอบเฉพาะ Aedes aegypti ซึ่งผลที่ได้จะปรากฏผลดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 แสดงผลการทดสอบเครื่องไล่ยุงใน Chamber

การทำงานของเครื่อง	ยุงที่กินเลือด	ยุงที่ใส่เข้าไป	คิดเป็น %
ปิด	1323	1489	88.85
เปิด	1391	1566	88.83
ความแตกต่าง .02 ไม่ significant ที่ 0.01			

<u>การทดสอบภาคสนาม</u>

การทดสอบภาคสนามจะกระทำที่ Bombay Hook National Wildlife Refuge ในวันที่ 2 กรกฎาคม 1973 โดยอุณหภูมิในการทดสอบอยู่ที่ 27±2 องศาเซลเซียส และจะมีอาสาสมัครเพื่อทำการทดสอบ 2 คนซึ่งจะใช้อักษรย่อคือ RWL และ FWK ในการทดสอบจะให้อาสาสมัครเดินไปเป็นระยะทาง

20 หลา แล้วหยุด ณ เวลานั้นทำการนับจำนวนยุงและ เหลือบ ที่เกาะบนขากางเกงใน 1 นาที เมื่อทำการนับเสร็จให้อาสาสมัครเดินกลับมาที่จุดเริ่มต้นและทำการทดลองใหม่ โดยจะมีการปิดและเปิดเครื่องในแต่ละคู่การทดสอบ ซึ่งลำดับในการเลือกปิดและเปิดเครื่องนั้นจะทำขึ้นโดยการเลือกหน้าเหรียญ และจะทำการทดสอบนั้นสิ้น 5 คู่การทดสอบ บันทึกผลที่ได้ ซึ่งผลที่ได้ก็ปรากฏดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 แสดงผลการทดลองของเครื่องไล่ยุงในการทดสอบภาคสนาม

การทดสอบที่	การทำงานของเครื่อง	RWL จำนวนที่ลงเกาะใน 1 นาที		FWK จำนวนที่ลงเกาะใน 1 นาที	
		ยุง	เหลือบ	ยุง	เหลือบ
1	ปิด	12	3	8	4
	เปิด	11	3	7	3
2	ปิด	17	4	11	7
	เปิด	17	6	11	5
3	ปิด	14	4	40	5
	เปิด	15	3	30	6
4	ปิด	11	4	20	5
	เปิด	16	3	18	5
5	ปิด	7	3	5	2
	เปิด	5	2	5	2
ค่าเฉลี่ย	ปิด	11.2	3.6	18.8	4.6
	เปิด	11.8	3.4	14.2	4.2

ซึ่งจากค่าที่ได้จากการทดสอบ จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องไม่มีผลต่อการไล่ยุง

C.E. Schrecr, D.E. Weidhaas.(1977)

Evaluation of electronic sound-producing devices against Aedes taeniorhynchus and Aedes sollicitans

จากบทความในหนังสือ Popular Electronics Magazine (Greenlee ในปี 1970) จึงทำให้เกิดเครื่องไล่ยุงซึ่งใช้หลักการสร้างความถี่เสียงออกมาจำหน่ายเป็นจำนวนมากในตลาดการค้าของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยในการทดลองนี้จะทำขึ้นกับเครื่องไล่ยุง 2 ชนิดที่ทาง Environmental Protection Agency ได้ส่งมาให้ทาง Lab ทำการทดสอบ

วิธีการในการทดสอบ

เครื่องมือที่นำมาทำการทดสอบ 2 ชนิดนั้นคือ Buzz-Off และ Norris Electronic Mosquito Repeller ซึ่งจะทำการทดสอบภาคสนามที่ El Dora, Florida กับยุง salt marsh, Ae. Taeniorhynchus

และ Ae. Sollicitans ในระหว่างวันที่ 27-29 กันยายน 1976 โดยมีอุณหภูมิระหว่างการทดสอบ ต่ำกว่า 90 องศาฟาเรนไฮด์

การทดสอบจะทำขึ้นทั้งสิ้น 3 วิธี

ในการทดสอบแรกนั้นเครื่องมือทั้งสองชนิดนี้จะถูกทดสอบกับยุง AEDES TAENIORHYNCHUS โดยการเปรียบเทียบจำนวนยุงที่ลงกัดบนอาสาสมัคร 4 คนซึ่งแต่ละคนจะต้องเดินไปเป็นระยะทาง 0.2 mile จากถนนซึ่งมียุงเป็นจำนวนเล็กน้อยไปยุงบริเวณป่าที่มียุงเป็นจำนวนมาก โดยจะมีระยะห่างระหว่างอาสาสมัครแต่ละคนเป็นระยะทาง 30 ก้าว โดยพวกเขาจะเริ่มออกเดินอย่างพร้อมเพรียงกัน และจะหยุดเป็นช่วงๆที่ระยะ 20 ก้าวเพื่อนับจำนวนยุงที่ลงกัดบนมือใน 1 นาที การนับจะมีทั้งสิ้น 22 ครั้ง(ไป 11 กลับ 11) ซึ่งอาสาสมัครจะมีการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เดินไปโดยไม่มีเครื่องไล่ยุง 2 คน และมีเครื่องไล่ยุง 2 คน

การทดสอบครั้งที่ 2 จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารไล่ยุง ซึ่งจะมีอาสาสมัคร 4 คนในการทดสอบนี้ โดยจะแบ่งอาสาสมัครในการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 2 คนในการทดสอบแต่ละครั้ง โดยคนหนึ่งจะทำการทาสารไล่ยุง (N,N –diethyl-m-toluamide) ที่แขน ส่วนอีกคนจะไม่ทา และทั้ง 2 กลุ่มนี้ จะทำการทดสอบต่างกัน 45 นาทีและนับจำนวนในการกัดทั้งสิ้น 10 ครั้ง แต่วิธีการในการทดสอบอื่นๆจะเหมือนกับวิธีการแรก

ในการทดสอบครั้งที่ 3 จะเป็นการทดสอบกับ AEDES SOLLICITANS ซึ่งอาสาสมัคร 4 คนจะทำการเดินไปตามทางต้นของเส้นทาง A.I.A ห่างกันเป็นระยะทาง 40 ก้าว และนับจำนวนในการกัดทั้งสิ้น 5 ครั้ง และทั้ง 4 คนนั้นก็จะถือเครื่องมือนี้ไว้ระหว่างการทดสอบ แต่เนื่องจากการกัดอย่างรุนแรงของยุงทำให้ต้องจำกัดขอบเขตของการทดสอบเพียงการทดสอบกับผู้ที่ถือเครื่องมือเท่านั้น ไม่มีการเปรียบเทียบกับอัตราการกัดของผู้ที่ไม่ได้ถือเครื่องมือ

ผลของการทดสอบ

ในการทดสอบแรก อาสาสมัครทั้ง 4 คนนับจำนวนรวมทั้งสิ้น 44 ครั้งการทดสอบเมื่อไม่มีเครื่องมือ ผลปรากฏว่า อัตราการกัดจะมีค่าเป็น 30 ครั้งต่อคนต่อนาที การนับมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ครั้งต่อนาที ส่วนผู้ที่ถือเครื่องมือ Buzz-Off ซึ่งมีการนับทั้งสิ้น 22 ครั้งการทดสอบมีอัตราการกัดเฉลี่ยอยู่ที่ 25 ครั้ง และมีค่าตั้งแต่ 4-47 ส่วนผู้ที่ถือเครื่องมือ Norris Electronic Mosquito Repeller จะมีค่าเฉลี่ยอัตราการกัดอยู่ที่ 36 ครั้ง และมีค่าตั้งแต่ 4-100 ซึ่งผลสามารถสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างที่มีการใช้เครื่องและไม่มีการใช้

ในการทดสอบที่ 2 นั้น อาสาสมัคร 2 คนที่ใช้สารไล่ยุงนั้นไม่มีการกัดเกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ แต่อีก 2 คนมีจะมีอัตราการกัดเฉลี่ยอยู่ที่ 9.2 ครั้งต่อการนับ 1 ครั้ง

การทดสอบครั้งที่ 3 พบว่ามีการกัดเกิดขึ้นรวม 233 ครั้งในการทดสอบ 20 การนับ ถึงแม้ว่าจะไม่มีค่าเปรียบเทียบของการกัดที่เกิดขึ้นจากการไม่มีเครื่องมือในการไล่ยุง แต่ค่าที่เกิดขึ้นก็สามารถบ่งชี้ได้ว่า เครื่องมือยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอในการไล่ยุง AEDES SOLLICITANS

สรุปผล

จากค่าที่ได้จากการทดสอบทั้งสามสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือทั้งสองชนิดนั้นไม่มีผลที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมการกัดและการลดความรำคาญที่เกิดขึ้นจากยุงทั้ง 2 ชนิดได้

Carlos F.S. Andrade, Virginia S. Bueno

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงที่ใช้ความถี่เสียงกับยุง Aedes albopictus (ยุงลายสวน)

Abstract เครื่องไล่ยุงที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วย Anti-Pic@, Mosquito Repeller®DX-600 และ Bye Bye Mosquito® จะถูกทำการทดสอบในกรงทดลอง โดยการใส่มือเพื่อเข้าไปทดสอบกับยุง ทั้งสองชุดของการทดลองจะทำการทดลองโดยดูการกัดในช่วงระยะเวลา 15 นาที โดยในการทดลองชุดแรกนั้นจะใส่มือทั้งสองเข้าไปในกรง ซึ่งมือหนึ่งจะถือเครื่องไล่ยุงนั้นไว้ ในชุดการทดลองที่สองนั้นจะทำขึ้นโดยใช้มือเพียงข้างเดียวเข้าไปในกรงซึ่งจะถือเครื่องมือที่เปิดไว้และไม่ได้ถือเครื่องมือใดไว้ เพื่อทำการเปรียบเทียบกัน จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถป้องกันยุงได้ทั้งสองการทดลอง โดยมีการทดลองของ Anti-pic ในการทดลองชุดแรกที่ได้ผลว่ามีค่าที่สามารถป้องกันได้ 30.3% แต่ในการทดลองชุดที่สองกลับไม่ได้ผลเพื่อยืนยันผลดังกล่าว

ในไม่กี่ปีมานี้การระบาดของโรคไข้เลือดออกและ yellow fever ได้มีการทำให้เกิดกระแสการตื่นตัวในการป้องกันตนเองจากการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes Aegypti) และยุงลายสวน (A. albopictus) จึงมีความพยายามในการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการป้องกันการกัด และหนึ่งในนั้นก็คือเครื่องไล่ยุงซึ่งใช้ความถี่เสียง โดยผู้สร้างได้มีการโฆษณาชวนเชื่อในหลักการต่างๆที่หลากหลาย ซึ่งหลักการต่างๆ ก็สามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

จากการกล่าวของ Curtis(1986) ผู้ซึ่งเป็นผู้ผลิตเครื่องไล่ยุงได้ให้กล่าวชวนเชื่อว่า เสียงที่เลียนแบบเสียงยุงตัวผู้ซึ่งปล่อยออกมาจากเครื่องมือดังกล่าวจะสร้างสนามเสียงที่ตัวเมียไม่สามารถทนได้ และในปี 1998 ได้มีสถานีวิทยุ FM 93.7 MHz ในเซาเปาโล บราซิลได้ประกาศว่าระหว่างมีการออกอากาศจะทำการปลดปล่อยเสียงที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน ซึ่งเป็นเสียงของยุงตัวผู้ เพื่อไล่แมลงและยุงบางชนิดควบคู่ไปด้วย

Foster&Lutes (1985) ได้กล่าวถึงในอีกแนวความคิดหนึ่งสำหรับการสร้างเครื่องไล่ยุง คือการปล่อยเสียง Ultrasonic ของค้างคาว ซึ่งยุงก็จะเหมือนแมลงอื่นๆ ที่ได้ยินแล้วก็จะต้องหนีไป

และหลักการที่สามที่มีผู้เสนอไว้ในต้นทศวรรษที่ 70 ก็คือ ยุงตัวเมียจะถูกไล่โดยเสียงของมันเอง ซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 2000 Hz ซึ่งสร้างมาจากเสียงในการกระพือปีกเพื่อดึงดูดยุงตัวผู้

แต่ในที่นี้ ทางผู้วิจัยจะทำการประเมินประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดของเครื่องไล่ยุงโดยใช้หลักการความถี่เสียง 3 ยี่ห้อซึ่งใช้กันอย่างหลากหลายในประเทศบราซิล

ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยจะทดลองจากการยื่นมือเข้าไปในกรงที่มีขนาด 90*60*75 cm^3 ภายใต้สภาวะการณ์ทดลองในห้อง Lab คือที่อุณหภูมิ 25±2°C และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5% ต้นกำเนิดของยุงจะได้มาจากการเก็บจาก Campinas และ Braganca ระหว่างปี 1992-1997 โดยจะนำยุงตัวเต็มวัย ซึ่งให้อาหารโดยให้สารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 10% และให้เลือดหนู ทุกอาทิตย์ แต่ในการทดลองจะใช้ยุงที่ไม่ได้กินเลือดมาเป็นเวลาอย่างน้อย 2 วันก่อนการทดลอง

ในการทดลองกลุ่มแรก จะใช้มือทั้งสองข้างใส่ลงไปในกรงสำหรับทำการทดสอบเป็นเวลา 15 นาที โดยให้มือทั้งสองข้างห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร และมีมือหนึ่งที่ถือเครื่องมือซึ่งเปิดใช้งานอยู่ ในการทดลองกลุ่มที่สองจะใช้เพียงมือเดียวใส่เข้าไปในกรง และจะถือเครื่องมือที่เปิดใช้งานเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจะปิดเครื่อง และภายหลังจากนั้น 5 นาที มือเดิมจะใส่เข้าไปในกรงอีกครั้ง เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่มีเครื่องมือ

จำนวนในการกัดจะนับจากการที่ยุงบินไปเกาะที่แขน แต่ยุงจะไม่ได้รับการให้กินเลือดจากแขน เมื่อยุงทำการเกาะ และก่อนที่จะกัด ผู้ทำการทดลองจะใช้ small feather ปัดออกไปให้ยุงบิน

โดยค่าดรรชนีที่วัดนี้จะกำหนดเป็นค่า Protection Index (PI) ซึ่งจะทำการคำนวณโดยอ้างอิงจาก Rutledge และ Combemale โดย

$$PI =((UPH-PH) / UPH)*100$$

โดย PH = จำนวนในการกัดที่เกิดขึ้นบน Protected hand

UPH = จำนวนในการกัดทีเกิดขึ้นบน Unprotected hand

จากผลการทดลองพบว่ามีการกัดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในระหว่างเวลา 15 นาที ถึงแม้ว่าในการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 สำหรับเครื่อง Anti-pic จะมีค่า PI อยู่ที่ 30.3% แต่ในการทดลองในชุดการทดลองที่สองกลับพบว่าผลที่ได้จากการทดลองชุดนี้ไม่สามารถยืนยันผลที่เกิดขึ้นเหมือนการทดลองชุดแรกได้ ต่างจากการประเมินโดยใช้ DEET ซึ่งทางผู้ทดลองพบว่ามีค่า PI อยู่ที่ 100% ทีเดียว

ดังนั้นผลสรุปของการทดลองนี้คือ เครื่องมือทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถป้องกันการถูกกัดได้ และเครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่ไม่มีประโยชน์ในการช่วยหลีกเลี่ยงการเกิดโรคไข้เลือดออก หรือช่วยบรรเทาความรำคาญจากการกัดของยุง A.albopictus ได้

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรเทพ ลาภธุวะศิริ,2542

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสมดุล (Balance) ของเพลากลางและเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดสอบค่าสมดุลเกินจากข้อกำหนด งานวิจัยนี้จะเริ่มระบุถึงปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อค่าสมดุล จากนั้นจะเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต แล้วจึงเลือกปัจจัยที่น่าจะมีผลกระทบต่อค่าสมดุลของเพลากลาง 4 ปัจจัยคือ แรงดันของเครื่องเชื่อม อัตราการป้อนลวดของเครื่องเชื่อม ค่าความร่วมศูนย์กลางของโยก และค่าทอร์กของการประกอบโยก จากนั้นจึงใช้การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าสมดุลของเพลากลาง และปัจจัยใดที่มีอันตรกิริยาระหว่างกัน จากผลการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติวิศวกรรมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของการวิจัยเบื้องต้นพบว่า มี 3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสมดุลของเพลากลางคือ แรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม อัตราการป้อนลวด ค่าความร่วมศูนย์ จากนั้นก็หาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าสมดุลมีค่า 10 กรัม คือแรงดันไฟฟ้า 28.5036 โวลท์ อัตราการป้อนลวดของเครื่องเชื่อมที่ 22.0191 วินาที/รอบ และค่าความร่วมศูนย์ที่ 0.1436 มิลลิเมตร เมื่อนำสภาวะการผลิตใหม่ที่ได้ไปทดสอบเพื่อยืนยันผลพบว่าค่าสมดุลใหม่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศักรินทร์ อินทปัญญ์,2543 จากวิทยานิพนธ์ เรื่องการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงินของกระจกเงาโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงินในกระบวนการผลิตกระจกเงา และเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงินภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้ ภายหลังจากสามารถเลือกปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลือบเงินคือ อุณหภูมิกระจกก่อนการเคลือบเงิน ปริมาณของเหลวบนกระจก และความดันน้ำเข้า Rinse bar โดยใช้แผนการทดลอง 2^k แฟคทอเรียลในการทดลองเบื้องต้นโดยทุกระดับของปัจจัย 2 ระดับ พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเคลือบเงิน แล้วจึงเพิ่มระดับของปัจจัยเป็น 3 ระดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบเงินเพิ่มขึ้น ผลการทดลองแสดงว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิกระจกก่อนการเคลือบเงินคือ 95 $^{\circ}$F ความดันน้ำ DI 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความดันน้ำเข้า Rinse bar 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเมื่อนำไปประยุกต์ใช้พบว่าประสิทธิภาพในการเคลือบเงินสูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน

จะทำการออกแบบสอบถามเพื่อศึกษาและสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน โดยในแบบสอบถามนั้นจะทำการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับยุงในประเทศไทย, ความรู้สึกรำคาญและความกังวลใจที่มีเมื่อได้รับการก่อกวนจากยุง รวมถึงความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน และแนวทางของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองในการไล่หรือกำจัดยุงให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นจึงได้ทำการออกแบบแบบสอบถามและวิธีการในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบสอบถามนั้น ซึ่งในแบบสอบถามจะแบ่งออกได้ทั้งสิ้น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้เข้ารับการสัมภาษณ์

วัตถุประสงค์

- เพื่อทราบถึงเพศ และ อายุของผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อหรือเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว
- เพื่อทราบถึงระดับการศึกษา อันจะส่งผลต่อความรู้ ความเข้าใจ และความตระหนักในภัยอันเกิดจากการสัมผัส หรือ การที่ยุงเป็นพาหะในการนำโรคต่างๆ มาสู่คน
- เพื่อทราบถึงระดับรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อันจะส่งผลต่อความสามารถในการรองรับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวเนื่องมาจากการกำจัด หรือ ไล่ยุง

2. ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านความรู้ความเข้าใจ และการพิจารณาในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการกำจัดหรือไล่ยุง

วัตถุประสงค์

- เพื่อให้ทราบถึงโรค (ซึ่งเกิดจากการเป็นพาหะของยุง) ซึ่งผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ให้ความสนใจเป็นพิเศษ อันจะก่อให้เกิดความเข้าใจในความต้องการของผู้เข้ารับการสัมภาษณ์ว่า มีความสนใจที่จะลดการสัมผัสกับยุงชนิดใด

- เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากยุง ว่าทางผู้เข้ารับการสัมภาษณ์มีความรำคาญใจหรือมีความหวั่นวิตกต่อการเกิดโรคต่างๆ ซึ่งเกิดจากยุงมากน้อยเพียงใด
- เพื่อให้ทราบถึงระดับความรู้ความเข้าใจด้านการป้องกันและควบคุมปริมาณยุง ภายในอาคารบ้านเรือนของผู้เข้ารับการสัมภาษณ์
- เพื่อให้ทราบถึงความแพร่หลายของผลิตภัณฑ์ด้านการลดการสัมผัสกับยุง ในประเทศไทย ซึ่งทางผู้เข้ารับการสัมภาษณ์มีประสบการณ์ในการใช้ และแนวทางในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ของทางกลุ่มต่อตลาดผู้ใช้

3. ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในการลดการสัมผัสกับยุงที่ทางผู้เข้ารับการสัมภาษณ์นิยมใช้ และ ข้อเสนอแนะต่อผลิตภัณฑ์นั้น

วัตถุประสงค์

- เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ทางผู้เข้ารับการสัมภาษณ์นิยมใช้ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า
- เพื่อให้ทราบถึงจุดด้อยของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และแนวทางที่ผลิตภัณฑ์ใหม่จะสามารถนำมาใช้ในการเจาะตลาดเข้าสู่กลุ่มลูกค้า

เมื่อได้ทำการกำหนดวัตถุประสงค์ในส่วนต่างๆ แล้วนั้นจึงได้ทำการสร้างแบบสอบถามและทำการสำรวจตามพื้นที่ที่มีบุคคลในหลายสาขาอาชีพ และมีความหลากหลายทั้งในส่วนของรายได้ อายุ เพศ จึงได้เลือกทำการศึกษาบริเวณสวนอาหารของห้างสรรพสินค้า, สถานที่ทำงานของรัฐบาล, สถานที่ทำงานของภาคเอกชน ฯลฯ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 150 ชุด ซึ่งแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้นจะปรากฏในภาคผนวก ก.

3.2 การออกแบบการทดลอง

ภายหลังจากที่ได้ทำการออกแบบสอบถามและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง ดังนั้นในการออกแบบการทดลองจึงได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองดังต่อไปนี้

3.2.1 การทำการกำหนดปัญหาที่สนใจ

จะทำการกำหนดปัญหาที่สนใจ รวมถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองให้มีความแน่ชัด

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับของปัจจัย

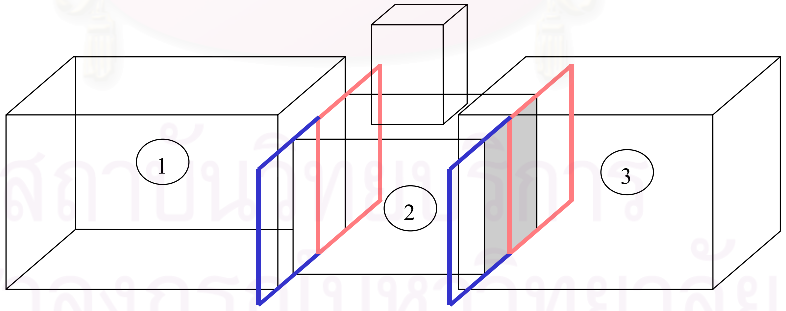
เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงว่าปัจจัยที่ได้มีผู้นำปัจจัยนั้นมาใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อการไล่ยุงนั้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการเลือกปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลต่อการทดลอง แต่ในเรื่องของระดับของปัจจัยจะต้องมีการค้นคว้ารวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ว่าอยู่ที่ระดับใดบ้าง และมีข้อจำกัดของการวิจัยอยู่ที่ระดับใด จากนั้นจึงทำการกำหนดออกมาให้เป็นแบบแผนในการทดลอง

3.2.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

ในการเลือกจะยึดหลักให้ตัวแปรตอบสนองนั้นสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการที่ทำการศึกษา และข้อจำกัดด้านการวิจัย ซึ่งภายหลังจากที่ได้ทำการศึกษาจากบทความต่างๆในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องพบว่ามีตัวแปรตอบสนองหลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของการทดสอบในกรงขนาดเล็ก จะประกอบไปด้วย

- Percent engorgement เป็น อัตราส่วนที่แสดงถึงจำนวนของยุงที่มีการกินเลือดเหยื่อเทียบกับจำนวนยุงที่มีการใส่เข้าไปในกรงเพื่อทำการทดสอบ โดยจะทำการฉีดสเปรย์ฆ่ายุงภายหลังจากที่ได้ปล่อยยุงและเหยื่อในช่วงระยะเวลาหนึ่งประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วนำยุงที่ตายแล้วมาดูที่ท้องของยุงว่ามีการกินเลือดเหยื่อหรือไม่ และทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนนี้ในขณะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงที่ใช้ความถี่เสียงกับไม่เปิดเครื่อง
- การเปรียบเทียบยุงที่เข้าไปในกรงส่วนที่ 3 ซึ่งมีเหยื่อวางล่ออยู่ โดยต้องผ่านส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นอุปสรรคที่วางเอาไว้ เช่นแผ่นชุบสารไล่ยุง, ความถี่เสียงที่กำหนด เป็นต้น



รูปที่ 3.1 แสดงกรงทดสอบที่ปรากฏอยู่ในวารสารที่เกี่ยวข้อง

- การเปรียบเทียบโดยจำนวนในการลงกัด (Numbers of Biting) ซึ่งเป็นจำนวนในการลงกัดของยุงบนตัวเหยื่อ ซึ่งจะทำการปัดยุงออกทุกครั้งโดยใช้ไม้ขนาดเล็กขณะที่ยุงกำลังพยายามกดปากเพื่อดูดเลือดบนตัวเหยื่อตลอดระยะเวลา 15 นาทีต่อ 1 การทดลอง

2. ลักษณะการทดสอบใน Chamber ซึ่งมีลักษณะคล้ายตู้ขนาดเล็ก พอที่จะให้คนเข้าไปนั่งทำการทดสอบได้ จะประกอบไปด้วย

- การเปรียบเทียบ Percent engorgement ซึ่งมีลักษณะการทดสอบเช่นเดียวกันกับการทดสอบในกรงขนาดเล็ก แต่จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบยุงของกระทรวงสาธารณสุข พบว่า การทดสอบใน Chamber จะให้ผลการทดสอบคล้ายการลงกัดจริงของยุงมากกว่าการทดสอบในกรงขนาดเล็ก เนื่องจากยุงจะมีพื้นที่ในการบินลงมาเพื่อกัดเหยื่อมากกว่า

3. ลักษณะการทดสอบในสถานที่จริง (Field test) จะประกอบไปด้วย

- จำนวนในการลงกัด โดยจะกำหนดให้อาสาสมัครอยู่ในบริเวณที่มียุงชนิดนั้นชุกชุม และทำการกำหนดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลการทดลองไว้ที่ค่าหนึ่งจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงชนิดนั้น เมื่อเปิดเครื่องและไม่เปิดเครื่อง

ภายหลังจากการค้นคว้าจะเลือกตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด โดยนอกจากพิจารณาในด้านความสามารถในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการที่ทำการศึกษาแล้วจะพิจารณารวมถึงข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น งบประมาณในการสร้างชุดอุปกรณ์ในการทดลอง, สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง, ระยะเวลาในการทดลอง ฯลฯ

3.2.4 การเลือกแบบการทดลอง

จะทำการพิจารณาถึงขนาดของข้อมูลหรือจำนวนที่ใช้ในการทำซ้ำ (Replicate), ความเหมาะสมของลำดับในการทดลอง, ข้อจำกัดในการสุ่ม รวมถึงต้นทุนที่ใช้ในการทดลองจากการทำซ้ำ ฯลฯ นอกจากนี้จะดูความเหมาะสมในเรื่องของการตอบสนองที่เกิดขึ้นของยุง เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการทดลองกับสิ่งมีชีวิต ทำให้มีลักษณะในการตอบสนองที่มีความหลากหลาย จึงจะมีการจัดกลุ่มการทดลองเพื่อทำการศึกษาลักษณะทั่วๆไปของการตอบสนอง ไม่เพียงแต่เฉพาะในเรื่องของจำนวนในการลงกัดเพียงอย่างเดียว

3.2.5 การดำเนินการทดลอง

จะมีการใช้การทดลองแบบสุ่มเพื่อป้องกันเรื่องความไม่สม่ำเสมอ ความผิดพลาดของเครื่องมือ และผู้ทำการทดลอง รวมทั้งอคติที่น่าจะเกิดขึ้นในผู้ทำการทดลอง รวมทั้งมีการทำซ้ำเพื่อลดผลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ให้น้อยลง และการทดลองจะต้องพยายามดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแผนที่ได้มีการออกแบบไว้

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง จะประกอบไปด้วย

3.3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 3-4 วันและยังไม่เคยกินเลือดมาก่อน ซึ่งได้จากการนำตัวโม่งยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) มาจากห้องเลี้ยงแมลงฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขมาทำการเพาะเลี้ยง วัสดุและอุปกรณ์และขั้นตอนในการเพาะเลี้ยง จะปรากฏดังภาคผนวก ค.
2) ยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 3-4 วันและยังไม่เคยกินเลือดมาก่อน ซึ่งได้จากการนำตัวโม่งยุงรำคาญมาจากห้องเลี้ยงแมลงฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขมาทำการเพาะเลี้ยง วัสดุและอุปกรณ์และขั้นตอนในการเพาะเลี้ยง จะทำเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงยุงลายบ้าน
3) หนูขาวเพื่อใช้ส่งกลิ่นดึงดูดยุงจำนวน 8 ตัว

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) กรงที่ใช้ในการทดลองขนาด 30*41*27 cm^3
2) ลำโพงซึ่งสามารถตอบสนองต่อความถี่เสียงในระดับ 25 Hz – 50,000 Hz
3) Function Generator ในการสร้างเสียงที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ
4) Oscilloscope ใช้ในการตรวจวัดคลื่นความถี่เสียงที่ปล่อยออกมาจาก Function Generator
5) Amplifier ขนาด 250 Watt ซึ่งใช้ในการขยายสัญญาณคลื่นความถี่เสียงให้ปล่อยออกมาทางลำโพง
6) สายเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ
7) เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิในกรงที่ใช้ในการทดลอง
8) เครื่องวัดความเข้มแสง
9) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
10) เครื่องวัดความเข้มเสียง
11) นาฬิกาที่ใช้ในการจับเวลา
12) ไม้ปลายเล็กเพื่อใช้ในการปัดยุงที่เข้ามาเกาะเหยื่อ
13) ตะแกรงหนีบหนูที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4 วิธีการในการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

3.4.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ก่อนการทดสอบ

1) ทำการคัดแยกหนูออกมาเป็นคู่ ๆ ทั้งหมด 4 คู่กำหนดเป็นคู่ที่ 1,2,3 และ 4 ให้เหมือนกันในทุกการทดลอง
2) ทำการติดหมายเลขกรงก่อนการทดสอบในแต่ละวัน
3) ทำความสะอาดหนูทุกครั้งก่อนการทดลองโดยนำผ้าชุบน้ำลูบตามตัวและหางของหนูเพื่อลดกลิ่นและคราบที่ติดตามตัวหนู
4) ทำการ Calibrate เครื่องมือวัดความเข้มเสียงทุกครั้งก่อนการทดลอง
5) ทำการตั้งค่าความถี่ที่ต้องการ โดยการปรับค่าที่เครื่อง Function Generator
6) ทำการตั้งค่าความเข้มเสียงที่ต้องการ โดยปรับความดังที่ออกมาจากลำโพง โดยการหมุนปุ่ม Volume ของ Amplifier และนำเครื่องวัดความเข้มเสียงไปจ่อที่ปากลำโพง ดูค่าความเข้มเสียงที่ปรากฏ และหมุนปรับ Volume ให้มีค่าความเข้มเสียงที่ต้องการ

3.4.2 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองสำหรับการทดสอบจากการสร้างความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่ต้องการ

1) ในวันที่ 2 ถัดจากที่ได้นำอาหารและถ้วยตัวโม่งใส่ไว้ในกรงจะทำการนำอาหารออกมาจากกรงเนื่องจากในการทดลองจะต้องให้ยุงมีความหิวและพร้อมที่จะทำการทดลอง ซึ่งในที่นี้จะประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง
2) ทำการเชื่อมต่อสายไฟ, สาย Probe และอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความถี่และความเข้มเสียง และทำการทดสอบการใช้งานเริ่มต้น
3) ทำการปรับแต่งค่าความถี่และความเข้มเสียงที่จะทำการทดลอง
4) หนีบหนูคู่ที่จะทำการทดลองให้ตรงกับหมายเลขกรงที่จะทำการทดลองใส่ตะแกรงเหล็ก ให้หนูไม่สามารถขยับได้
5) ใส่ลำโพงเข้าไปในกรงทดลอง
6) นำตะแกรงที่มีหนูที่ได้หนีบไว้แล้วเข้าไปในกรงทดลองบริเวณด้านข้างลำโพง
7) ทำการทดสอบความพร้อมในการกัดของยุง โดยทำการทดสอบ Degree of hunger ซึ่งจะทดสอบโดยอาศัยหลักการที่ว่า หากยุงบินเข้ามากัดหนูที่อยู่ในตะแกรงอย่างน้อย 10 ตัวในเวลาประมาณ 15 วินาทีจะถือว่ายุงในกรงมีความพร้อมต่อการทดลอง
8) หากการทดสอบ Degree of hunger ผ่านจะทำการทดลองในขั้นตอนที่ 9 ต่อไป

รูปที่ 3.3 แสดงการทดสอบ Degree of Hunger

9) ใช้ไม้ปลายเล็กทำการปัดยุงเบาๆ ออกจากตะแกรงหนีบหนู
10) ทำการจดบันทึกเวลาที่เริ่มทำการทดลอง , เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ , ความเข้มแสง และอุณหภูมิ ก่อนการทดลอง
11) ทำการเปิดลำโพงและเริ่มจับเวลา

12) นับจำนวนในการลงกัดของยุง (Numbers of biting) และทำการจดบันทึกจำนวนในการลงกัดเป็นระยะๆ ซึ่งแบบฟอร์มในการทดลองปรากฏดังที่แสดงในบทที่ 4 (ซึ่งจะนับเป็น 1 ครั้งก็ต่อเมื่อ ยุงทำการเกาะลงบนตะแกรง และเริ่มที่จะทำการกดปากลงไปบนตัวเหยื่อเพื่อเริ่มที่จะดูดเลือด ก็จะใช้ไม้ปลายเล็กทำการปัดยุงให้เริ่มออกบินใหม่) ตลอดระยะเวลา 15 นาที
13) เมื่อครบกำหนด 15 นาที ทำการปิดลำโพง นำลำโพงและตะแกรงหนีบหนูออกมาจากกรงทดลอง
14) ทำตามขั้นตอนที่ 1-13 เช่นเดียวกันทุกครั้งในทุกการทดลอง

รูปที่ 3.4 แสดงภาพขณะทำการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.3 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองสำหรับการทดสอบกับเครื่องไล่ยุง

1) ในวันที่ 2 ถัดจากที่ได้นำอาหารและถ้วยตัวโม่งใส่ไว้ในกรงจะทำการนำอาหารออกมาจากกรงเนื่องจากในการทดลองจะต้องให้ยุงมีความหิวและพร้อมที่จะทำการทดลอง ซึ่งในที่นี้จะประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง
2) หนีบหนูคู่ที่จะทำการทดลองให้ตรงกับหมายเลขกรงที่จะทำการทดลองใส่ตะแกรงเหล็ก ให้หนูไม่สามารถขยับได้
3) ใส่เครื่องไล่ยุงเข้าไปในกรงทดลอง

4) นำตะแกรงที่มีหนูที่ได้หนีบไว้แล้วเข้าไปในกรงทดลองบริเวณด้านข้างเครื่องไล่ยุง
5) ทำการทดสอบความพร้อมในการกัดของยุง โดยทำการทดสอบ Degree of hunger ซึ่งจะทดสอบโดยอาศัยหลักการที่ว่า หากยุงบินเข้ามากัดหนูที่อยู่ในตะแกรงอย่างน้อย 10 ตัวในเวลาประมาณ 20 วินาทีจะถือว่ายุงในกรงมีความพร้อมต่อการทดลอง
6) หากการทดสอบ Degree of hunger ผ่านจะทำการทดลองในขั้นตอนที่ 7 ต่อไป
7) ใช้ไม้ปลายเล็กทำการปัดยุงเบาๆ ออกจากตะแกรงหนีบหนู
8) ทำการจดบันทึกเวลาที่เริ่มทำการทดลอง , เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ , ความเข้มแสง และอุณหภูมิ ก่อนการทดลอง
9) ทำการเปิดให้เครื่องทำงานโดยปรับระดับความถี่เสียงของเครื่องไล่ยุงที่ต้องการ (ระดับที่ 1,2 และ 3)
10) นับจำนวนในการลงกัดของยุง (Numbers of biting) และทำการจดบันทึกจำนวนในการลงกัดเป็นระยะๆ ซึ่งแบบฟอร์มในการทดลองปรากฏดังที่แสดงในบทที่ 4 (ซึ่งจะนับเป็น 1 ครั้งก็ต่อเมื่อ ยุงทำการเกาะลงบนตะแกรง และเริ่มที่จะทำการกดปากลงไปบนตัวเหยื่อเพื่อเริ่มที่จะดูดเลือด ก็จะใช้ไม้ปลายเล็กทำการปัดยุงให้เริ่มออกบินใหม่) ตลอดระยะเวลา 15 นาที
11) เมื่อครบกำหนด 15 นาที ทำการปิดเครื่อง นำเครื่องไล่ยุงและตะแกรงหนีบหนูออกมาจากกรงทดลอง
12) ทำตามขั้นตอนที่ 1-11 เช่นเดียวกันทุกครั้งในทุกการทดลอง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Minitab release 13.02 ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุง

จะใช้การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบกับจำนวนในการลงกัดมาตรฐานที่สภาวะปกติ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ทำการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

เงื่อนไขของการวิเคราะห์

- ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยการ plot ค่า residual ลงบนกราฟที่เรียกว่า Normal Probability Paper ตรวจดูค่า P- value ที่ทางโปรแกรมสำเร็จรูปได้ทำการคำนวณมาให้ (จากวิธีการของ Anderson-

Darling) ว่ามีค่ามากกว่าค่า α (ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 0.05) หรือไม่ หากเกินกว่าค่าที่กำหนดแสดงว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

- การตรวจสอบดูความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะ การกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่
- การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนโดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายความคลาดเคลื่อนในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

2) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการทดลอง เพื่อพิจารณาว่าค่าความถี่ต่างๆ มีผลกระทบต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) หรือไม่ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่ทางโปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณออกมา โดยเปรียบเทียบค่า P-Value นั้นกับค่า α ถ้าค่า P-Value ที่คำนวณได้ในแต่ละปัจจัยมีค่าน้อยกว่าค่า α ที่ได้กำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงว่าค่าความถี่มีผลกระทบต่อจำนวนในการลงกัด
3) ใช้วิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับที่ได้ทำการเลือกใช้ในการทดลองเบื้องต้นนี้นั้น จะใช้วิธีการของ Tukey โดยจะสามารถแสดงเปรียบเทียบผลออกมาเป็นคู่ๆ ว่ามีคู่ใดที่มีค่าที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในการวิจัยนี้จะเน้นถึงความแตกต่างระหว่างค่าจำนวนในการลงกัดที่ไม่มีการปล่อยความถี่เสียงใดๆ กับ เมื่อมีการปล่อยความถี่เสียงในระดับต่างๆ ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่
4) ในส่วนของการทดลองเบื้องต้นเมื่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในการดำเนินการวิจัยจึงได้เลือกหาค่าความถี่ที่ดีที่สุดในแต่ละกลุ่มหลักการจากค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้น จากการทดลอง 4 replicate ในแต่ละความถี่เพื่อนำค่าความถี่มาใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป
5) ทำทุกขั้นตอนเช่นเดียวกันในแต่ละกลุ่มการทดลองเพื่อหาค่าความถี่ตัวแทนกลุ่มหลักการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

จากการใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ทำการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking) ทำในลักษณะเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุง
2) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการทดลอง ว่า ปัจจัยด้านความถี่เสียง, ปัจจัยด้านความเข้มเสียง มีผลต่อจำนวนในการลงกัดหรือไม่ รวมถึงอันตรกิริยาที่เกิดจากการรวมกันของระดับของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยในการทดลองว่ามีผลด้วยหรือไม่ ซึ่งในที่นี้สามารถวิเคราะห์ได้จากค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณในโปรแกรม โดยการเปรียบเทียบกับค่า α ซึ่งได้กำหนดไว้มีค่าเท่ากับ 0.05 ซึ่งถ้าหากค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณในแต่ละปัจจัย และ ในค่า Interaction มีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าว แสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลกระทบต่อจำนวนการลงกัดของยุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้นจากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน

ซึ่งผลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลในแบบสอบถามและการวิเคราะห์ผล มีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะข้อมูล

1.1. เพศ

- เพศชาย 52 คน
- เพศหญิง 98 คน

1.2. อายุ

- อยู่ระหว่าง 10-20 ปีทั้งสิ้น 21 คน
- อยู่ระหว่าง 21-40 ปีทั้งสิ้น 108 คน
- อยู่ระหว่าง 41-60 ปีทั้งสิ้น 21 คน
- อายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป 0 คน

1.3 ระดับการศึกษา

- ระดับประถมศึกษาตอนปลาย 6 คน (คิดเป็น 4% ของจำนวนผู้เข้ารับการสัมภาษณ์)
- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 5 คน (คิดเป็น 3.33% ของจำนวนผู้เข้ารับการสัมภาษณ์)
- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า 32 คน (คิดเป็น 21.33% ของจำนวนผู้เข้ารับการสัมภาษณ์)
- ระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า 87 คน (คิดเป็น 58% ของจำนวนผู้เข้ารับการสัมภาษณ์)
- สูงกว่าระดับปริญญาตรี 20 คน (คิดเป็น 13.33% ของจำนวนผู้เข้ารับการสัมภาษณ์)

1.4 โรคที่ทางผู้เข้ารับการสัมภาษณ์มีความกังวลใจและให้ความสนใจเรียงตามลำดับดังต่อไปนี้

- โรคไข้เลือดออก 118 คน
- โรคมาลาเรีย 17 คน
- โรคไข้สมองอักเสบ 13 คน
- โรคเท้าช้าง 2 คน

1.5 ระดับของการสร้างความรำคาญของยุงในความรู้สึกของผู้ถูกสัมภาษณ์

- ไม่สร้างความรำคาญใดๆ เลย 2 คน
- สร้างความรำคาญบ้างเล็กน้อย 22 คน
- สร้างความรำคาญแต่ไม่บ่อยนัก 55 คน
- สร้างความรำคาญอย่างมากและบ่อยครั้ง 71 คน

1.6 ระดับของความกังวลในโรคซึ่งมียุงเป็นพาหะนำโรค

- ไม่รู้สึกกังวลเลย 10 คน
- กังวลบ้างเล็กน้อย 39 คน
- ในบางครั้งเกิดความกังวลอย่างมาก เช่น ช่วงที่มีข่าวการแพร่ระบาดอย่างหนัก 84 คน
- บ่อยครั้งที่เกิดความรู้สึกกังวลอย่างมาก 17 คน

1.7 มีความสนใจในการหาวิธีในการกำจัดหรือไล่ยุงในวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

- วิธีการใช้สารเคมี 126 คน
- การควบคุมโดยวิธีการทางชีววิทยา 69 คน
- การบริหารจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ 84 คน
- การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม 5 คน
- การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ 83 คน

1.8 โดยวิธีการที่ใช้บ่อยเรียงตามลำดับดังนี้

- ใช้สารเคมี 115.7 คะแนน
- การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ 80.4 คะแนน
- การบริการจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ 62.5 คะแนน
- การควบคุมโดยวิธีการทางชีววิทยา 48.5 คะแนน
- การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม 15.6 คะแนน

1.9 ความสนใจในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดหรือไล่ยุง

- สารไล่ยุงชนิดขด 129 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดแผ่น (mat) 90 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดของเหลว (liquid) 84 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดทาผิว ในรูปแผ่น 87 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดทาผิวในรูปแป้ง 87 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดโลชั่นทาผิว 106 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมกันยุง 89 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมตะไคร้กันยุง 83 คะแนน
- เทียนหอมตะไคร้กันยุง 71 คะแนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ยาฉีดฆ่ายุง 133 คะแนน
- ต้นไม้ไล่ยุง 64 คะแนน
- ไม้ตียุง 102 คะแนน
- เครื่องไฟฟ้าฆ่ายุง (ซึ่งใช้หลักการของแสงล่อยุงให้เข้ามาและโดนเส้นลวดนำไฟฟ้า) 100 คะแนน
- Software ไล่ยุง 12 คะแนน
- เครื่องกำจัดยุง (โดยใช้หลักการดักยุงให้เข้ามาตามแสง Black light , ใช้มอเตอร์ดูดยุงลงที่เก็บ และมีที่ปิดเพื่อป้องกันการบินขึ้นมา) 19 คะแนน
- อื่นๆ 2 คะแนน คือ ยาไล่แมลงกลิ่นส้ม

1.10 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่ยุงหรือกำจัดยุงที่ใช้มากที่สุดคือ

- ยาฉีดฆ่ายุง 88 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดขด 74.8 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดแผ่น (mat) 34.6 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดของเหลว (Liquid) 27.8 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมตะไคร้กันยุง 24.2 คะแนน
- ไม้ตียุง 23.6 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดทาผิวในรูปแป้ง 23.6 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมกันยุง 23 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดทาผิวในรูปแผ่น 19.8 คะแนน
- สารไล่ยุงชนิดโลชั่นทาผิว 17.3 คะแนน
- เทียนหอมตะไคร้กันยุง 9 คะแนน
- เครื่องกำจัดยุง (โดยใช้หลักการดักยุงให้เข้ามาตามแสง Black light , ใช้มอเตอร์ดูดยุงลงที่เก็บ และมีที่ปิดเพื่อป้องกันการบินขึ้นมา) 8.6 คะแนน
- ต้นไม้ไล่ยุง 4 คะแนน
- Software ไล่ยุง 2.6 คะแนน
- อื่นๆ 0 คะแนน

1.11 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในการไล่หรือกำจัดยุงซึ่งทางผู้รับการสัมภาษณ์มีความสนใจมากที่สุดเรียง ตามลำดับคือ

- ต้องมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่มีผลข้างเคียงใดๆ 101.9 คะแนน
- ใช้งานง่าย 61.4 คะแนน
- ไม่สร้างความรำคาญในด้านอื่น เช่น กลิ่น ควัน เป็นต้น 59.8 คะแนน
- ความสะดวกต่อการพกพา 28.7 คะแนน

- ราคาถูก 25.7 คะแนน
- หาซื้อได้ง่าย 16.4 คะแนน
- รูปลักษณ์สวยงาม 6.1 คะแนน
- อื่นๆ เช่น ประสิทธิภาพ ความคงทน 2 คะแนน

1.12 การตอบรับต่อผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้ในการไล่ยุง โดยกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์คือ สามารถไล่ยุงได้ โดยปราศจากผลข้างเคียง และสิ่งรำคาญใจต่างๆ รวมถึงราคาที่ไม่สูงเกิน 1,000 บาท ปรากฏผลดังต่อไปนี้

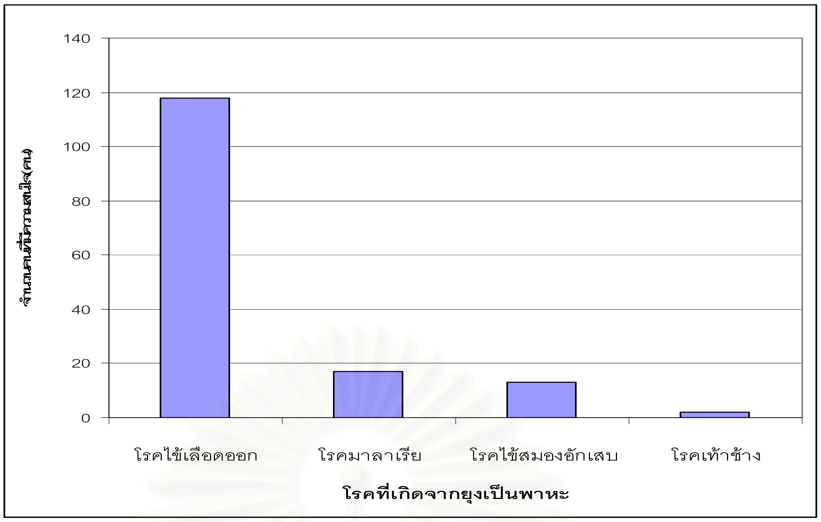
- มีความสนใจที่จะใช้ 77 คน เนื่องจากถูกใจคุณสมบัติข้างต้น 53 คะแนน , นิยมทดลองสินค้าใหม่ๆ 17 คะแนน , อื่นๆ เช่น ความปลอดภัยจากการใช้งาน 11 คะแนน
- ไม่มีความสนใจที่จะใช้ 41 คน โดยให้เหตุผลว่า เป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นมากนัก 22 คน , ไม่นิยมทดลองสินค้าใหม่ๆ 2 คน , มีราคาแพง 17 คน และอื่นๆ เช่น ไม่แน่ใจในประสิทธิภาพ , ไม่อยากเป็นหนูทดลอง เป็นต้น อีกจำนวน 5 คน
- ยังไม่แน่ใจว่าจะใช้หรือไม่ จำนวน 29 คน โดยให้เหตุผลว่าอยากให้ผู้อื่นทดลองใช้ก่อน , ต้องดูราคาและรูปลักษณ์ที่แน่นอน เป็นต้น

2. การสรุปผลจากแบบสอบถาม

จากแบบสอบถามที่ได้รวบรวมมานั้นมีประเด็นต่างๆที่น่าสนใจดังนี้ คือ

1. ประเด็นด้านความสนใจในโรคที่เกิดจากยุงพาหะ และความรำคาญที่เกิดจากยุง

- ในส่วนนี้จะพบได้ว่ามีบุคคลเป็นจำนวนไม่น้อย (ถึง 56%) ที่ในบางครั้งนั้นเกิดความกังวลใจอย่างมากต่อโรคต่างๆที่เกิดจากการที่ยุงเป็นพาหะ และมีบุคคลต่างๆ อีกจำนวนหนึ่ง (ประมาณ 11.33%) ที่มีความกังวลใจอย่างมากและบ่อยครั้ง ซึ่งในส่วนนี้ชี้ให้เห็นได้ว่า มีคนในประเทศไทยเป็นจำนวนไม่น้อยที่รู้สึกกังวลและตระหนักถึงโรคภัยที่เกิดจากการที่ยุงเป็นพาหะ
- ในประเด็นด้านการสร้างความรำคาญจากยุง นั้นก็พบว่าร้อยละ 84 ที่ประสบปัญหาจากยุงอย่างมากและ และมีเพียงร้อยละ 16 เท่านั้นที่ไม่ได้รับการรบกวนจากยุง ซึ่งจากจำนวนของผู้ประสบปัญหาจากยุงจะพบได้ว่าถึงแม้ว่าจะมีผลิตภัณฑ์และวิธีการในการกำจัดหรือไล่ยุงในหลายๆวิธี แต่ก็ยังไม่เพียงพอ และไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร
- ส่วนชนิดของยุงที่ควรจะให้ความสนใจในการกำจัดน่าจะเป็น ยุงลาย เนื่องจากเป็นยุงที่ก่อให้เกิดโรคไข้เลือดออก ซึ่งมีผู้กรอกแบบสอบถามมากกว่า 78.67% ที่เป็นกังวลต่อโรคนี้ และตรงกันกับการสำรวจของกรมควบคุมโรคติดต่อ ซึ่งโรคนี้ได้เกิดการแพร่กระจายอย่างมากในประเทศไทย



รูปที่ 4.1 แสดงความสนใจในโรคต่างๆ ที่เกิดจากการที่ยุงเป็นพาหะ

2. ประเด็นด้านผลิตภัณฑ์ในการไล่ยุงหรือกำจัดยุงในปัจจุบัน

- จากการรวบรวมผลแบบสอบถามพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความสนใจและรู้จักนั้นมักจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการวางขายในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้ว เช่น สารไล่ยุงชนิดขด , ยาฉีดฆ่ายุง หรือไม่ก็จะเป็นประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีวางขายตามท้องตลาดและราคาไม่แพงมากนัก เช่น ไม้ตียุง สารไล่ยุงชนิดแผ่น เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น เช่น Software ไล่ยุง หรือ เครื่องกำจัดยุง โดยใช้หลักการของแสง Blacklight นั้นยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก ดังนั้นหากจะมีผลิตภัณฑ์ที่จะต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้นก็จะต้องมีระบบในการโฆษณาและประชาสัมพันธ์อย่างมาก และเน้นให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าผลิตภัณฑ์แบบเก่าอย่างไร และมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด จึงจะสามารถเจาะตลาดแทนผลิตภัณฑ์เก่าที่มีวางขายมานานแล้วได้
- ประเด็นด้านผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการกำจัดหรือไล่ยุงที่ใช้กันมากที่สุด ก็คือ ยาฉีดฆ่ายุง โดยทางผู้กรอกแบบสอบถามนั้นให้ความเห็นว่า การที่ใช้ยาฉีดฆ่ายุง นั้นก็เนื่องมาจากเหตุผลต่างๆ ดังนี้คือใช้งานง่าย, หาซื้อได้ง่าย , ใช้กันมานานแล้ว , มีความสะดวกต่อการพกพา เป็นต้น และอันดับรองลงมาของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการกำจัดหรือไล่ยุงก็คือ สารไล่ยุงชนิดขด ซึ่งเหตุผลในการใช้จะคล้ายกันคือ ใช้งานง่าย และหาซื้อได้ง่าย ซึ่งจากคะแนนและข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้นั้นน่าจะพอสรุปได้ว่าหากจะทำตลาดก็ควรจะมุ่งเน้นในข้อด้อยของผลิตภัณฑ์ทั้งสองนี้ก็น่าที่จะเพิ่มปริมาณลูกค้าได้เพิ่มขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ประเด็นด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในการกำจัดยุงหรือไล่ยุงในอุดมคติของผู้บริโภค

ด้านคุณสมบัติโดยทั่วๆ ไป จากการสอบถามพบว่าหากจะออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่มีความจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้คือ

- ควรที่จะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ ซึ่งทางผู้กรอกแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับคุณลักษณะนี้อย่างมาก
- ต้องใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
- ไม่สร้างความรำคาญในด้านอื่นๆ เช่น กลิ่น หรือ ควัน
- และในบางท่านมีความสนใจในด้านความสะดวกต่อการพกพา และราคาที่ต้องไม่แพงมากนัก

ด้านราคา จากการสอบถามจะพบได้ว่า ระดับราคาที่ทางผู้บริโภคจะยอมรับได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการไล่ยุงนั้น 38% จะอยู่ที่ระดับ 100-200 บาท และในบางส่วนจะอยู่ที่ระดับ 200-300 บาท มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถรับได้ในราคาที่มากกว่านี้ ดังนั้นหากจะออกแบบในเชิงการค้า จะต้องพยายามไม่ให้เกินใน ระดับราคาที่มากกว่า 300 บาท

4. **ประเด็นด้านศักยภาพในการผนวกผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ประกอบเข้ากับผลิตภัณฑ์อื่นในการชักจูงลูกค้าในอนาคต**

ประกอบไปด้วย โคมไฟ , ฐานพัดลมรูปแบบใหม่ , แจกันดอกไม้ และ นาฬิกาแขวน ซึ่งอาจจะต้องใช้การปรับปรุงทางด้านแผงวงจรให้เปลี่ยนรูปร่างและผนวกเข้ากับผลิตภัณฑ์อื่นได้

5. **ประเด็นด้านการตอบรับจากลูกค้าโดยกำหนด คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในการไล่ยุง** โดยการสร้างความถี่นั้น พบว่า มีถึงร้อยละ 51.33 ที่มีความสนใจต่อผลิตภัณฑ์ โดยให้เหตุผลส่วนใหญ่ว่า ถูกใจคุณสมบัติ และมีอีก 19.33% ที่ยังไม่แน่ใจ ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ตัวใหม่นั้นมีผู้ที่มีความสนใจที่จะใช้ค่อนข้างมาก

ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่ยุงไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบันยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอและไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ โดยสามารถพิจารณาได้จากจำนวนของผู้กรอกแบบสอบถามที่ยังคงได้รับความรำคาญจากยุงรวมทั้งจากข้อเสนอแนะและความามคิดเห็นที่ได้จากแบบสอบถามว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่และกำจัดยุงภายในประเทศที่ใช้ในปัจจุบันยังมีข้อเสียหลายๆด้าน เช่น การใช้ยาฆ่าแมลงก็ยังคงมีผลข้างเคียงต่อร่างกายมนุษย์ ด้านยาทากันยุง, โลชั่นกันยุงตะไคร้หอม ก็ยังสร้างความรำคาญในด้านกลิ่น เป็นต้น

ดังนั้นหากสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่หรือกำจัดยุงที่ไม่มีผลกระทบในด้านใดๆ ต่อผู้ใช้ รวมทั้งใช้งานได้ง่าย สะดวก ก็น่าที่จะสามารถแข่งขันในตลาดของผลิตภัณฑ์ด้านนี้ได้

ดังนั้นหากสามารถค้นหาความถี่เสียงและระดับความเข้มเสียงที่มีความเหมาะสมที่ใช้ในการไล่ยุงมาประกอบการผลิตเครื่องไล่ยุงที่ใช้ความถี่เสียงก็น่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เป็นที่นิยมในตลาดได้

4.2 ผลการออกแบบการทดลอง

ภายหลังจากการออกแบบการทดลอง จะทำการเลือกประเด็นปัญหาที่จะทำการทดลอง, ระดับของปัจจัยด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่จะทำการศึกษา, การเลือกตัวแปรตอบสนอง, การเลือกแบบการทดลอง และขั้นตอนในการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองจะปรากฏผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ทำการกำหนดปัญหาที่สนใจ

จากการที่มีผู้พยายามในการคิดค้นหาเครื่องมืออำนวยความสะดวกและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการลดการสัมผัสและลดการกัดของยุงออกมาวางจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นจำนวนมาก และเครื่องไล่ยุงซึ่งใช้หลักการสร้างความถี่เสียงต่างๆ ก็เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากในต่างประเทศ สืบเนื่องจากการโฆษณาชวนเชื่อว่าสามารถไล่ยุงได้ และมีความสะดวกสบายในการใช้งาน แต่ในประเทศไทยกลับยังไม่มีผู้สนใจค้นคว้าถึงหลักการในการสร้างผลิตภัณฑ์นี้ ซึ่งหากมีการศึกษาว่าหลักการนี้สามารถใช้ในการไล่ยุงได้จริงหรือไม่ และหากไล่ได้จริงจะต้องสร้างคลื่นเสียงอยู่ที่ความถี่ใดในระดับใด ก็น่าจะสามารถนำไปประยุกต์ในการสร้างผลิตภัณฑ์นี้ขึ้นวางจำหน่ายได้ และหากใช้ไม่ได้ผลก็น่าจะมีการทดสอบผลตอบสนองในการกัดของยุงเมื่อได้รับความถี่และความเข้มเสียงต่างๆ เพื่อใช้อ้างอิงในการซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทดังกล่าวอนาคต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงในระดับต่างๆ ว่ามีผลกระทบอย่างไรต่ออัตราการกัดของยุง (ซึ่งในที่นี้ทางผู้ทำการศึกษาได้เลือก ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ซึ่งได้จากการคัดเลือกในขั้นตอนการกรอกแบบสอบถาม)

4.2.2 การเลือกปัจจัยที่ทำการศึกษา

สืบเนื่องจากการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากปัจจัย 2 ปัจจัย ว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) โดยปัจจัยที่จะทำการศึกษาคือ

1. ความถี่เสียง

โดยความถี่เสียงที่จะมาทำการศึกษานั้นจะนำมาจากการศึกษาค้นคว้าจากหนังสือ, Website ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และจากการกล่าวอ้างของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หรือ software ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาพบว่ามีความถี่เสียงเป็นจำนวนหลายระดับที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยจะเริ่มจากการคัดเลือก

ความถี่เสียงที่ดีที่สุด (ดูจากค่าเฉลี่ยในจำนวนการลงกัดมีค่าน้อยที่สุด) จากกลุ่มหลักการต่างๆ 6 หลักการ และระดับของปัจจัยด้านความถี่เสียงจะเป็นแบบ Fixed levels ซึ่งสามารถควบคุมและกำหนดค่าได้แน่นอน โดยในการทดลองเพื่อคัดเลือกความถี่เสียงจากกลุ่มหลักการต่างๆ นั้นจะทำการกำหนดระดับของปัจจัยด้านความถี่เสียงเป็นจำนวนทั้งสิ้น 21 ระดับดังต่อไปนี้คือ

- การทดสอบเพื่อหาค่าปกติในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จะมี 1 ระดับ คือที่ระดับสภาวะปกติ (ไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ จากลำโพง) โดยจะมีการนับจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในสภาวะปกติ เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานเปรียบเทียบ ซึ่งจะทำขึ้นเปรียบเทียบในทุกๆ การทดลองตามกลุ่มหลักการต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากแต่ละกลุ่มหลักการ
- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงของแมลงปอ จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ
  1) 25 Hz
  2) 35 Hz
  3) 40 Hz
- หลักการการสร้างเสียงที่ทำให้เกิดการ resonance ในยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จะมีทั้งสิ้น 2 ระดับคือ
  1) 100 Hz
  2) 200 Hz
- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จะมีทั้งสิ้น 6 ระดับคือ
  1) 300 Hz
  2) 400 Hz
  3) 500 Hz
  4) 600 Hz
  5) 700 Hz
  6) 800 Hz
- หลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ
  1) 5000 Hz
  2) 6000 Hz
  3) 7000 Hz
- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ
  1) 16000 Hz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) 17000 Hz

3) 20000 Hz

- หลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ

  1) 30000 Hz

  2) 40000 Hz

  3) 50000 Hz

2. ความเข้มเสียง

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยด้านความเข้มเสียง โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนของการทดลองคือ

- การทดลองเพื่อคัดเลือกความถี่เสียงจากกลุ่มหลักการต่างๆ ในส่วนนี้จะทำขึ้นที่ความเข้มเสียง 60 dB_C ซึ่งเป็นค่าความเข้มเสียงที่น้อยที่สุดที่สามารถทำการกำหนดเป็นค่าความเข้มเสียงเริ่มต้นในการทดลองได้ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในสถานที่ที่ทำการทดลอง
- การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มเสียงที่มีผลต่อการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นอีก 2 ระดับคือ

  1) 75 dB_C ซึ่งเป็นค่าความเข้มเสียงซึ่งพบว่าจากการศึกษาบทความต่างๆที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงซึ่งใช้หลักการสร้างความถี่เสียงอุปกรณ์เหล่านี้จะมีค่าความอยู่ที่ระหว่าง 70-75 dB เป็นส่วนมาก ดังนั้นในระดับขั้นที่ 2 ของความเข้มเสียงจึงกำหนดไว้ที่ 75 dB_C

  2) 110 dB_C ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดที่เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจะสร้างได้ และเป็นค่าสูงที่สุดเท่าที่มนุษย์จะฟังได้โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบการได้ยิน

- การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงที่มีผลต่อการลงกัดของยุงรำคาญจะทำการทดลองเฉพาะที่ระดับความเข้มเสียง 75 dB_C เนื่องจากข้อจำกัดในด้านระยะเวลาในการทดลอง

4.2.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

จากตัวแปรตอบสนองต่างๆ ทีได้จากการศึกษาในหัวข้อที่ 3.2.3 พบว่ามีเพียงการทดลองในกรงขนาดเล็กเท่านั้นที่มีความเป็นไปได้ เนื่องจากการทดลองใน Chamber และการทดลองแบบ Field test มีข้อจำกัดจากสถานที่ที่สามารถทำการทดลอง และงบประมาณในการจัดสร้าง Chamber

ก็มีราคาสูง ดังนั้นในการวิจัยนี้ได้จึงเลือกใช้ ลักษณะของการทดสอบในกรงขนาดเล็ก ประกอบการวิจัย จากนั้นจะทำการพิจารณาเลือกตัวแปรตอบสนอง โดยพิจารณาความเหมาะสมดังต่อไปนี้

- Percent engorgement จะทำขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีกรงในการทดสอบเป็นจำนวนมาก เนื่องจากกรงที่ใช้เมื่อผ่านการพ่นสเปรย์ในการกำจัดยุงแล้วจะมีการตกค้างของสเปรย์กำจัดยุงถึงแม้จะนำมาทำความสะอาดก็พบว่ายังไม่สามารถนำมาทำการทดสอบต่อไปได้ ผนวกกับจำนวนในการทดลองอันเนื่องมาจากระดับของความถี่เสียง มีเป็นจำนวนมาก จึงไม่เลือกตัวแปรตอบสนองนี้ในการทดลอง
- ในส่วนของ Modified Olfactometer หรือกรงในการทดสอบแบบ 3 กล่องดังรูปที่ 3.1 ได้มีความพยายามในการประดิษฐ์และนำมาใช้ในการทดสอบแล้วในงานวิจัยนี้ แต่พบว่าเวลาที่ใช้ในการให้ยุงผ่านเข้ามาอยู่ในส่วนที่ 3 นั้นเป็นเวลานานมาก จากการสังเกตพบว่ากว่าที่ตัวแรกจะเข้ามาในส่วนที่ 3 เพื่อกินเลือดเหยื่อจะใช้เวลานานถึง 1-2 ชั่วโมงและตัวต่อๆมาก็บินเข้ามาในส่วนที่ 3 ในระยะเวลาที่ห่างกัน ทั้งที่ในส่วนที่ 2 ของ Modified Olfactometer ยังไม่มีการเปิดความถี่เสียงหรือมีอุปสรรคใดๆ ซึ่งทำให้การกำหนดระยะเวลาในการทดลองเป็นไปได้ยากและคงใช้ระยะเวลานานมากหากต้องการทำการทดลองให้ได้ตามที่ทำการออกแบบไว้
- จำนวนในการลงกัด (Numbers of biting) ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย (ซึ่งในการนับจำนวนจำนวนในการลงกัดนั้น จะนับเป็น 1 ครั้งก็ต่อเมื่อ ยุงทำการเกาะลงบนตะแกรงหนีบหนู และเริ่มที่จะทำการกดปากลงไปบนตัวเหยื่อเพื่อเริ่มที่จะดูดเลือด ก็จะใช้ไม้ปลายเล็กทำการปัดยุงให้เริ่มออกบินใหม่ และจะทำการนับจำนวนในช่วงเวลา 15 นาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง) พบว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุดในการเลือกใช้เป็นตัวแปรตอบสนองในการทดลองเนื่องจากกรงที่ใช้สามารถเวียนกลับมาใช้ได้ใหม่, กำหนดขอบเขตของระยะเวลาในการทดลองได้แน่นอน และสามารถดูการตอบสนองต่อความถี่เสียงว่าเมื่อยุงโดนคลื่นเสียงจะเป็นอย่างไร เช่น การบินมีลักษณะที่แตกต่างออกไปหรือไม่ เป็นต้น

ดังนั้นจากการวิเคราะห์จึงพบว่า ในการวิจัยนี้สมควรเลือกใช้ **จำนวนในการลงกัด (Numbers of biting) มาใช้เป็นตัวแปรตอบสนองในการวิจัย**

4.2.4 การเลือกแบบการทดลอง

ภายหลังที่ได้ทำการเลือกแบบการทดลองจากข้อมูลโดยทั่วไปของการวิจัย, ตัวแปรตอบสนองที่เลือกใช้ ฯลฯ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกซึ่งเป็นการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุงนั้นจะใช้การทดลองปัจจัยเดียวและทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อคัดเลือกค่าความถี่เสียงที่ดีที่สุดจากในแต่ละกลุ่มหลักการ จากนั้นในขั้นตอนที่ 2 จะใช้การทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย เพื่อใช้ในการศึกษาผลของปัจจัย 2 ปัจจัย (ความถี่เสียงและความเข้มเสียง)

4.2.4.1 การทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุง

ในการทดลองเบื้องต้นการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุงนั้น จะใช้การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบกับจำนวนในการลงกัดมาตรฐานที่สภาวะปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งมีการนำวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับที่ได้ทำการเลือกใช้ในการทดลองเบื้องต้นนี้นั้น จะใช้วิธีการของ Tukey

4.2.4.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

โดยจะใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model ซึ่งจะสามารถพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลอง

4.2.5 การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองเบื้องต้น และ การศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง จะใช้การทดลองแบบสุ่มเพื่อป้องกันเรื่องความไม่สม่ำเสมอ ความผิดพลาดของเครื่องมือ และผู้ทำการทดลอง รวมทั้งอคติที่น่าจะเกิดขึ้นในผู้ทำการทดลอง รวมทั้งมีการทำซ้ำทั้งสิ้น 4 ครั้งทั้งใน 2 ขั้นตอนของการทดลองเพื่อลดผลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ให้น้อยลง และการทดลองจะต้องพยายามดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแผนที่ได้มีการออกแบบไว้

ซึ่งภายหลังจากที่ได้มีการออกแบบการทดลองแล้วนั้นสามารถกำหนดออกมาอยู่ในรูปของแผนการทดลองได้ดังตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของเครื่องไล่ยุง

แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุง

1. วัตถุประสงค์

เพื่อคัดเลือกค่าความถี่ที่ดีที่สุดจากแต่ละกลุ่มหลักการ และหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของยุงของเครื่องไล่ยุง ซึ่งการคัดเลือกค่าความถี่ที่ดีที่สุดจากแต่ละกลุ่มจะช่วยลดเวลาและทรัพยากรในการทดลอง เนื่องจากไม่สามารถทดลองทุกค่าของแต่ละกลุ่มหลักการได้

2. ตัวแปรต่างๆในการทดลอง

2.1 ตัวแปรตอบสนอง

จำนวนครั้งในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ อายุ 3-4 วันในเวลา 15 นาที (มีหน่วยเป็นครั้ง)

2.2 ปัจจัย

ความถี่เสียงระดับต่างๆ

2.3 ปัจจัยที่ควบคุม

ลำดับที่	ปัจจัย	ค่าที่ควบคุม
1.	ผู้ทำการทดลอง	1 คน
2.	ระยะเวลาในการทดลอง 1 ครั้งการทดลอง	15 นาที
3.	อายุของยุงที่ใช้ในการทดสอบ	3-4 วัน
4.	จำนวนยุงตัวเมียที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง	100 ตัว

2.4 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

1. ค่าความเข้มแสง จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 140-170 Lux
2. อุณหภูมิภายในห้อง จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีค่าอยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส
3. ความชื้นสัมพัทธ์ ในห้องปฏิบัติการอยู่ระหว่าง 25-55 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แผนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของเครื่องไล่ยุง (ต่อ)

3. จำนวนซ้ำ

จะทำซ้ำการทดลองต่อ 1 ความถี่ที่ทำการศึกษา 4 ครั้ง

4. **เมตริกการออกแบบการทดลอง**

เมตริกการออกแบบการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.2

5. วิธีการสุ่ม

การสุ่มในแต่ละกลุ่มหลักการ จะทำการสุ่มโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการสุ่มลำดับในการทดลอง ซึ่ง ตารางแสดงลำดับในการทดลอง และ หมายเลขสภาวะการทดลองจะปรากฏดังภาคผนวก ข.

6. ตารางที่ใช้ในการบันทึกผล

จะมีรูปแบบดังรูปที่ 4.2

7. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

- การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)
- การวิเคราะห์ความแปรปรวน
- การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยวิธีการของ Tukey

ตารางที่ 4.2 แสดงเมตริกการออกแบบการทดลองในการทดลองเบื้องต้นและการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการป้องกันการลงกัดของเครื่องไล่ยุง

ระดับความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
1*	y_{11}**	y_{12}	…	y_{1n}
2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2n}
.	.	.	…	
.	.	.	…	
.	.	.	…	
a	y_{a1}	y_{a2}	…	y_{an}

1* หมายเลขแสดงระดับความถี่ที่ใช้ในการทดลอง

y_{11}** หมายเลขสภาวะการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง………………/……………/2546 **NO. ………**

การทดลองที่ ….. เวลาเริ่มทำการทดลอง……………………..

อุณหภูมิ……………เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์…………………% ,ความเข้มแสง……………………..Lux

กรงที่

รายละเอียดยุง : อายุยุง…………วัน, จำนวน……………..ตัว

ทดลองที่ความถี่…………………..Hz, ความเข้มเสียง…………………..dB

จำนวนในการกัด

รวม………………………..ครั้ง

การทดลองที่ …….. เวลาเริ่มทำการทดลอง…………………….. **NO. ………**

อุณหภูมิ……………เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์…………………% ,ความเข้มแสง……………………..Lux

กรงที่

ทดลองที่ความถี่…………………..Hz, ความเข้มเสียง…………………..dB

จำนวนในการกัด

รวม………………………..ครั้ง

การทดลองที่ …….. เวลาเริ่มทำการทดลอง…………………….. **NO. ………**

อุณหภูมิ……………เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์…………………% ,ความเข้มแสง……………………..Lux

กรงที่

ทดลองที่ความถี่…………………..Hz, ความเข้มเสียง…………………..dB

จำนวนในการกัด

รวม………………………..ครั้ง

หมายเหตุ……...
....
....
....
....

รูปที่ 4.2 แสดงตารางที่ใช้ในการบันทึกผล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แผนการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

แผนการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

2. ตัวแปรต่างๆในการทดลอง

2.1 <u>ตัวแปรตอบสนอง</u>

จำนวนครั้งในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ อายุ 3-4 วันในเวลา 15 นาที (มีหน่วยเป็นครั้ง)

2.2 <u>ปัจจัย</u>

1. ความถี่เสียงระดับต่างๆ ที่ได้ผ่านการคัดเลือกมาจากการทดลองเบื้องต้น ซึ่งมีทั้งสิ้น 7 ค่าการทดลองคือ 35 Hz, 100 Hz, 500 Hz, 5000 Hz, 16000 Hz, 50000 Hz และสภาวะปกติ
2. ความเข้มเสียง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 60, 75 และ 110 dB_C

<u>2.3 ปัจจัยที่ควบคุม</u>

ลำดับที่	ปัจจัย	**ค่าที่ควบคุม**
1.	ผู้ทำการทดลอง	1 คน
2.	ระยะเวลาในการทดลอง 1 ครั้งการทดลอง	15 นาที
3.	อายุของยุงลายที่ใช้ในการทดสอบ	3-4 วัน
4.	จำนวนยุงตัวเมียที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง	100

<u>2.4 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้</u>

1. ค่าความเข้มแสง จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 140-170 Lux
2. อุณหภูมิภายในห้อง จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีค่าอยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส
3. ความชื้นสัมพัทธ์ ในห้องปฏิบัติการอยู่ระหว่าง 25-55 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 แผนการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง (ต่อ)

3. จำนวนซ้ำ

จะทำซ้ำการทดลองต่อ 1 ความถี่ที่ทำการศึกษา 4 ครั้ง

4. เมตริกการออกแบบการทดลอง

เมตริกการออกแบบการทดลองจะแสดงดังตารางที่ 4.4

5. วิธีการสุ่ม

จะทำการสุ่มโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการสุ่มลำดับในการทดลอง ซึ่งตารางแสดงลำดับในการทดลอง และ หมายเลขสภาวะการทดลองจะปรากฏดังภาคผนวก ข.

6. ตารางที่ใช้ในการบันทึกผล

ใช้ตารางเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

7. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

- การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)
- การวิเคราะห์ความแปรปรวน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงเมตริกการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

		ความถี่เสียง						
		สภาวะปกติ	**35**	**100**	**500**	**5000**	**16000**	**50000**
ระดับความเข้มเสียง (dB_C)	**60**	y_{11}**	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{16}	y_{17}
		y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{16}	y_{17}
		y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{16}	y_{17}
		y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_{16}	y_{17}
	75	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{26}	y_{27}
		y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{26}	y_{27}
		y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{26}	y_{27}
		y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_{26}	y_{27}
	110	y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y_{35}	y_{36}	y_{37}
		y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y_{35}	y_{36}	y_{37}
		y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y_{35}	y_{36}	y_{37}
		y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y_{35}	y_{36}	y_{37}

y_{11}** แสดงหมายเลขสภาวะการทดลอง

4.3 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียง

4.3.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

4.3.1.1 ผลการทดลองในการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกค่าความถี่เสียงที่ดีที่สุดจากในแต่ละกลุ่มหลักการ

โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment) โดยจะแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มของการทดลองเพื่อคัดเลือกค่าความถี่เสียงที่ดีที่สุด

1. **ผลการทดลองเบื้องต้นจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ** จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ
   1) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การทดลองที่ 25 Hz

3) การทดลองที่ 35 Hz

4) การทดลองที่ 40 Hz

ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกแมลงปอ ปรากฏดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกแบบแมลงปอ

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	360	414	358	399
25	311	260	357	234
35	305	284	359	169
40	177	362	367	228

2. **ผลการทดลองเบื้องต้นจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย** จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ

3) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ

4) 100 Hz

5) 200 Hz

ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย ปรากฏดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	357	271	476	220
100	540	455	282	313
200	612	435	189	367

3. **ผลการทดลองเบื้องต้นจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)** จะมีทั้งสิ้น 7 ระดับคือ
    1) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ
    2) 300 Hz
    3) 400 Hz
    4) 500 Hz
    5) 600 Hz
    6) 700 Hz
    7) 800 Hz

ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ปรากฏดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	289	369	335	399
300	310	396	386	314
400	514	430	335	293
500	186	397	306	259
600	274	474	333	231
700	235	358	483	479
800	379	365	529	302

4. **ผลการทดลองเบื้องต้นจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้** จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ
    1) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ
    2) 5000 Hz
    3) 6000 Hz
    4) 7000 Hz

ผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้ ปรากฏดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	383	381	302	374
5000	251	329	302	359
6000	371	244	329	319
7000	330	305	295	347

5. **การทดลองเบื้องต้นจากหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น** จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ
   1) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ
   2) 16,000 Hz
   3) 17,000 Hz
   4) 20,000 Hz

ผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น ปรากฏดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	375	345	297	474
16,000	357	293	313	387
17,000	352	344	475	384
20,000	447	430	323	378

6. **การทดลองเบื้องต้นจากหลักการการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว** จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ

1) สภาวะปกติ ซึ่งไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ
2) การทดลองที่ 30,000 Hz
3) การทดลองที่ 40,000 Hz
4) การทดลองที่ 50,000 Hz

ผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว ปรากฏดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในช่วงหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	230	448	385	320
30,000	281	358	378	316
40,000	547	290	440	313
50,000	239	399	264	384

4.3.1.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

ในการทดลองส่วนนี้จะทำการทดลองเพิ่มในอีก 2 ระดับของความเข้มเสียงคือที่ระดับ 75 dB_C และ 110 dB_C ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

		ความถี่ในการทดลอง (Hz)						
		สภาวะปกติ	**35**	**100**	**500**	**5,000**	**16,000**	**50,000**
ความเข้มเสียงในการทดลอง (dB_C)	**60**	313	305	540	186	251	357	239
		383	284	455	397	329	293	399
		420	359	282	306	302	313	264
		331	169	313	259	359	387	384
	75	385	369	224	294	392	360	307
		255	212	282	273	255	295	372
		324	413	362	267	325	310	391
		238	315	349	430	305	422	222
	110	244	288	340	314	276	240	251
		385	429	382	301	299	412	270
		362	332	404	512	355	243	361
		327	256	389	224	309	226	415

4.3.1.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุง

ลักษณะโดยทั่วไปเครื่องมือในการไล่ยุง

- มีขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร และลึก 12 เซนติเมตร
- โดยจากการวัดพบว่าเครื่องจะสร้างเสียงที่ระดับความถี่ 35 Hz ซึ่งจะมีความเข้มเสียง 80 dB_C และที่ย่านความถี่ 16000 และ21000 จะมีความเข้มเสียงอยู่ที่ 73 dB_C
- ผู้ผลิตอ้างว่าสามารถป้องกันยุงได้ในพื้นที่ขนาด 16 x 16 ตารางฟุต
- มีไฟเรืองแสงแสดงการทำงานของเครื่อง
- ลำโพงอยู่ด้านหน้าเครื่อง พื้นที่ของลำโพงในการปล่อยเสียงมีขนาดประมาณ 3x3 ตารางเซนติเมตร
- ใช้ถ่านขนาด C 2 ก้อนเป็นแหล่งพลังงาน
- ราคาขายอยู่ที่ 18.54 ดอลล่าร์สหรัฐ

และในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงจะใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองปรากฏดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในการทดสอบเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ของเครื่องไล่ยุง

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	355	330	410	298
ระดับที่ 1	370	285	307	353
ระดับที่ 2	445	324	462	216
ระดับที่ 3	437	298	327	289

4.3.1.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เมื่อใช้ยาทากันยุงชะโลมทั่วตะแกรงหนีบหนู

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนในการลงกัด (ครั้ง) ของการทดลองในการทดสอบเปรียบเทียบจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ของการใช้ยาทากันยุงชะโลมตะแกรงหนีบหนูที่ใช้ในการทดสอบ

ประเภท	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
ยาทากันยุง	0	0	0	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)

ในการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) จะใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น ซึ่งรวมถึงขั้นตอนในการเลี้ยงและเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองปรากฏดังตารางที่ 4.14

4.3.2.1 ผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดในสายพันธุ์ยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ

ผลของการทดลองจะนำมาจากการบันทึกจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดระดับความถี่เสียงต่างๆ ที่ความเข้มเสียง 75 dB_C ซึ่งผลปรากฏดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงที่มีต่อการลงกัดของยุงรำคาญ

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	95	67	82	41
35	76	102	53	39
100	78	122	46	57
500	115	86	81	53
5000	42	77	98	51
16000	32	91	59	85
50000	129	57	79	51

4.3.2.2 ผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพจะนำมาจากการบันทึกจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญที่ระดับเสียงต่างๆ ของเครื่องไล่ยุง ซึ่งผลปรากฏดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญในการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ

ระดับความถี่เสียงในเครื่องไล่ยุง	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	95	67	82	41
ระดับความถี่เสียงที่ 1	86	71	48	101
ระดับความถี่เสียงที่ 2	123	57	59	68
ระดับความถี่เสียงที่ 3	73	101	37	47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับผลที่ได้จากการทดลอง

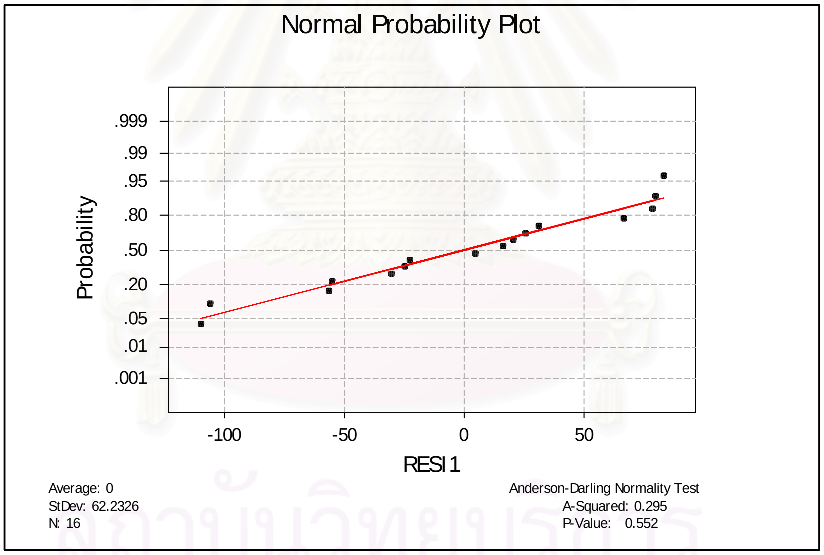
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

5.1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองในการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกค่าความถี่เสียงที่ดีที่สุดจากในแต่ละกลุ่มหลักการ

5.1.1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

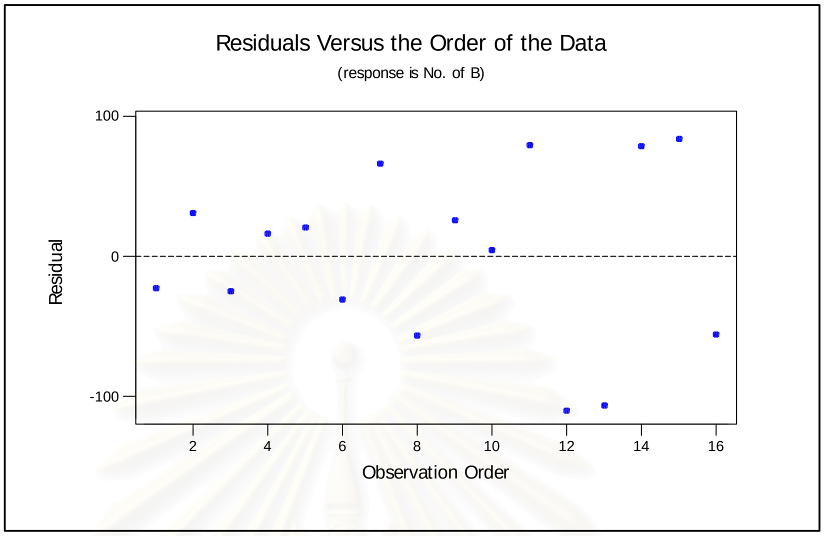
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

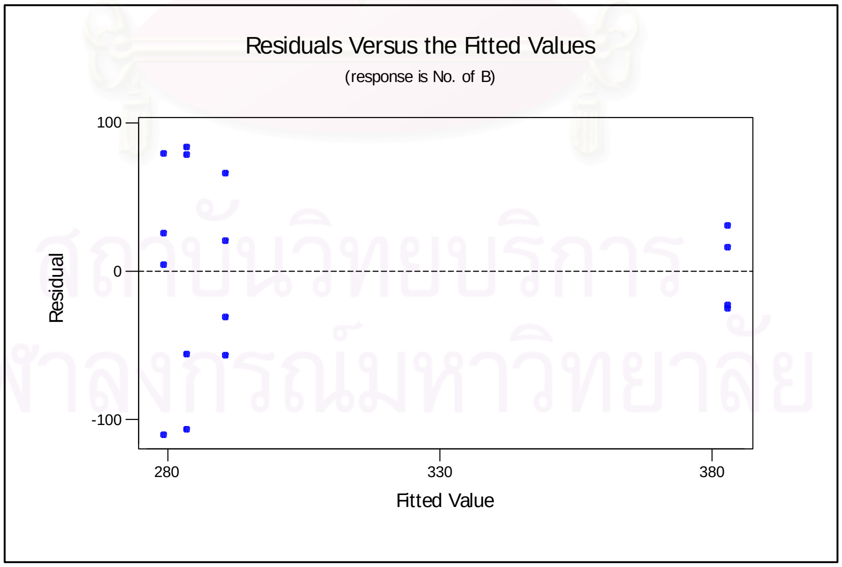
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	3	29267	9756	2.02	0.166
Error	12	58094	4841		
Total	15	87360			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการการสร้างเสียงแมลงปอ ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) จากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

```
Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

           0       25       35

  25    -53.9
        238.4

  35    -42.6   -134.9
        249.6    157.4

  40    -46.9   -139.1   -150.4
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของแมลงปอ

ระดับความถี่ (Hz)	**ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด**
25	290.50
35	279.25
40	283.50

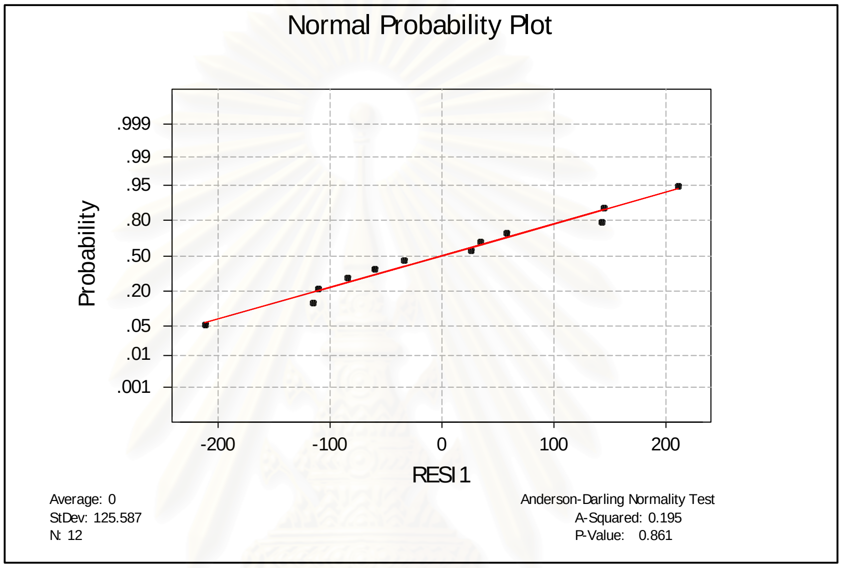
จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 35 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

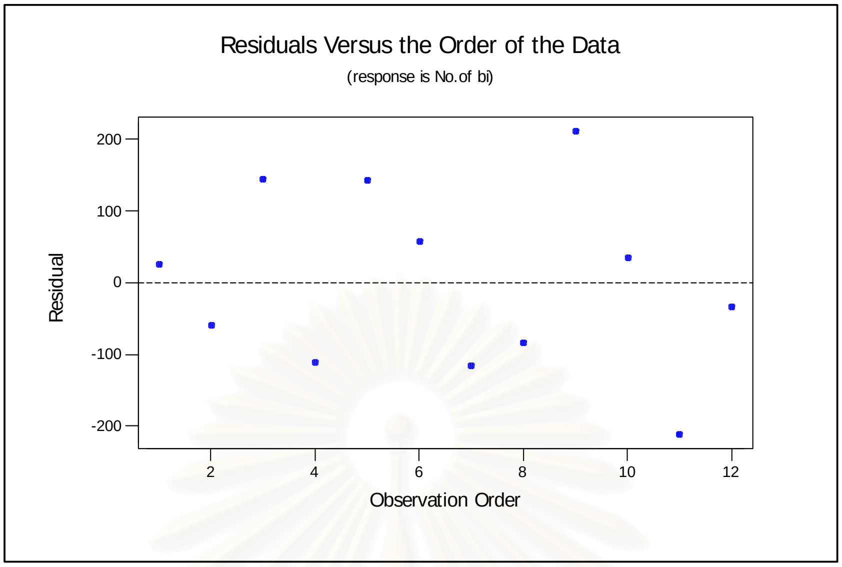
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

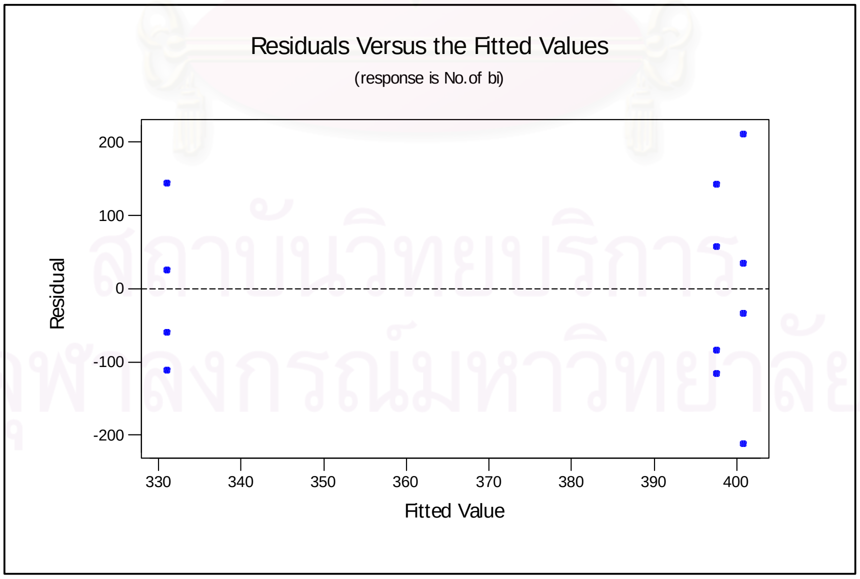
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.4, 5.5 และ 5.6 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	2	12397	6199	0.32	0.733
Error	9	173492	19277		
Total	11	185889			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงทำให้เกิดการ resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน ตัวเมีย

```
Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

          0        100

100     -341
         208

200     -344      -277
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5 . 6

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้านตัวเมีย

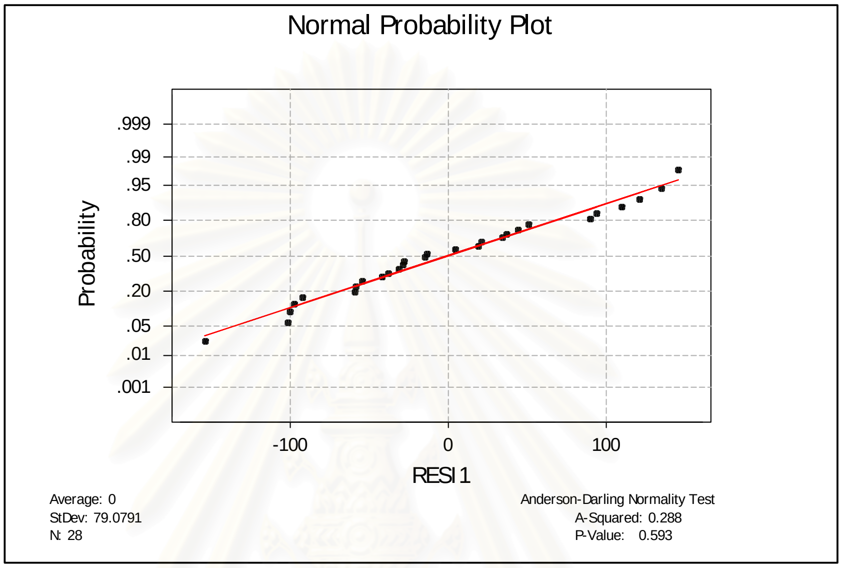
ระดับความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด
100	397.50
200	400.80

จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 100 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5.1.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

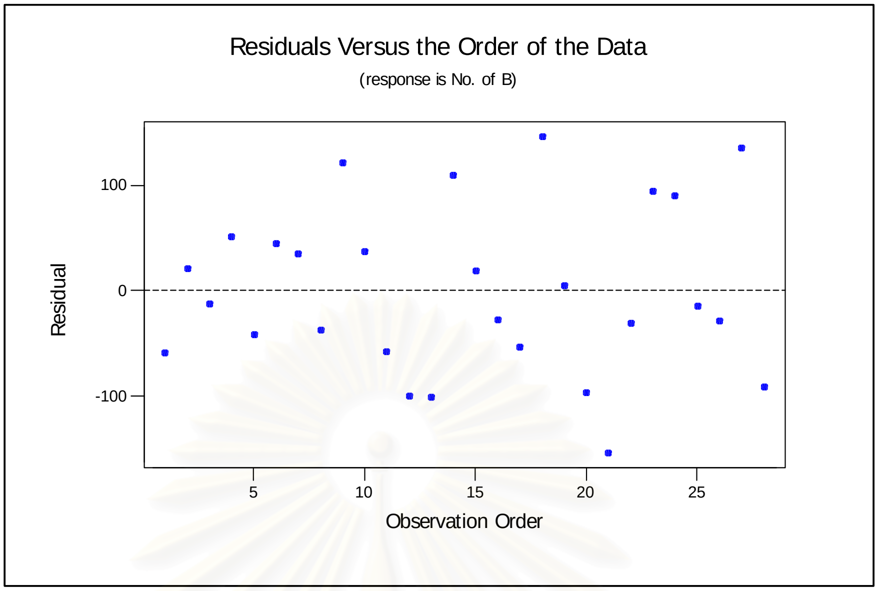
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

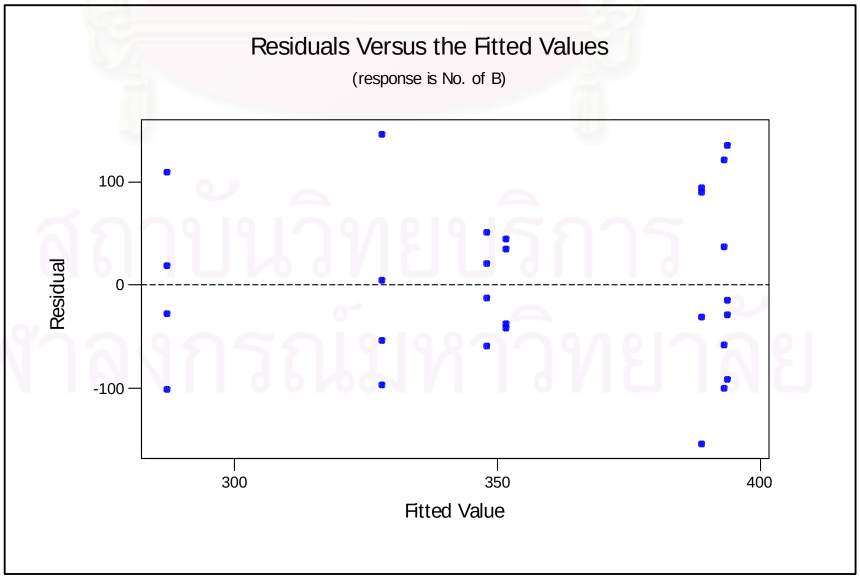
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.7, 5.8 และ 5.9 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	6	37981	6330	0.79	0.590
Error	21	168845	8040		
Total	27	206826			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลอง ที่ได้จากหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน

```
Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

          0      300      400      500      600      700

300    -209.7
        202.7

400    -251.2   -247.7
        161.2    164.7

500    -145.2   -141.7   -100.2
        267.2    270.7    312.2

600    -186.2   -182.7   -141.2   -247.2
        226.2    229.7    271.2    165.2

700    -247.0   -243.5   -202.0   -308.0   -267.0
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ระดับความถี่ (Hz)	**ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด**
300	351.50
400	393.00
500	287.00
600	328.00
700	388.75
800	393.75

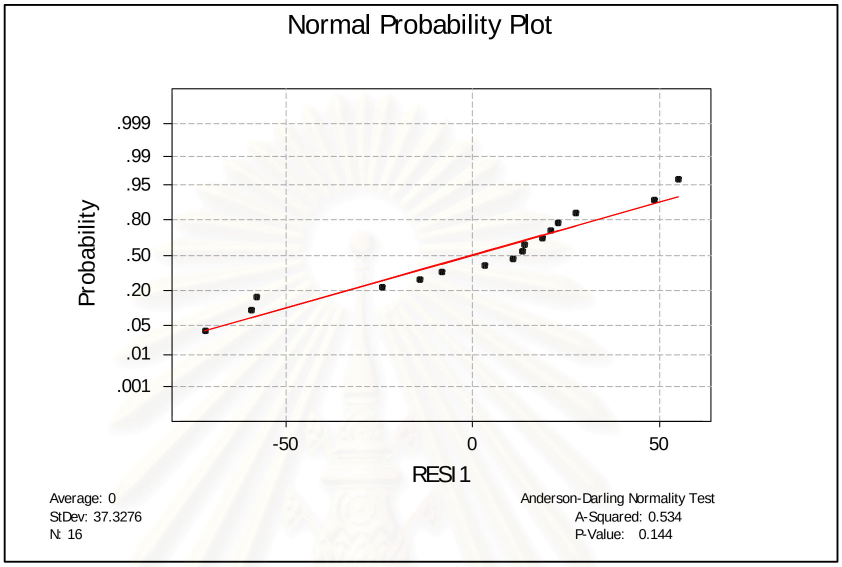
จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 500 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

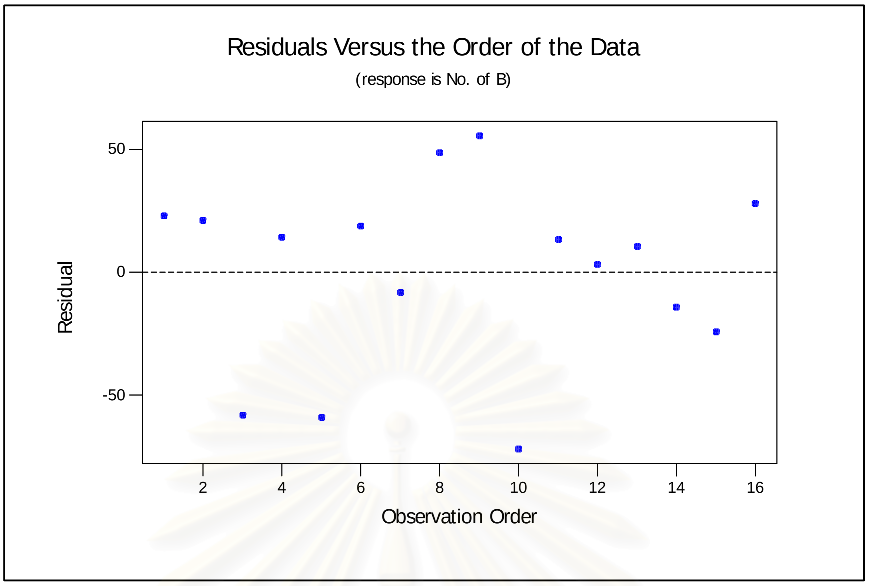
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

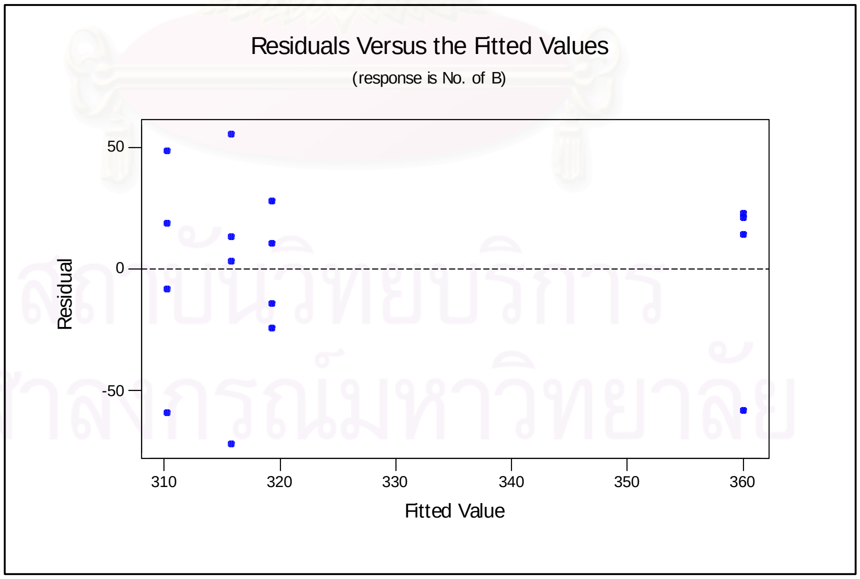
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัด แสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.10, 5.11 และ 5.12 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้ มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	P Value
Frequency	3	6217	2072	1.19	0.355
Error	12	20900	1742		
Total	15	27117			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้ ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey

สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

```
Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

          0      5000      6000

 5000   -37.9
        137.4

 6000   -43.4    -93.1
        131.9     82.1
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

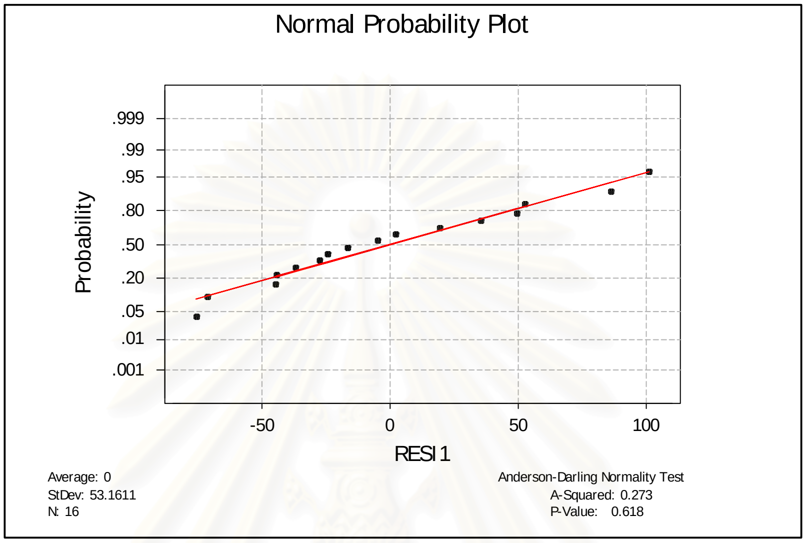
ระดับความถี่ (Hz)	**ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด**
5000	310.25
6000	315.75
7000	319.25

จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 5000 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5.1.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

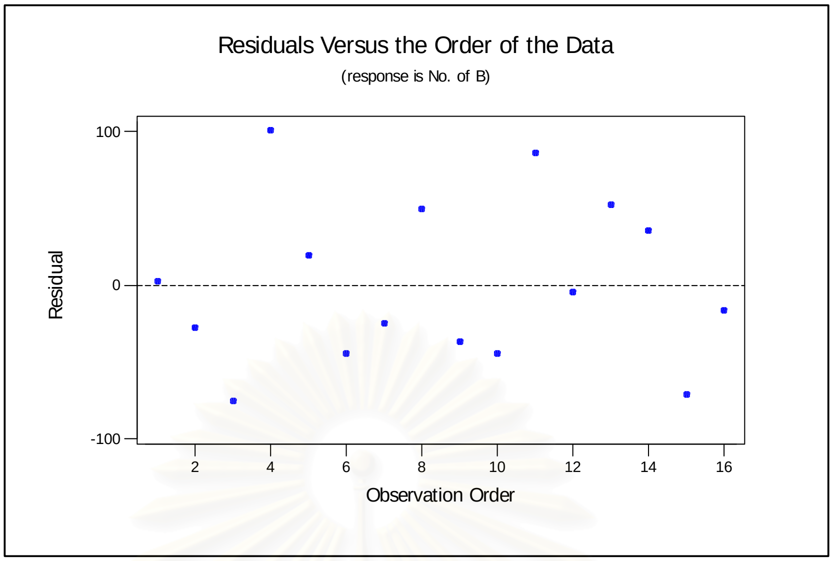
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงเลียนเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

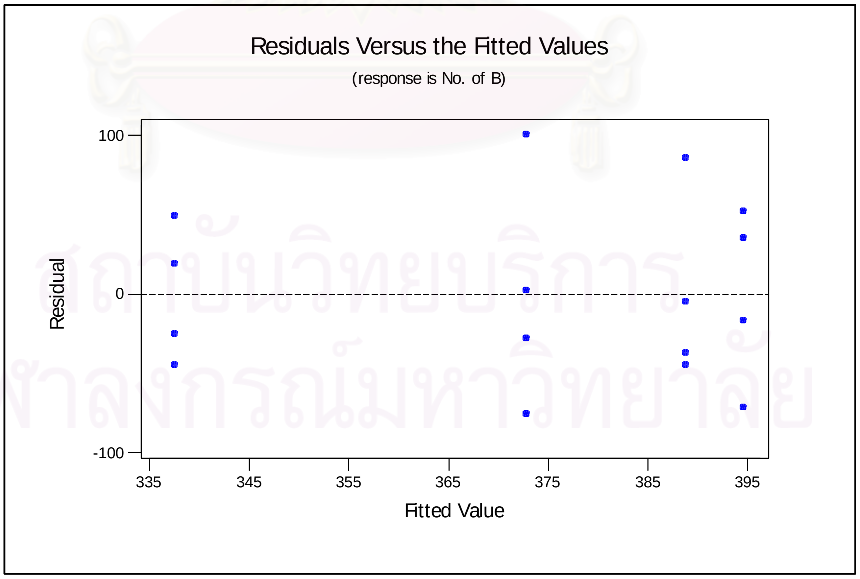
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูล ผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัด แสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.13, 5.14 และ 5.15 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	3	7880	2627	0.74	0.546
Error	12	42392	3533		
Total	15	50272			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

```
Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

            0      16000      17000

16000     -89.6
          160.1

17000    -140.8    -176.1
          108.8      73.6

20000    -146.6    -181.8    -130.6
     [illegible] [illegible] [illegible]
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการการสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

ระดับความถี่ (Hz)	**ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด**
16000	337.50
17000	388.75
20000	394.50

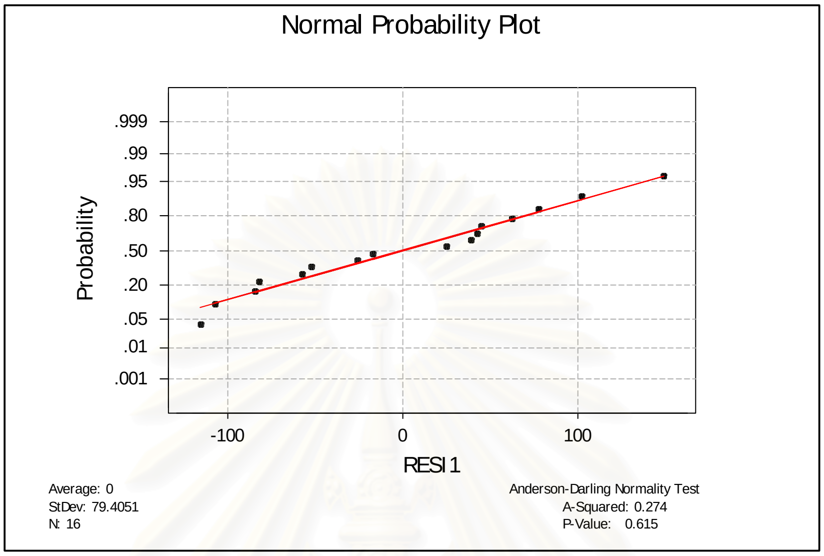
จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 16000 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

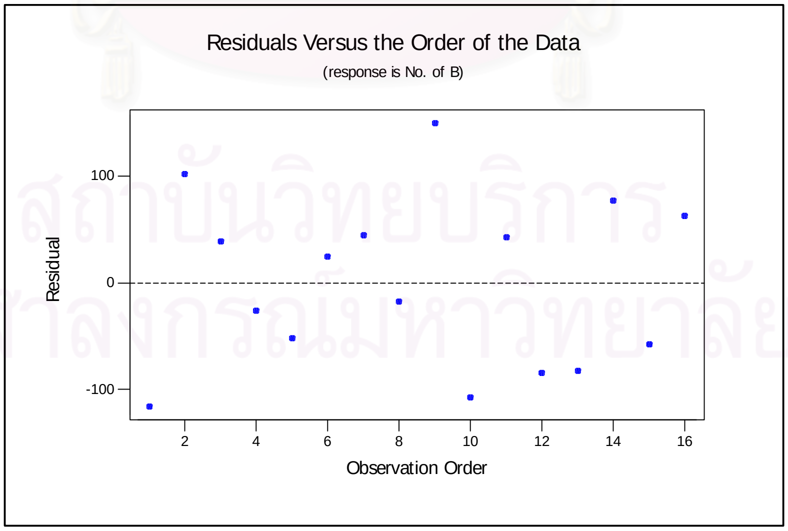
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

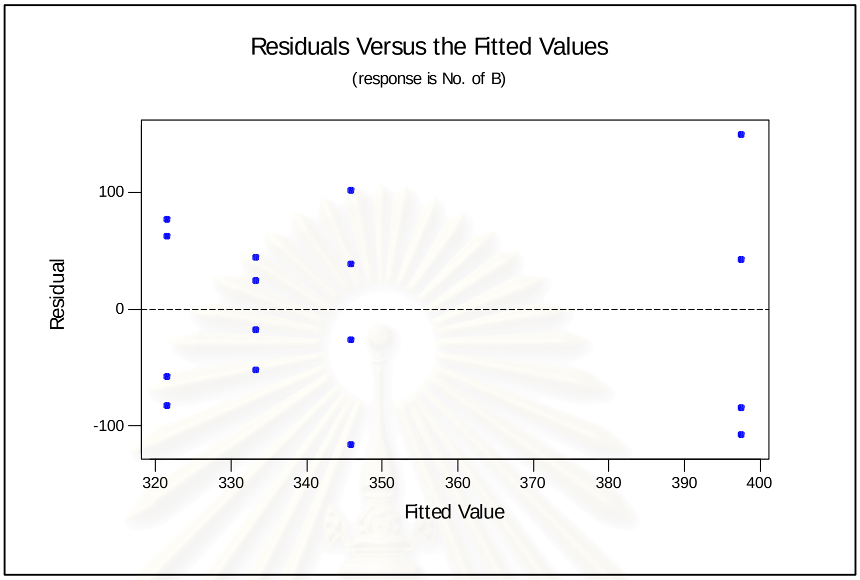
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

3)การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.16, 5.17 และ 5.18 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	P Value
Frequency	3	13465	4488	0.57	0.646
Error	12	94578	7881		
Total	15	108042			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยด้าน Frequency ในหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองที่ได้จากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

```
Tukey's pairwise comparisons
Intervals for (column level mean) - (row level mean)
                   0        30000        40000


 30000      -173.9
             198.9
 40000      -238.2      -250.7
             134.7       122.2
 50000      -162.2      -174.7      -110.4
             210.7       198.2       262.4
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

4) การเลือกค่าเฉลี่ยในการลงกัดที่น้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มหลักการในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเลือกค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดนั้น สามารถพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ระดับความถี่ต่างๆ ของข้อมูลผลการทดลองจากหลักการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ระดับความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัด
30000	333.25
40000	397.50
50000	321.50

จากตารางข้างต้น จึงได้เลือกระดับความถี่ที่ 50000 Hz เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ผลในการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกค่าความถี่เสียงที่ดีที่สุดจากในแต่ละกลุ่มหลักการ

จากผลการทดลองจากการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงต่างๆ ทั้ง 6 หลักการพบว่าจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เมื่อปล่อยคลื่นเสียงความถี่ต่างๆ ออกไป ไม่มีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานซึ่งไม่มีการปล่อยคลื่นความถี่เสียงใดๆ แต่จากความต้องการที่จะทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มเสียงว่าจะมีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) หรือไม่ และผนวกกับความจำเป็นทางด้านเวลา ดังนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกระดับความถี่เสียงให้เหลือเพียง 6 ระดับความถี่เสียงซึ่งจะนำมาจากระดับความถี่เสียงที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่น้อยที่สุดในแต่ละหลักการมาเพื่อทำการทดลอง ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดที่ดีที่สุดในแต่ละหลักการประกอบไปด้วย

ลำดับที่	หลักการ	ความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยจำนวนในการลงกัด (ครั้ง)
1.	การสร้างเสียงแมลงปอ	35	279.30
2.	การสร้างเสียงเลียนแบบที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย	100	397.50
3.	การสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)	500	287.00
4.	การที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้	5000	310.30
5.	การสร้างเสียงที่จะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น	16,000	337.50
6.	การเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว	50,000	321.50

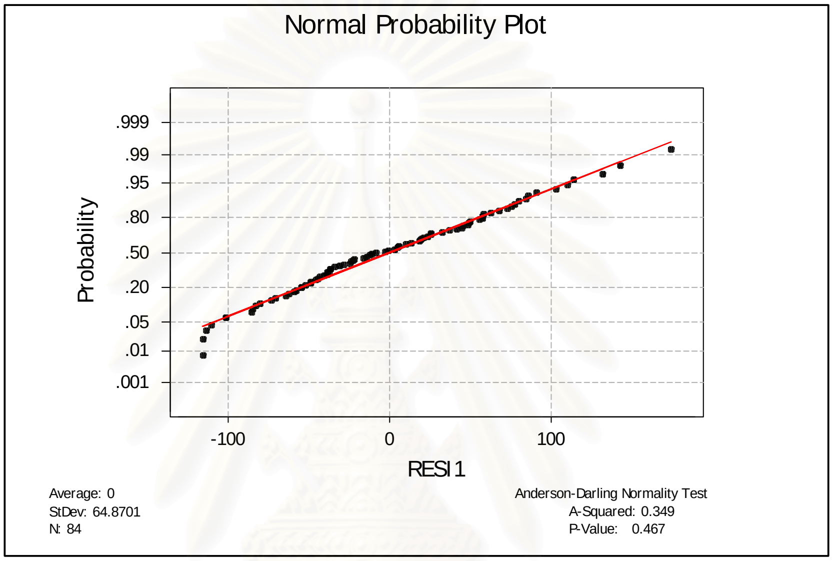
ซึ่งจะนำความถี่ทั้ง 6 ความถี่นี้ไปทำการทดลองในส่วนที่ 2 ก็คือ **การทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง**

5.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.19

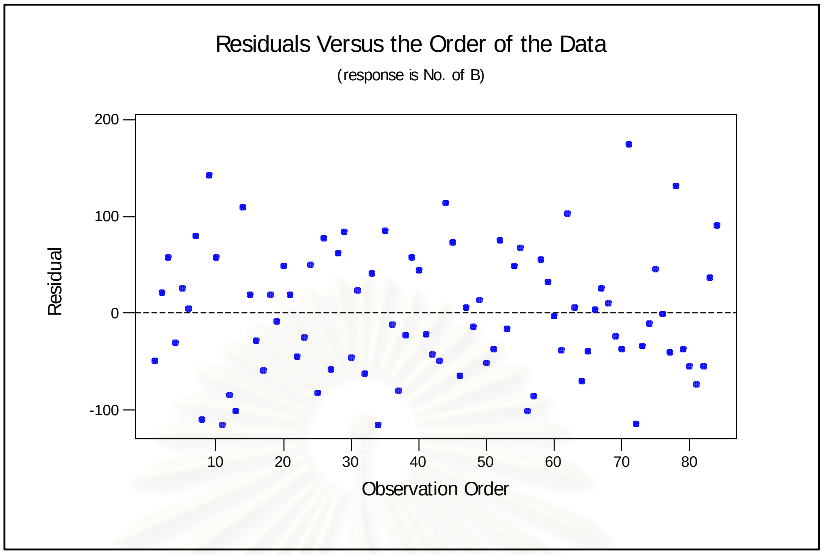


รูปที่ 5.19 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.20

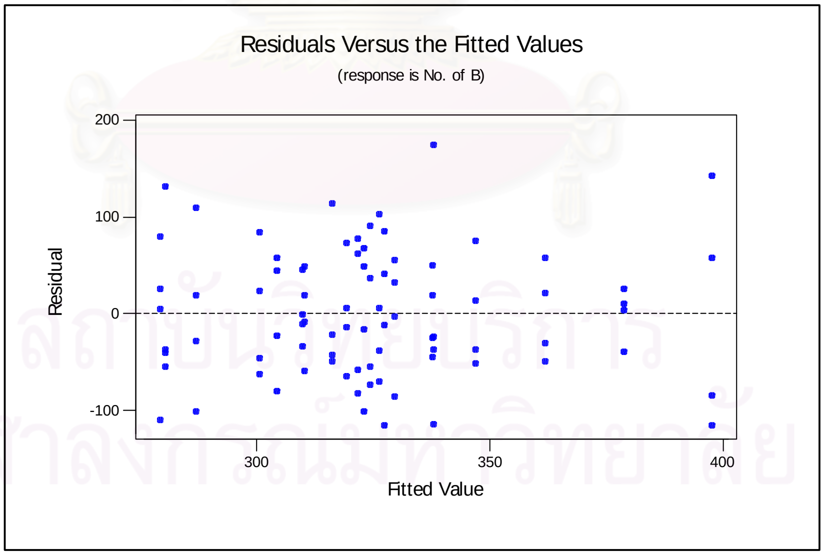
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.19, 5.20 และ 5.21 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	P Value
Intensity	2	1115	557	0.10	0.904
Frequency	6	21053	3509	0.63	0.703
Interaction	12	47688	3974	0.72	0.730
Error	63	349275	5544		
Total	83	419130			

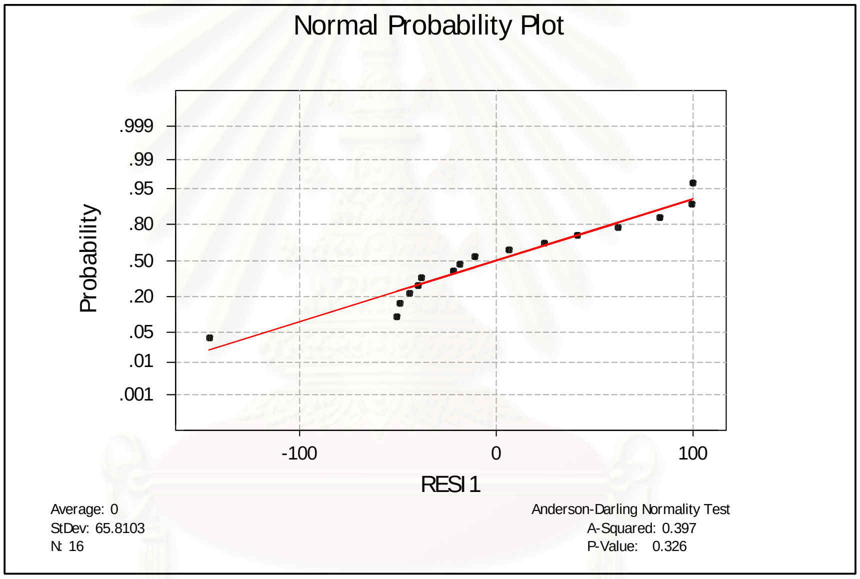
จากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียงเมื่อพิจารณาโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบ Fixed Effects Model พบว่าการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยความเข้มเสียง (Intensity) ,ความถี่เสียง (Frequency) และ ปัจจัยความเข้มเสียงและความถี่เสียง (อันตรกิริยาระหว่างความเข้มเสียงและความถี่เสียง) เมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้นไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

5.1.3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุง

ในการทดสอบจะใช้การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบกับจำนวนในการลงกัดมาตรฐานที่สภาวะปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งมีการนำวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับที่ได้ทำการเลือกใช้ในการทดลองเบื้องต้นนี้นั้น จะใช้วิธีการของ Tukey

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

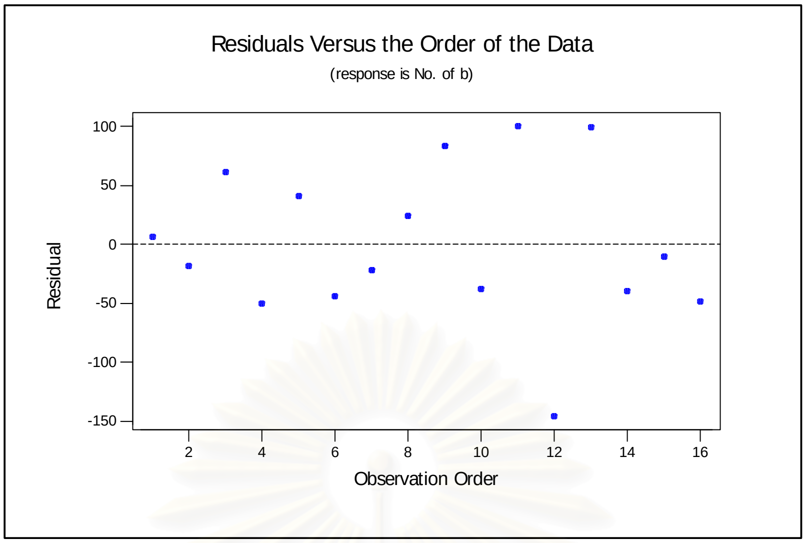
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.22



รูปที่ 5.22 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุง

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

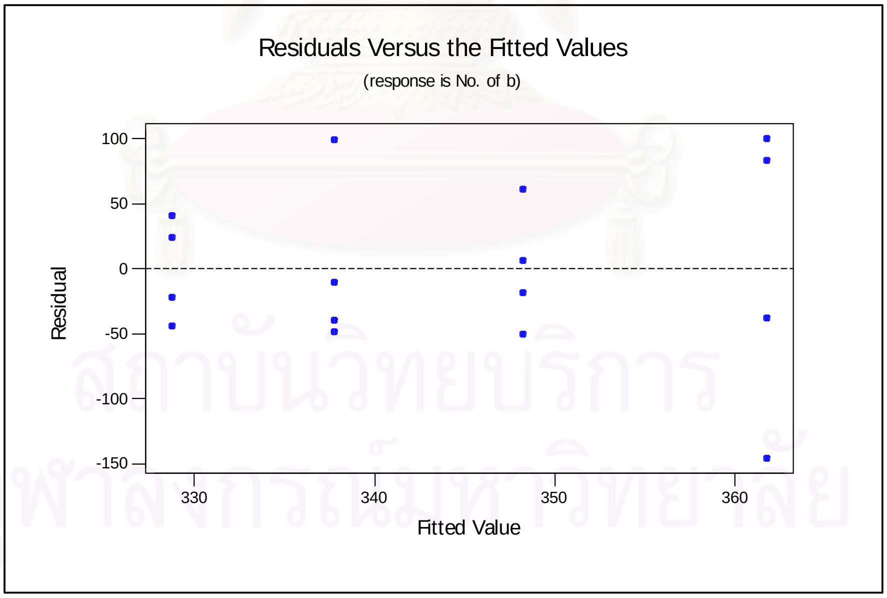
1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุง

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.22, 5.23 และ 5.24 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) กับเครื่องไล่ยุง มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้านกับเครื่องไล่ยุง

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	3	2419	806	0.15	0.928
Error	12	64965	5414		
Total	15	67384			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าเครื่องไล่ยุงไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.21 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับผลการทดลองของเครื่องไล่ยุง

```
Tukey's pairwise comparisons


Intervals for (column level mean) - (row level mean)

                 0           1           2

       1      -135.0
               174.0

       2      -168.0      -187.5
               141.0       121.5

       3      -144.0      -163.5      -130.5
               165.0       145.5       178.5
```

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

ซึ่งจากการเปรียบเทียบหลายระดับโดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันในจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในแต่ละระดับของความถี่ ซึ่งรวมถึงค่าจำนวนในการลงกัดซึ่งเกิดจากการทดลองกับเครื่องไล่ยุงในระดับเสียงต่างๆ ของเครื่อง

5.1.3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาประสิทธิภาพของยาทากันยุง

จากข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองประสิทธิภาพของยาทากันยุง ซึ่งค่าจำนวนในการลงกัดตลอด 15 นาทีมีค่าเท่ากับ 0 แสดงให้เห็นว่ายาทากันยุงสามารถป้องกันการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องไล่ยุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

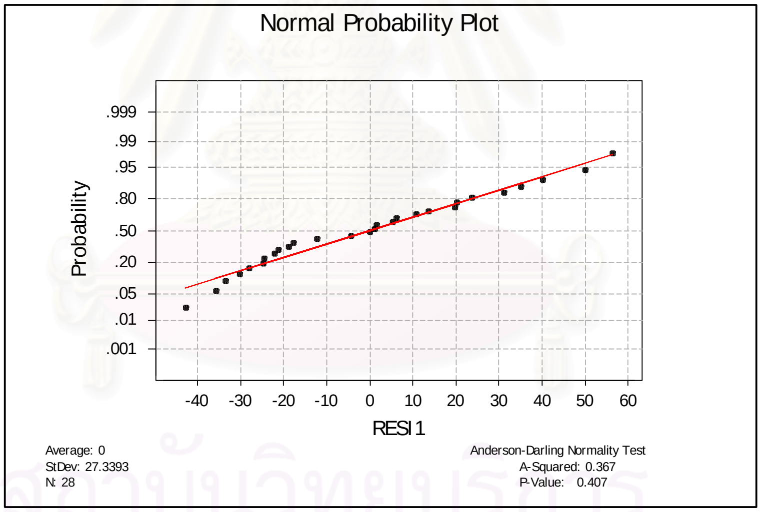
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้านความถี่เสียงและความเข้มเสียงของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)

5.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดในสายพันธุ์ยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ

ในการทดสอบจะใช้การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบกับจำนวนในการลงกัดมาตรฐานที่สภาวะปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งมีการนำวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับที่ได้ทำการเลือกใช้ในการทดลองเบื้องต้นนี้นั้น จะใช้วิธีการของ Tukey

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

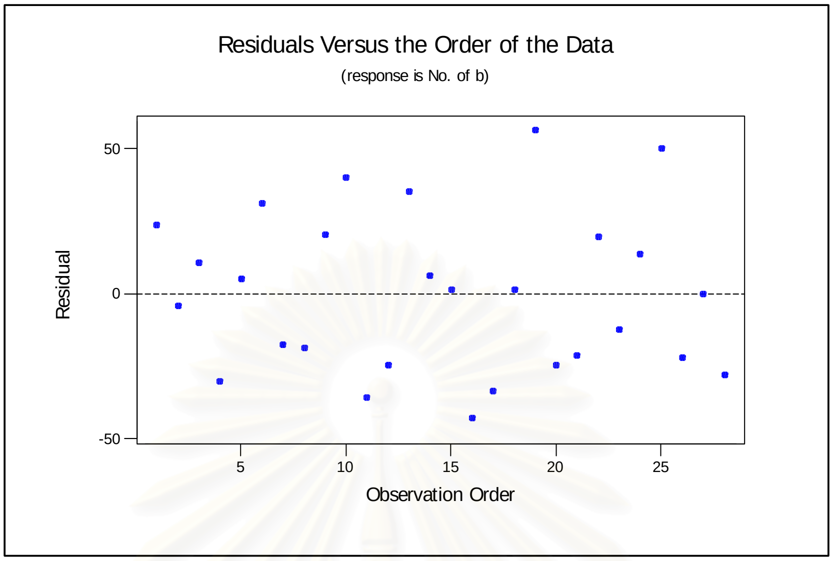
1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.25



รูปที่ 5.25 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ

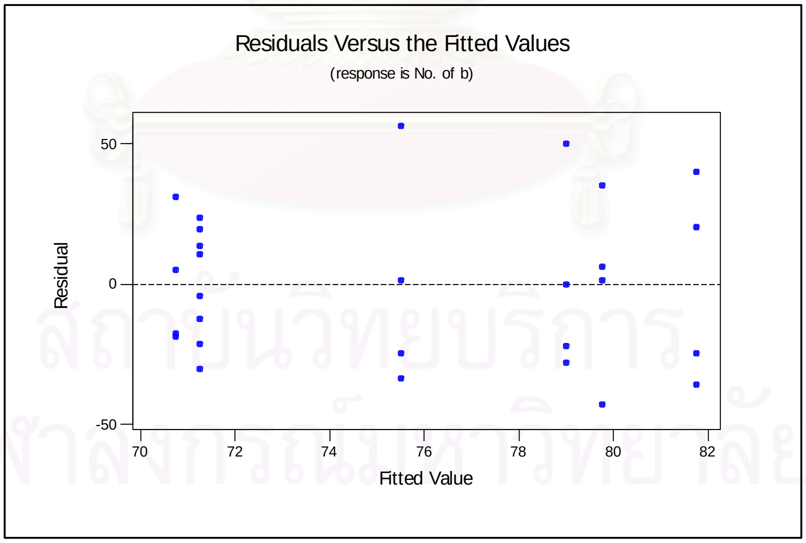
ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.26



รูปที่ 5.26 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.25, 5.26 และ 5.27 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดในสายพันธุ์ยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	6	512	85	0.09	0.997
Error	21	20181	961		
Total	27	20693			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method สำหรับผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อเปิดความถี่เสียงที่ระดับต่างๆ

Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	0	35	100	500	5000	16000
35	-70.8					
	71.8					
100	-81.8	-82.3				
	60.8	60.3				
500	-79.8	-80.3	-69.3			
	62.8	62.3	73.3			
5000	-75.5	-76.0	-65.0	-67.0		
	67.0	66.5	77.5	75.5		
16000	-71.3	-71.8	-60.8	-62.8	-67.0	
	71.3	70.8	81.8	79.8	75.5	
50000	-79.0	-79.5	-68.5	-70.5	-74.8	-79.0
	63.5	63.0	74.0	72.0	67.8	63.5

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

ซึ่งจากการเปรียบเทียบหลายระดับโดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันในจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ ในแต่ละระดับของความถี่เสียงที่ความเข้มเสียง 75 dB_C

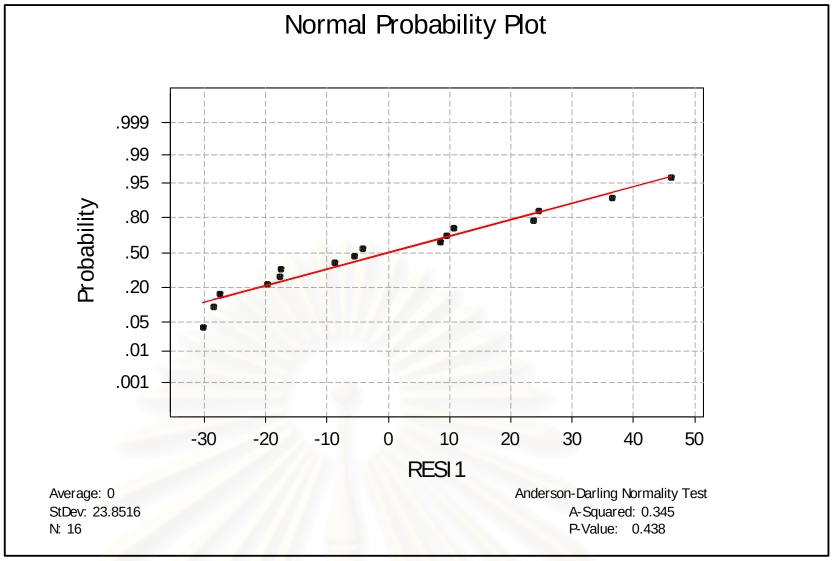
5.2.2 ผลการวิเคราะห์การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ

ในการทดสอบจะใช้การทดลองปัจจัยเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบกับจำนวนในการลงกัดมาตรฐานที่สภาวะปกติว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งมีการนำวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการเปรียบเทียบหลายระดับที่ได้ทำการเลือกใช้ในการทดลองเบื้องต้นนี้นั้น จะใช้วิธีการของ Tukey

1) การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1) การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.28

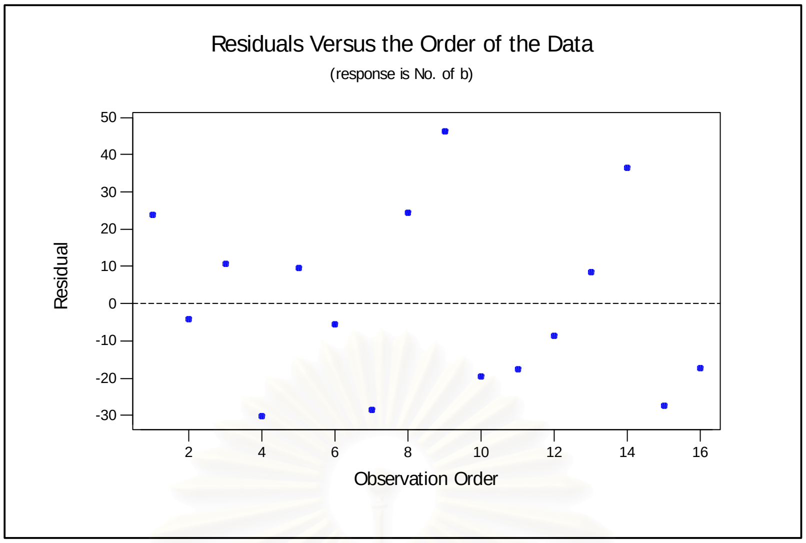


รูปที่ 5.28 Normal Probability Plot ของผลการทดลองจากการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญกับเครื่องไล่ยุง

ซึ่งจากการคำนวณใน Program พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่ามากกว่า α (ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลมีความเป็นปกติ

1.2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.29

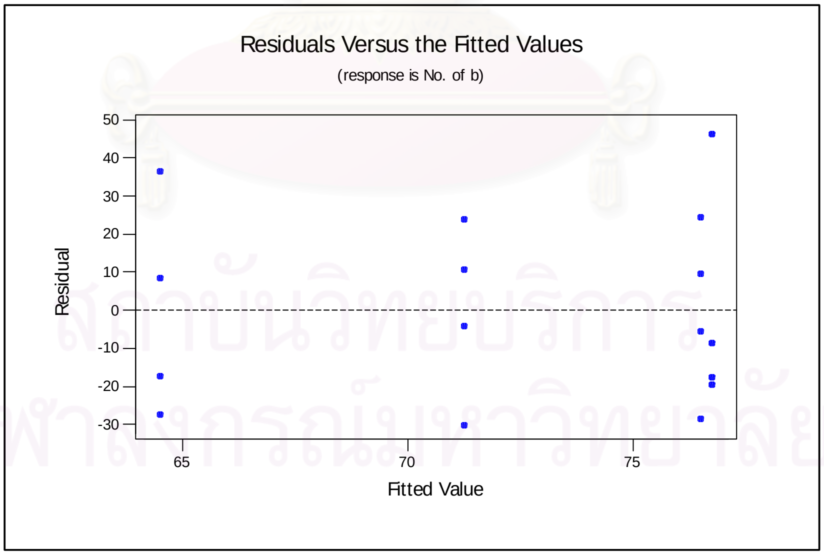
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.29 กราฟแสดงค่า Residual กับลำดับในการเก็บข้อมูลแสดงความเป็นอิสระของข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญกับเครื่องไล่ยุง

ซึ่งจากกราฟจะสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.30



รูปที่ 5.30 กราฟระหว่างค่า Residual กับค่าจำนวนในการลงกัดแสดงความเสถียรของความแปรปรวน

จากกราฟจะพบว่ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.27, 5.28 และ 5.29 จะพบว่า ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ กับเครื่องไล่ยุง มีความถูกต้องของรูปแบบ สามารถนำมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

2) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ กับเครื่องไล่ยุง

Source	**DF**	**Sum of Square**	**Mean Square**	**F Ratio**	**P Value**
Frequency	3	398	133	0.19	0.904
Error	12	8534	711		
Total	15	8931			

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาที่ค่า P-Value พบว่ามีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าเครื่องไล่ยุงไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ

3) การเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) โดยใช้วิธีการของ Tukey สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 5.25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.25 แสดงการเปรียบเทียบหลายระดับ (Multiple Comparison Method) สำหรับ ผลการทดลองของเครื่องไล่ยุงกับการลงกัดของยุงรำคาญ

Tukey's pairwise comparisons

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

	0	1	2
1	-61.3		
	50.8		
2	-61.5	-56.3	
	50.5	55.8	
3	-49.3	-44.0	-43.8
	62.8	68.0	68.3

และจากตารางข้างต้นพบว่าในแต่ละการเปรียบเทียบคู่นั้น ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างคู่ของการทดลอง

ซึ่งจากการเปรียบเทียบหลายระดับโดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างกันในจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญซึ่งเกิดจากการทดลองกับเครื่องไล่ยุง ในระดับเสียงต่างๆ ของเครื่อง

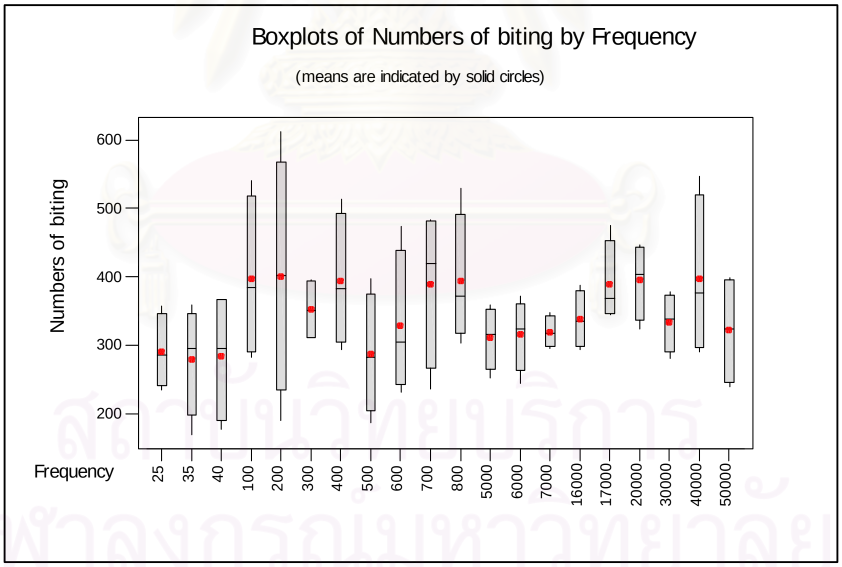
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

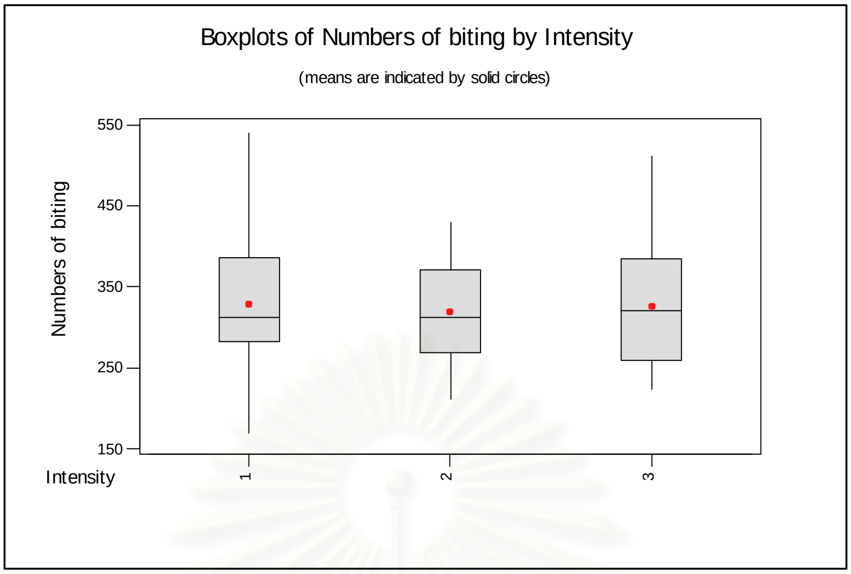
การวิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 การวิจารณ์ผลการทดลองในการทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ในการทดลองนี้ได้มีการสร้างความถี่เลียนแบบความถี่เสียงที่มีการนำมาใช้เพื่อประดิษฐ์เป็นเครื่องไล่ยุง และได้มีการนำปัจจัยทางด้านเสียงที่ยังไม่มีผู้วิเคราะห์ในบทความต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศเข้ามาทำการวิเคราะห์ด้วยซึ่งก็คือ ความเข้มเสียง หรือความดังของเสียงนั่นเอง และจากการทดลองเพื่อทำการค้นหาข้อเท็จจริงว่าเสียงในระดับความถี่และความเข้มต่างๆ นั้นมีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในประเทศไทยอย่างไร จากการทดลองพบว่าความถี่และความเข้มเสียงไม่สามารถลดจำนวนในการลงกัดของทั้งยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในประเทศไทยลงได้ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 6.1 และ 6.2



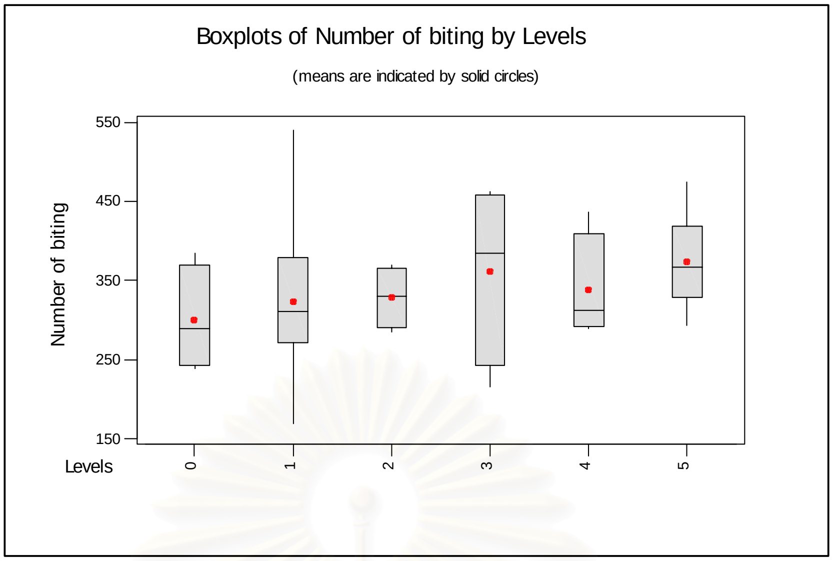
รูปที่ 6.1 แสดงจำนวนในการลงกัด (Numbers of biting) ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ (25-50,000 Hz) ในระดับความเข้มเสียง 60 dB_C



รูปที่ 6.2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่ได้จากการทดลองที่ระดับความเข้มเสียงที่ 60, 75 และ 110 dB_C (ความถี่เสียง 35,100,500,5000,16000 และ 50000 Hz)

ซึ่งสังเกตได้ว่าค่าจำนวนในการลงกัดเมื่อเพิ่มระดับความถี่ไปที่ระดับต่างๆ และในระดับความเข้มเสียงต่างๆ พบว่าอัตราการกัดมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงหรือเพิ่มขึ้นที่ช่วงระดับใด ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าจำนวนในการลงกัดในสภาวะปกติ

นอกจากนี้ในการทดลองในการวิจัยได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เมื่อใช้เครื่องไล่ยุงที่ใช้หลักการสร้างความถี่เสียง เพื่อให้เกิดความกระจ่างชัดว่าเครื่องมือชนิดนี้ที่สามารถขายได้อย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกานั้น สามารถป้องกันการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ซึ่งเป็นยุงที่มีเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดประเด็นปัญหาด้านสาธารณสุขในประเทศไทยในปัจจุบัน หรือไม่ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่า เครื่องไล่ยุงดังกล่าวไม่สามารถลดจำนวนในการลงกัดของยุง และไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการลงกัดของยุงได้เลย โดยสังเกตได้ดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนในการลงกัดเมื่อเปิดความถี่เสียงระหว่าง 35-50000 Hz (ที่ระดับ 75 dB_C), เครื่องไล่ยุงในระดับต่างๆ, เสียงใน Software ไล่ยุง

โดยที่

ระดับ 0 หมายถึงสภาวะที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆในสภาวะการทดลองที่ทำขึ้นระหว่างการทดสอบกับความถี่เสียงต่างๆที่ 75 dB_C

ระดับ 1 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเสียงตั้งแต่ 35-50000 Hz ที่ระดับความเข้มเสียง 75 dB_C ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มเสียงของเครื่องไล่ยุง

ระดับ 2 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 1 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบแมลงปอ และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 35 Hz ความเข้มเสียง 80 dB_C

ระดับ 3 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 2 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงยุงตัวผู้และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 16000 Hz ความเข้มเสียง 73 dB_C

ระดับ 4 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 3 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงยุงตัวผู้อีก 1 เสียง และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 21000 Hz ความเข้มเสียง 73 dB_C

ระดับที่ 5 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเสียงระหว่าง 16000 – 20000 Hz ดังที่ได้กำหนดไว้ใน Software ที่ใช้ในการไล่ยุง

และจากข้อมูลที่ปรากฏด้านบนสามารถที่จะสรุปได้ว่าในสภาวะที่กำหนดในการทดลอง ซึ่งก็คือ การทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมียอายุ 3-4 วันซึ่งในประเทศไทยจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านยุงของกระทรวงสาธารณสุข พบว่ามีความสมบูรณ์เพียงพอที่จะทำการทดสอบ, ภายใต้สภาวะของห้องทดลองและการทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 4.1 พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการไล่ยุง, ความถี่และความเข้มเสียงที่มีการสร้างเลียนแบบหลักการของความถี่เสียงในการไล่ยุงที่ปรากฏในแหล่งข้อมูลต่างๆ ไม่สามารถลดจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ลงได้ ซึ่งผลที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับบทความที่ปรากฏในต่างประเทศต่างๆ ซึ่งได้ทำการทดลองกับเครื่องไล่ยุงที่มีความถี่เสียงในระดับต่างๆ เช่นเดียวกัน และการเปรียบเทียบผลของการทดลองที่ปรากฏในบทความของต่างประเทศแสดงดังตารางที่ 6.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 แสดงการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงในบทความต่างประเทศ

ค่าความถี่เสียงของเครื่องไล่ยุง (Hz)	**ค่าความเข้มเสียงของเครื่องไล่ยุง (dB)**	**สายพันธุ์ยุง**	**จำนวนยุงที่ใช้ทดลอง/การทดลอง**	**ผลที่ได้**		**การสรุปผล**
				เปิดเครื่อง	ปิดเครื่อง	
20000	74	ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	100	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	ไม่มีความแตกต่างกัน
30000	84	ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	100	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	ไม่มีความแตกต่างกัน
50000	72	ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	100	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	ไม่มีความแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 แสดงการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงในบทความต่างประเทศ (ต่อ)

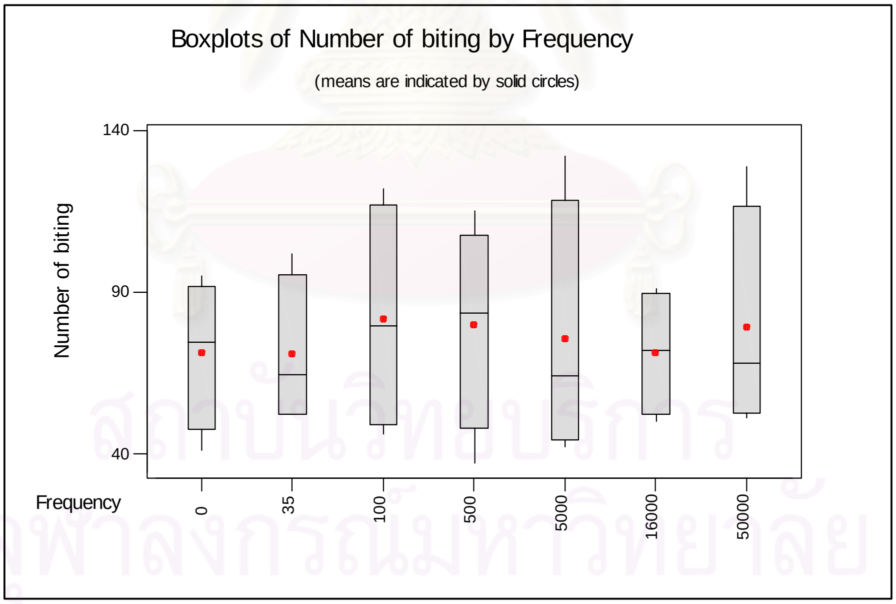
ค่าความถี่เสียงของเครื่องไล่ยุง (Hz)	ค่าความเข้มเสียงของเครื่องไล่ยุง (dB)	สายพันธุ์ยุง	จำนวนยุงที่ใช้ทดลอง/การทดลอง	ผลที่ได้		การสรุปผล
25000	68	ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	100	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	70-87 ตัวลงกัดบนมือที่ใช้ในการทดสอบในปลายของนาทีที่ 1 ที่ใช้ทดสอบ	ไม่มีความแตกต่างกัน
5244	83	ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	99-101 ตัว	ค่าเปอร์เซ็นต์ในการดูดเลือดเหยื่อมีค่าเท่ากับ 69.3%	ค่าเปอร์เซ็นต์ในการดูดเลือดเหยื่อมีค่าเท่ากับ 70.7%	ไม่มีความแตกต่างกัน
5100	50	ยุงลายสวน (Aedes albopictus)	50	มีค่าจำนวนในการลงกัดเฉลี่ย 228.0 ครั้ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 210.4 ครั้ง	มีค่าจำนวนในการลงกัดเฉลี่ย 176.0 ครั้ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 129.2 ครั้ง	ไม่มีความแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลในตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการทดลองในงานวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามการทดลองได้ทำขึ้นที่สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันเล็กน้อย คือสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการทดลองของบทความในต่างประเทศนั้นจะทำขึ้นที่อุณหภูมิ 23-27 องศาเซลเซียส แต่สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจะอยู่ที่ 27-30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ที่ 25-55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าสภาวะการทดลองในบทความต่างประเทศซึ่งอยู่ที่ 70-80% แต่อย่างไรก็ตามค่าของสภาวะแวดล้อมในการทดลองนั้น จากการค้นคว้าพบว่าได้กำหนดไว้ในบทความเพียงบทความเดียว รวมทั้งไม่ได้มีการกำหนดค่าความเข้มแสงดังที่ได้กำหนดไว้ในการวิจัย

6.2 การวิจารณ์ผลการทดลองในการทดลองกับยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)

นอกจากการทำการทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) แล้วนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มเติมการทดลองเพื่อทดลองหาจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ซึ่งก็เป็นยุงอีกสายพันธุ์หนึ่งที่มีจำนวนมากในประเทศไทย และผลการทดสอบที่ได้ดังปรากฏดังรูปที่ 6.4

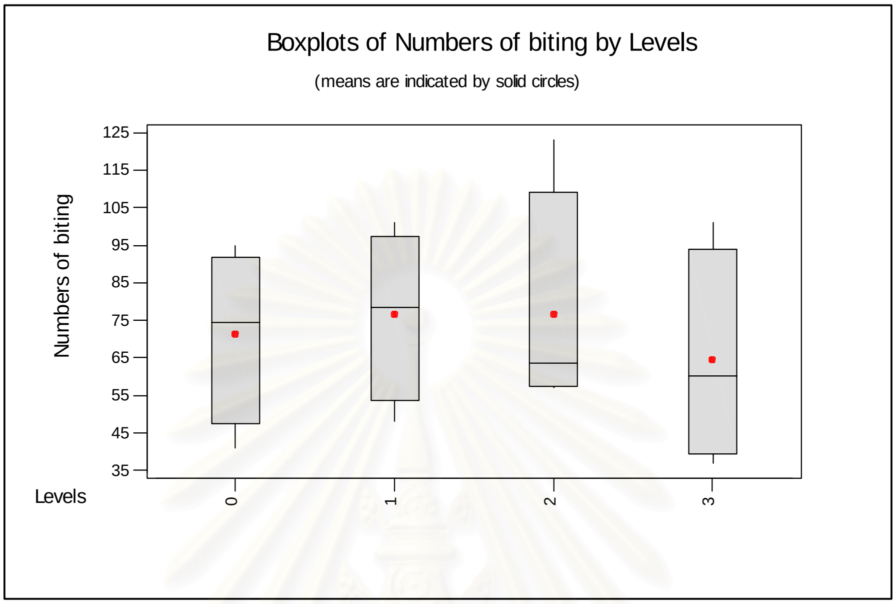


รูปที่ 6.4 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อมีการเปิดความถี่เสียงในระดับต่างๆ

โดยที่

ระดับ 0 หมายถึงสภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดความถี่เสียงใดๆ

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อมีการเปิดเครื่องไล่ยุง ซึ่งผลที่ได้ปรากฏดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญเมื่อมีการเปิดความถี่เสียงในระดับต่างๆ ของเครื่องไล่ยุง

โดยที่

ระดับ 0 หมายถึงสภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเครื่อง

ระดับ 1 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 1 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบแมลงปอ และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 35 Hz ความเข้มเสียง 80 dB_C

ระดับ 2 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 2 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงยุงตัวผู้และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 16000 Hz ความเข้มเสียง 73 dB_C

ระดับ 3 หมายถึงสภาวะที่มีการเปิดเครื่องไล่ยุงไปยังความถี่ระดับ 3 ซึ่งจากการเขียนแจ้งไว้ที่กล่องบรรจุผลิตภัณฑ์พบว่า จะเป็นการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงยุงตัวผู้อีก 1 เสียง และจากการวิเคราะห์แผงวงจรไฟฟ้าพบว่ามีค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 21000 Hz ความเข้มเสียง 73 dB_C

จากรูปที่ 6.4 และ 6.5 จะพบได้ว่าจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีความถี่เสียงใดๆ รวมทั้งเมื่อมีการเปิดเครื่องไล่ยุง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เครื่องไล่ยุงชนิดนี้ไม่สามารถไล่ยุงรำคาญได้ในสภาวะแวดล้อมในการวิจัย

6.3 การอภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองทุกการทดลองที่ได้ทำขึ้นในงานวิจัยนี้ได้บ่งชี้ให้เห็นว่า ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ไม่ได้ใช้ความถี่เสียงหรือความเข้มเสียงที่ได้กำหนดในการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการเลือกเพื่อลงกัดเหยื่อ แต่จากการสังเกตในงานวิจัยพบว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ได้มีผู้ทำการศึกษาและกำหนดในแหล่งข้อมูลต่างๆ ว่าเป็นปัจจัยในการเลือกเพื่อลงกัดเหยื่อของยุงเช่น กลิ่นของเหยื่อ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาจากตัวของเหยื่อ, การกระตุ้นทางการมองเห็น ฯลฯ น่าจะเป็นตัวกำหนดในการเลือกลงกัดเหยื่อมากกว่า เช่น เมื่อนำมือเข้าไปในกรงทดสอบพบว่าอัตราในการบินเข้ามาที่มือของผู้ทดสอบจะมีความรวดเร็วกว่าการนำตะแกรงหนูเข้าไปวาง ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ที่ยุงสามารถแยกแยะกลิ่นของมือมนุษย์จากเหยื่อชนิดอื่น, เมื่อวางเครื่องไล่ยุงที่มีสีเขียวเข้มลงไปในกรง ยุงจะตรงเข้าไปเกาะบริเวณเครื่องไล่ยุง ถึงแม้จะไม่มีการเปิดเสียงที่ระดับความถี่ใดๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบได้ว่ายุงต่างสายพันธุ์กัน จะมีพฤติกรรมในการลงกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งพบจากการทดลองว่า ยุงลายบ้านนั้นเป็นยุงที่มีปฏิกิริยารวดเร็วเมื่อรับรู้ว่าเหยื่ออยู่ใกล้ๆ ต่างจากยุงรำคาญที่มีปฏิกิริยาช้ากว่า และถึงแม้ว่าจะมีอายุในการทดลองที่เท่ากัน ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti) ดูเหมือนจะมีความต้องการในลงกัดกินเลือดเหยื่อมากกว่า ซึ่งสามารถสังเกตได้จากจำนวนในการลงกัดในเวลา 15 นาที ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนในการลงกัดที่ได้จากการทดลองของยุงต่างสายพันธุ์กัน

สายพันธุ์ยุง	**ค่าเฉลี่ยจำนวนในการลงกัด**
ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	337.15
ยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)	74.39

และจากบทความในต่างประเทศที่มีการทดลองด้วยยุงรำคาญก็พบได้ว่ามีจำนวนในการลงกัดที่น้อยกว่าเช่นเดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนยุงที่ลงกัดเปรียบเทียบกับจำนวนยุงที่ใส่เข้าไปในกรงทดสอบของบทความในต่างประเทศ

สายพันธุ์ยุง	จำนวนยุงที่ลงกัด	จำนวนยุงที่ใส่เข้าไปในกรงทดสอบ	เวลาที่ใช้ในการทดลอง
ยุงลายบ้าน(Aedes aegypti)	70-87 ตัว	100	1 นาที
ยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)	3-14 ตัว	50	5 นาที

แต่ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำขึ้นส่วนมากในเวลากลางวันถึงพลบค่ำ (8.30 น. – 18.30 น.) แต่ยุงรำคาญนั้นเป็นยุงที่ออกหากินกลางคืนมียอดในการกัดสูงสุดเวลา 0.00 น. ซึ่งก็คงจะเป็นปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ยุงรำคาญมีจำนวนในการลงกัดน้อยกว่ายุงลายบ้าน แต่ในจำนวนยุงที่ลงกัดที่พบในบทความนั้น ไม่ได้ทำการระบุว่าทำการทดลองเวลาใด

อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ก็ไม่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่านอกเหนือจากความถี่และระดับความเข้มเสียงนอกเหนือการวิจัยนี้จะสามารถใช้ในการไล่ยุงได้ และอาจจะมีความเป็นไปได้ที่ความถี่และความเข้มเสียงที่ใช้ในการวิจัยจะให้ผลต่อจำนวนในการลงกัดที่แตกต่างออกไปในสภาวะแวดล้อมในการทดลองอื่น แต่อย่างไรก็ตามก็การวิจัยนี้ก็ได้เพิ่มหลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่ว่า ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการลงกัดเมื่อมีการเปิดเสียงในระดับต่างๆ รวมถึงการเปิดเครื่องไล่ยุงชนิดนี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามดังกล่าวพบว่า สายพันธุ์ยุงที่บุคคลทั่วไปให้ความสนใจและรู้สึกวิตกกังวลเมื่อมีการสัมผัสกับยุงชนิดดังกล่าวอย่างมากก็คือ ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จึงได้เลือกยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ในการทดลองประกอบการวิจัย

7.1.2 ความถี่ที่ได้เลือกมาทำการทดลอง สามารถจัดกลุ่มออกได้เป็น 6 กลุ่มหลักการซึ่งก็คือ

- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงของแมลงปอ จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ 25, 35 และ 40 Hz
- หลักการการสร้างเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย จะมีทั้งสิ้น 2 ระดับคือ 100 และ 200 Hz
- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จะมีทั้งสิ้น 6 ระดับคือ 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 Hz
- หลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ 5,000, 6,000 และ 7,000 Hz
- หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ 16,000, 17,000 และ 20,000 Hz
- หลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ 30,000, 40,000 และ 50,000 Hz

7.1.3 ภายหลังจากการกำหนดระดับของความถี่ที่ใช้ในการทดลองแล้วนั้นจะทำการทดลองเพื่อหาค่าความถี่ที่ดีที่สุดจากแต่ละกลุ่มหลักการเพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียงต่อไป ซึ่งผลจากการทดลองและการคัดเลือกพบว่า

7.1.3.1 หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงของแมลงปอ มีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 177-414 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลง

กัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 35 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 297.25 ครั้ง เพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.3.2 หลักการการสร้างเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย มีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 189-612 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลงกัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 100 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 397.50 ครั้งเพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.3.3 หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) มีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 186-514 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลงกัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 500 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 287.00 ครั้ง เพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.3.4 หลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้มีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 251-383 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลงกัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 5000 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 310.25 ครั้ง เพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.3.5 หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้นมีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 293-475 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลงกัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 16,000 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 337.50 ครั้ง เพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.3.6 หลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาวมีจำนวนในการลงกัดอยู่ระหว่าง 230-547 ครั้งในเวลา 15 นาที และที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ จำนวนในการลงกัดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมทั้งการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนในการลงกัดที่สภาวะปกติ แต่ได้ทำการเลือกค่าความถี่ 50,000 Hz ซึ่งมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดในกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ที่ 321.50 ครั้ง เพื่อนำไปทดลองด้านความเข้มเสียง

7.1.4 จากการนำระดับความถี่ที่ 35, 100, 500, 5,000, 16,000 และ 50,000 Hz ไปทำการทดลองที่ 75 และ 110 dB_C ผลปรากฏว่า การทดลองในส่วนนี้ยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) มีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยอยู่ที่ 322±74 ครั้งในเวลา 15 นาทีและจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยของยุงลายบ้านในสภาวะปกติที่ไม่มีการปล่อยเสียงจะมีค่าอยู่ที่ 320±70 ครั้งในเวลา 15 นาที

7.1.5 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยด้านความถี่เสียง, ความเข้มเสียง และอันตรกิริยาระหว่างความถี่เสียงและความเข้มเสียง ไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7.1.6 ในการทดลองที่ทำขึ้นระหว่างค่าความถี่ 35, 100, 500, 5,000, 16,000 และ 50,000 Hz ในระดับความเข้มเสียงที่ 75 dB_C กับยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) พบว่ามีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยอยู่ที่ 76±29 ครั้งในเวลา 15 นาที และจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ในสภาวะปกติที่ไม่มีการปล่อยเสียงจะมีค่าอยู่ที่ 71±23 ครั้งในเวลา 15 นาที

7.1.7 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปัจจัยด้านความถี่เสียงในระดับความเข้มเสียงดังกล่าวไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7.1.8 ในการทดลองจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) กับเครื่องไล่ยุง พบว่ายุงลายบ้านจะมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยเมื่อเปิดเครื่องไล่ยุงอยู่ที่ 343±74 ครั้งในเวลา 15 นาที และยุงรำคาญจะมีจำนวนในการลงกัดเฉลี่ยเมื่อเปิดเครื่องไล่ยุงอยู่ที่ 73±26 ครั้งในเวลา 15 นาที

7.1.9 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการปล่อยเสียงที่ระดับต่างๆของเครื่องไล่ยุงไม่มีผลต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7.1.10 จากการวิจัยซึ่งได้ทำการทดลองขึ้นที่ระดับความถี่และความเข้มเสียงในระดับต่างๆ พบว่าความถี่และความเข้มเสียงไม่มีอิทธิพลต่อการป้องกันการกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) อย่างสิ้นเชิง

7.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

7.2.1 ในการวิจัยนี้ได้เลือกที่จะเน้นในการทำการทดลองกับยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เพียงสายพันธุ์เดียวเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ในการวิจัย

7.2.2 การเก็บข้อมูลผลการทดลองสามารถทำได้เพียงการทดลองในกรงขนาดเล็ก ซึ่งในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการทดลองประเภทนี้ มักจะมีการทดลองในส่วนของ Chamber ลักษณะเป็นห้องขนาดเล็กที่คนสามารถเข้าไปนั่งทำการทดลองได้ ซึ่งจะสามารถสังเกตพฤติกรรมในการลงกัดได้อย่างชัดเจนมากขึ้น แต่ในการวิจัยนี้ไม่สามารถหาห้องที่มีลักษณะใกล้เคียงเพื่อทำการทดลองได้

7.3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

7.3.1 ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาอิทธิพลของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ซึ่งเป็นยุงประเภทพวกชอบกินเลือดคนที่เรียกว่า anthropophilic ดังนั้นหากสามารถกำหนดระดับความถี่และความเข้มเสียงให้มีจำนวนน้อยกว่าในการวิจัยนี้ และสามารถสร้าง Chamber เพื่อทำการทดลอง โดยใช้อาสาสมัคร แทนหนูทดลองก็น่าจะสามารถพิจารณาอิทธิพลของความถี่และความเข้มเสียงที่มีต่อการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

7.3.2 งานวิจัยนี้ควรได้รับการวิจัยและพัฒนาต่อไปในเรื่องของสายพันธุ์ยุงชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่ไม่เหมือนกัน หากสามารถทำการทดลองกับยุงสายพันธุ์อื่นๆ ได้เพิ่มขึ้นก็น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการอ้างอิงในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดที่เกี่ยวข้องมากขึ้น

7.3.3 จากการค้นคว้าในหลายแหล่งข้อมูลและผลที่ได้จากการทดลองพบว่า การใช้เสียงในรูปของความถี่เสียงและความเข้มเสียงต่างๆ ไม่มีผลโดยสิ้นเชิงในการลดจำนวนในการลงกัดของยุงสายพันธุ์ต่างๆ ได้ แต่ในด้านการใช้เสียงมาเป็นกับดักเพื่อให้ยุงเข้ามาใกล้บริเวณที่ใช้ในการดักจับยุงพบว่ามีบทความเป็นจำนวนมากที่สรุปว่าการใช้เสียงในบางระดับความถี่เพื่อล่อยุงให้เข้าไปในกับดักนั้นได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้น หากสามารถทำการวิจัยในด้านนี้ต่อไปได้ ก็น่าจะเป็นประโยชน์ในการควบคุมปริมาณยุงได้ในระดับหนึ่ง

7.3.4 ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้จำนวนในการลงกัดเป็นตัวแปรตอบสนองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่มีต่อการกัดของยุงทั้งสองสายพันธุ์ แต่ไม่ได้ทำการศึกษาว่ายุงจะมีปฏิกิริยาอย่างไรในระยะทางต่างๆ ที่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเมื่อรับรู้ถึงเสียงนั้นๆ ดังนั้นหากสามารถสร้างอุปกรณ์การทดลองที่สามารถวิเคราะห์ในลักษณะดังกล่าวก็น่าจะเป็นประโยชน์ในการวิจัยมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงสาธารณสุข, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา. ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2544.

กระทรวงสาธารณสุข, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา. ชีววิทยา และการควบคุมแมลง ที่เป็นปัญหาสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2544.

กระทรวงสาธารณสุข, กองควบคุมโรคติดต่อ. โรคไข้เลือดออกฉบับประเกียรณก. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2544.

กองบรรณาธิการ. เทคนิคการใช้งานอัลตร้าโซนิกทรานสดิวเซอร์. วารสาร Hobby Electronics ฉบับที่ 88 (พฤษภาคม 2542): 46-52.

คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ฟิสิกส์ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ดร.สีวิกา แสงธาราทิพย์. 25 คำถามเกี่ยวกับยุงลายและไข้เลือดออก. วารสารมาลาเรีย ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2542): 19-29.

ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา. การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสต์ไดร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ทศพล เกียรติเจริญผล. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กดีบุกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

วรพงษ์ ขุนอินทร์. การศึกษาความเป็นไปได้ในการซักผ้าโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2538.

วัชนีย์ รุ่งอินทร์. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชบางชนิดในการป้องกันยุงลาย (Aedes aegypti LINNAEUS). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคติดเชื้อ คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2538.

ศักรินทร์ อินทปัญญ์. การวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบเงินของกระจกเงาโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา. กีฏวิทยา-อะคาโรวิทยาการแพทย์และสัตวแพทย์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สุกิจ อังสุวรรณ. การตัดสินใจเลือกผู้เข้าประมูล ระบบควบคุมในโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ด้วยวิธีกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ภาษาอังกฤษ

Belton, P. Attraction of male mosquitoes to sound. Journal of the American Mosquito Control Association 10(1994): 297-301.

Carlos, F. S.; and Virginia, S. B. Evaluation of electronic mosquito-repelling devices Aedes albopictus. Neotropical Entomology (September 2001): 497-499.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chapman, R. F. The insects: Structure and function. London: Hodder and Stoughton, 1971

Clements, A. N. The biology of mosquitoes. London: Chapman & Hall, 1999.

Kenneth, L. K. A catalog of the mosquitoes of the world. Maryland: Entomological Society of America, 1977.

Kerdpibule, V.; Thonggrungkiat, S.; and Leemingsawat, S. Feasibility of wing beat sound trap for the control of mosquito vectors. Southeast Asian Journal Tropical Medical Public Health 20 (1989): 639-641.

Mankin, R. W. Acoustical detection of Aedes taeniorhynchus swarms and emergence exoduses in remote salt marches. Journal of the American Mosquito Control Association 10 (1994): 302-308.

Martin, C. G.; Hans B.; and Daniel, R. Mosquito hearing : Sound-induced antennal vibrations in male and female Aedes aegypti. Journal of Experimental Biology 202 (1999): 2727-2738.

Posey, K. H.; Barnard, D. R.; and Schreck, C. E. Triple cage olfactometer for evaluating mosquito (Diptera: Culicidae) attraction responses. Journal Medical Entomology 35 (1998): 330-334.

Reisen, W. K.; Meyer, R. P.; Cummings, R. F.; and Delgado, O. Effects of trap design and CO_2 presentation on the measurement of adult mosquito abundance using centers for disease control-style miniature light traps. Journal of the American Mosquito Control Association 16 (2000): 13-18.

Rueda, L. M., and others. Evaluation of 1-octen-3-ol, carbon dioxide and light as attractants for mosquitoes associated with two distinct habitats in North Carolina. Journal of the American Mosquito Control Association 17 (2001): 61-66.

Samvel, T. The elements of acoustics. London: Butterworths, 1964.

Schrecr, C. E.; and Weidhaas, D. E. Evaluation of electronic sound-producing devices against Aedes taeniorhynchus and Aedes sollicitans. Mosquitoes News 37 (1977): 529-531.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างแบบสอบถาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบสอบถามด้านความต้องการของผู้บริโภคในการเลือกซื้อเครื่องใช้เพื่อกำจัดหรือไล่ยุง</u>

<u>ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้เข้ารับการสัมภาษณ์</u>

1 ข้อมูลผู้รับการสัมภาษณ์

1.1 เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ

☐ 10-20 ปี ☐ 21-40 ปี ☐ 41-60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี

1.3 การศึกษา

☐ ประถมศึกษาตอนปลาย ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าระดับปริญญาตรี

1.4 รายได้ต่อเดือน

☐ ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 10,001-20,000 บาท

☐ 20,001-40,000 บาท ☐ สูงกว่า 40,000 บาท

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านความรู้ความเข้าใจ และการพิจารณาในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกำจัดหรือไล่ยุง</u>

2 ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์และความรู้ความเข้าใจด้านยุง

2.1 ท่านคิดว่ายุงสามารถเป็นพาหะที่น่ากลัวในการนำโรคใดซึ่งเป็นโรคที่ร้ายแรงและท่านให้ความสนใจมากที่สุด

☐ โรคไข้เลือดออก

☐ โรคมาลาเรีย

☐ โรคไข้สมองอักเสบ

☐ โรคเท้าช้าง

2.2 ท่านมีความรู้สึกว่ายุงสร้างความรำคาญให้กับท่านมากน้อยเพียงใด

☐ ไม่สร้างความรำคาญใดๆ

☐ สร้างความรำคาญบ้างเล็กน้อย

☐ สร้างความรำคาญ แต่ไม่บ่อยนัก

☐ สร้างความรำคาญอย่างมาก และบ่อยครั้ง

2.3 ท่านมีความรู้สึกกังวลต่อการเกิดโรคอันเนื่องมาจากยุงมากน้อยเพียงใด

☐ ไม่รู้สึกกังวลเลย

☐ กังวลบ้างเล็กน้อย

☐ ในบางครั้งเกิดความกังวลอย่างมาก เช่น ช่วงที่มีข่าวการแพร่ระบาดอย่างหนัก

☐ บ่อยครั้งที่เกิดความรู้สึกกังวลอย่างมาก

2.4 ท่านรู้จักวิธีการในการไล่ยุงหรือวิธีการในการกำจัดยุง วิธีใดบ้าง(เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ การใช้สารเคมี (เช่น ยาฉีดฆ่าแมลง เป็นต้น)

☐ การควบคุมโดยวิธีการทางชีววิทยา (เช่น การใช้ปลากินลูกน้ำ , การใช้แบคทีเรีย เป็นต้น)

☐ การบริการจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ (เช่น การฝัง เผา กับวัสดุที่ไม่ใช่แล้วไม่เกิดน้ำขัง)

☐ การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม (เช่น การทำให้ยุงตัวผู้เป็นหมันโดยใช้ แบคทีเรีย เป็นต้น)

☐ การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (เช่น การใช้มุ้ง การสวมเสื้อป้องกันร่างการให้มิดชิด เป็นต้น)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ท่านใช้วิธีการใดในการป้องกันยุงเพื่อไม่ให้สร้างความรำคาญหรือเป็นพาหะให้เกิดโรคกับท่าน (เรียงตามลำดับตามวิธีการที่ใช้บ่อย)

☐ การใช้สารเคมี (เช่น ยาฉีดฆ่าแมลง เป็นต้น)

☐ การควบคุมโดยวิธีการทางชีววิทยา (เช่น การใช้ปลากินลูกน้ำ , การใช้แบคทีเรีย เป็นต้น)

☐ การบริการจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ (เช่น การฝัง เผา กับวัสดุที่ไม่ใช่แล้วไม่เกิดน้ำขัง)

☐ การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม (เช่น การทำให้ยุงตัวผู้เป็นหมันโดยใช้ แบคทีเรีย เป็นต้น)

☐ การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (เช่น การใช้มุ้ง การสวมเสื้อป้องกันร่างการให้มิดชิด เป็นต้น)

2.6 ท่านรู้จักผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการฆ่าและไล่ยุงชนิดใดบ้าง (โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวพบได้ในประเทศไทย)

☐ สารไล่ยุงชนิดขด

☐ สารไล่ยุงชนิดแผ่น (mat)

☐ สารไล่ยุงชนิดของเหลว (liquid)

☐ สารไล่ยุงชนิดทาผิว ในรูปแผ่น

☐ สารไล่ยุงชนิดทาผิวในรูปแป้ง

☐ สารไล่ยุงชนิดโลชั่นทาผิว

☐ สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมกันยุง

☐ สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมตะไคร้กันยุง

☐ เทียนหอมตะไคร้กันยุง

☐ ยาฉีดฆ่ายุง

☐ ต้นไม้ไล่ยุง

☐ ไม้ตียุง

☐ เครื่องไฟฟ้าฆ่ายุง (ซึ่งใช้หลักการของแสงล่อยุงให้เข้ามาและโดนเส้นลวดนำไฟฟ้า)

☐ Software ไล่ยุง

☐ เครื่องกำจัดยุง (โดยใช้หลักการดักยุงให้เข้ามาตามแสง Black light , ใช้มอเตอร์ดูดยุงลงที่เก็บ และมีที่ปิดเพื่อป้องกันการบินขึ้นมา)

☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

2.7 ท่านใช้วิธีการใดในการกำจัดยุงหรือไล่ยุงในวิธีการตามข้อที่ 2.6 มากที่สุด (เรียงตามลำดับ 1-5 ; 1 - ใช้บ่อยที่สุด)

☐ สารไล่ยุงชนิดขด

☐ สารไล่ยุงชนิดแผ่น (mat)

☐ สารไล่ยุงชนิดของเหลว (liquid)

☐ สารไล่ยุงชนิดทาผิว ในรูปแผ่น

☐ สารไล่ยุงชนิดทาผิวในรูปแป้ง

☐ สารไล่ยุงชนิดโลชั่นทาผิว

☐ สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมกันยุง

☐ สารไล่ยุงชนิดสเปรย์หอมตะไคร้กันยุง

☐ เทียนหอมตะไคร้กันยุง

☐ ยาฉีดฆ่ายุง

☐ ต้นไม้ไล่ยุง

☐ ไม้ตียุง

☐ เครื่องไฟฟ้าฆ่ายุง (ซึ่งใช้หลักการของแสงล่อยุงให้เข้ามาและโดนเส้นลวดนำไฟฟ้า)

☐ Software ไล่ยุง

☐ เครื่องกำจัดยุง (โดยใช้หลักการดักยุงให้เข้ามาตามแสง Black light , ใช้มอเตอร์ดูดยุงลงที่เก็บ และมีที่ปิดเพื่อป้องกันการบินขึ้นมา)

☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

2.8 เหตุใดท่านจึงนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากที่สุด

☐ สะดวกต่อการพกพา
☐ ใช้งานง่าย
☐ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่มีผลข้างเคียงใดๆ
☐ รูปลักษณ์สวยงาม
☐ ราคาถูก
☐ ไม่สร้างความรำคาญในด้านอื่น เช่น กลิ่น ควัน เป็นต้น
☐ หาซื้อได้ง่าย
☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

2.9 ท่านคิดว่าหากท่านสามารถเสนอแนะบางสิ่งเพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ท่านจะเสนอแนะสิ่งใด

☐ ด้านรูปแบบลักษณะภายนอก เช่น ขนาด สี เป็นต้น
☐ ด้านวิธีในการใช้งาน เช่น ให้ใช้งานง่าย เก็บสะดวก เป็นต้น
☐ ด้านราคา ให้มีราคาที่ถูกลง
☐ ด้านผลต่อการสร้างความรำคาญในด้านต่างๆ
☐ ด้านตลาด และการเข้าถึงกลุ่มลูกค้า เช่น ให้สามารถซื้อได้ง่าย , มีการสร้าง Promotion ในรูปแบบต่างๆ เป็นต้น
☐ ด้านความสะดวกต่อการพกพา เพื่อนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆ
☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

2.10 หากท่านสามารถกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการไล่ยุงหรือกำจัดยุงได้ ท่านคิดว่าลักษณะใดของผลิตภัณฑ์นั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุด (กรุณาเรียงตามลำดับ 1-3)

☐ สะดวกต่อการพกพา
☐ ใช้งานง่าย
☐ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่มีผลข้างเคียงใดๆ
☐ รูปลักษณ์สวยงาม
☐ ราคาถูก
☐ ไม่สร้างความรำคาญในด้านอื่น เช่น กลิ่น ควัน เป็นต้น
☐ หาซื้อได้ง่าย
☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

2.9 ท่านคิดว่าช่วงระดับราคาใดเป็นระดับราคาที่ท่านยอมรับได้ต่อประเภทของ <u>เครื่องใช้ไฟฟ้า</u> กำจัดหรือไล่ยุง (ตอบได้มากกว่า 1 ระดับราคา)

☐ น้อยกว่า 100 บาท
☐ 100-200 บาท
☐ 201-300 บาท
☐ 301-500 บาท
☐ มากกว่า 500 บาท

2.10 หากมีการสร้างเครื่องที่สามารถใช้ไล่ยุง ซึ่งสามารถผนวกเข้าเป็นเครื่องใช้อื่นๆ ท่านคิดว่าควรจะผนวกเข้ากับสิ่งใด

☐ แจกันดอกไม้
☐ โคมไฟ
☐ พัดลม (ฐาน)
☐ ของเล่น
☐ นาฬิกาตั้งโต๊ะ
☐ นาฬิกาแขวน
☐ ปากกา
☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.11 หากมีเครื่องไฟฟ้าไล่ยุงชนิดใหม่ ซึ่งสามารถไล่ยุงได้ โดยปราศจากผลข้างเคียง และสิ่งรำคาญใจต่างๆ รวมถึงราคาที่ไม่สูงเกิน 1,000 บาท ท่านคิดว่าท่านจะทดลองซื้อมาใช้หรือไม่ เพราะเหตุใด

☐ ใช้ เพราะ

- ☐ ถูกใจคุณสมบัติ
- ☐ นิยมทดลองสินค้าใหม่เป็นประจำ
- ☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

☐ ไม่ใช้ เพราะ

- ☐ เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็นมากนัก
- ☐ ไม่นิยมทดลองสินค้าใหม่ๆ
- ☐ ราคาแพง
- ☐ อื่นๆ...(โปรดระบุ)

☐ ไม่แน่ใจ เพราะ...

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ตารางการสุ่มลำดับในการทดลองที่ใช้ในการทดลองประกอบการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลองในการทดลองเบื้องต้น

โดยลำดับในการทดลองซึ่งแสดงในตารางต่างๆ จะใช้การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลอง

1.1 **หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงการกระพือปีกของแมลงปอ** จะมีทั้งสิ้น 3 ระดับ คือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง
2) 25 Hz
3) 35 Hz
4) 40 Hz

ตารางที่ ข.1 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงการกระพือปีกของแมลงปอ

ความถี่เสียงที่	การทดลองครั้งที่			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
25	5	6	7	8
35	9	10	11	12
40	13	14	15	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงการกระพือปีกของแมลงปอ

ลำดับการทดลอง	**หมายเลขสภาวะการทดลอง**
1	1
2	12
3	2
4	6
5	9
6	16
7	3
8	4
9	7
10	15
11	8
12	11
13	13
14	14
15	10
16	5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 หลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมียจะมีทั้งสิ้น 3 ระดับคือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง
2) 100 Hz
3) 200 Hz

ตารางที่ ข.3 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
100	5	6	7	8
200	9	10	11	12

ตารางที่ ข.4 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนเสียงที่ทำให้เกิดการ Resonance ใน Antennae ของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) ตัวเมีย

ลำดับการทดลอง	**หมายเลขสภาวะการทดลอง**
1	12
2	8
3	1
4	10
5	6
6	7
7	11
8	9
9	2
10	5
11	4
12	3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) จะมีทั้งสิ้น 7 ระดับคือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง
2) 300 Hz
3) 400 Hz
4) 500 Hz
5) 600 Hz
6) 700 Hz
7) 800 Hz

ตารางที่ ข.5 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
300	5	6	7	8
400	9	10	11	12
500	13	14	15	16
600	17	18	19	20
700	21	22	23	24
800	25	26	27	28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่เกิดจากการกระพือปีกของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ลำดับการทดลอง	**หมายเลขสภาวะการทดลอง**
1	16
2	3
3	8
4	7
5	19
6	18
7	9
8	12
9	10
10	20
11	13
12	4
13	15
14	6
15	14
16	25
17	17
18	5
19	11
20	22
21	1
22	23
23	26
24	24
25	2
26	21
27	28
28	27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 หลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง
2) 5000 Hz
3) 6000 Hz
4) 7000 Hz

ตารางที่ ข.7 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
5000	5	6	7	8
6000	9	10	11	12
7000	13	14	15	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการหลักการที่มีการกล่าวอ้างของผู้ผลิตว่าเป็นเสียงของยุงตัวผู้

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	9
2	2
3	6
4	7
5	4
6	11
7	15
8	12
9	14
10	1
11	3
12	13
13	8
14	10
15	5
16	16

1.5 หลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง
2) 16000 Hz
3) 17000 Hz
4) 20000 Hz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.9 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
16000	5	6	7	8
17000	9	10	11	12
20000	13	14	15	16

ตารางที่ ข.10 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการการสร้างเสียงเลียนแบบเสียงที่ออกมาจาก Software ที่ใช้ในการไล่ยุงซึ่งทางผู้สร้างอ้างว่าจะทำให้ยุงสามารถบินได้ลำบากมากยิ่งขึ้น

ลำดับการทดลอง	**หมายเลขสภาวะการทดลอง**
1	9
2	4
3	1
4	6
5	12
6	5
7	8
8	11
9	7
10	15
11	16
12	2
13	10
14	3
15	13
16	14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 หลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว จะมีทั้งสิ้น 4 ระดับคือ

1) สภาวะปกติที่ไม่มีการเปิดเสียงใดๆ จากลำโพง

2) 30000 Hz

3) 40000 Hz

4) 50000 Hz

ตารางที่ ข.11 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองของหลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ความถี่เสียงที่	การทดลองครั้งที่			
	1	2	3	4
สภาวะปกติ	1	2	3	4
30000	5	6	7	8
40000	9	10	11	12
50000	13	14	15	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.12 แสดงลำดับในการทดลองของหลักการการสร้างเสียงที่เกิดจากการเลียนเสียงในการหาอาหารของค้างคาว

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	8
2	9
3	13
4	16
5	5
6	15
7	6
8	1
9	12
10	11
11	2
12	14
13	3
14	10
15	7
16	4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลองในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง

โดยลำดับในการทดลองซึ่งแสดงในตารางต่างๆ จะใช้การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลอง

2.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 75 dB_C

ตารางที่ ข.13 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 75 dB_C

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	1	2	3	4
35	5	6	7	8
100	9	10	11	12
500	13	14	15	16
5000	17	18	19	20
16,000	21	22	23	24
50,000	25	26	27	28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.14 แสดงลำดับในการทดลองของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 75 dB_C

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	19
2	6
3	1
4	7
5	14
6	22
7	26
8	27
9	13
10	16
11	28
12	10
13	23
14	9
15	24
16	15
17	3
18	12
19	21
20	8
21	20
22	5
23	25
24	11
25	4
26	18
27	2
28	17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 110 dB_C

ตารางที่ ข.15 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 110 dB_C

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	1	2	3	4
35	5	6	7	8
100	9	10	11	12
500	13	14	15	16
5000	17	18	19	20
16,000	21	22	23	24
50,000	25	26	27	28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.16 แสดงลำดับในการทดลองของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่และความเข้มเสียง ในระดับความเข้มเสียงที่ 110 dB_C

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	28
2	21
3	7
4	20
5	2
6	16
7	19
8	4
9	12
10	11
11	13
12	9
13	10
14	14
15	23
16	15
17	6
18	24
19	25
20	22
21	5
22	18
23	1
24	8
25	27
26	3
27	26
28	17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงที่ซื้อมาจากประเทศสหรัฐอเมริกากับจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ตารางที่ ข.17 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	1	2	3	4
ระดับที่ 1	5	6	7	8
ระดับที่ 2	9	10	11	12
ระดับที่ 3	13	14	15	16

ตารางที่ ข.18 แสดงลำดับในการทดลองของการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงกับจำนวนในการลงกัดของยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)

ลำดับการทดลอง	**หมายเลขสภาวะการทดลอง**
1	5
2	14
3	9
4	6
5	12
6	7
7	11
8	13
9	16
10	15
11	4
12	2
13	3
14	10
15	8
16	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การสุ่มเพื่อกำหนดลำดับในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงและประสิทธิภาพของเครื่องไล่ยุงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus)

ตารางที่ ข.19 แสดงหมายเลขสภาวะการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ

ความถี่เสียงที่	**การทดลองครั้งที่**			
	1	**2**	**3**	**4**
สภาวะปกติ	1	2	3	4
35	5	6	7	8
100	9	10	11	12
500	13	14	15	16
5000	17	18	19	20
16,000	21	22	23	24
50,000	25	26	27	28
ระดับความถี่เสียงในเครื่องไล่ยุง				
ระดับความถี่เสียงที่ 1	29	30	31	32
ระดับความถี่เสียงที่ 1	33	34	35	36
ระดับความถี่เสียงที่ 1	37	38	39	40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.20 แสดงลำดับในการทดลองของการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียง และความเข้มเสียงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	15
2	37
3	26
4	25
5	10
6	3
7	8
8	16
9	12
10	33
11	7
12	31
13	21
14	35
15	19
16	39
17	24
18	34
19	20
20	2
21	1
22	17
23	14
24	4
25	6
26	30
27	40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.20 แสดงลำดับในการทดลองของการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของความถี่เสียงและความเข้มเสียงที่มีต่อจำนวนในการลงกัดของยุงรำคาญ (ต่อ)

ลำดับการทดลอง	หมายเลขสภาวะการทดลอง
28	32
29	27
30	23
31	13
32	36
33	22
34	29
35	11
36	18
37	28
38	9
39	38
40	5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การเพาะเลี้ยงยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*)
และยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) เพื่อใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยง

- **วัสดุที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงตัวโม่งยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)**
    1) ตัวโม่งยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) และตัวโม่งยุงรำคาญ (Culex quinquefasciatus) จะนำมาจากห้องเลี้ยงแมลงฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
- **อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงยุงลายบ้าน (Aedes aegypti) เพื่อใช้ในการทดลอง** ประกอบไปด้วย
    1) อาหารหนูบดละเอียด
    2) pipette สำหรับดูดตัวโม่งใส่แก้วพลาสติก ซึ่งจะนำไปเพาะเลี้ยงในกรงให้เป็นยุงสำหรับทำการทดลอง
    3) กระชอนตักยุง ในกรณีเปลี่ยนถ่ายน้ำ
    4) ถ้วยพลาสติกใส่ตัวโม่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm
    5) ไม้สำหรับเป็นก้านในการนำสำลีมาพันเป็นอาหารยุง
    6) สำลี
    7) น้ำตาลทรายขาว
    8) วิตามินรวม เพื่อใช้เลี้ยงยุงในกรณีที่กลายเป็นยุงแล้ว
    9) กรงยุง ขนาด 30*30*30 cm^3

รูปที่ ค.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงยุงเพื่อใช้ในการทดลอง

2. ขั้นตอนในการเพาะเลี้ยง

1) ทำการคัดแยกตัวโม่งตัวเมียและตัวผู้จากกลุ่มตัวโม่งยุงรวมที่นำมาจากห้องเลี้ยงแมลง ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กองกีฏวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
2) ดูดตัวโม่งตัวผู้ และ ตัวเมียอย่างละ 100 ตัวด้วย Pipette ใส่ไว้ในถ้วยขนาดเล็กเตรียมไว้ 4 ถ้วยต่อ 1 วันที่ทำการทดลอง
3) เตรียมอาหารยุงตัวเต็มวัยที่จะออกจากตัวโม่งด้วยสำลีชุบสารละลายน้ำตาล 10% และ Multi-Vitamin Syrup
4) นำอาหารและถ้วยตัวโม่งใส่ไว้ในกรงที่เตรียมจะทำการทดลองในอีก 3 วันถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวประทานพร สำเภาเงิน เกิดเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2544 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย