มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุน (ว.1)

ประจำปีงบประมาณ 2558

ผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งหาอาหาร

Effect of shape and color on the recognitive behaviour of forager bee

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.มนัญญา	เพียรเจริญ	หัวหน้าโครงการ
ดร.ธัญญารัตน์	คงขุนเทียน	ผู้ร่วมโครงการ
ดร.วรากร	รัตนอารีกุล	ผู้ร่วมโครงการ
ดร.ทรงพล	ชื่นคำ	ผู้ร่วมโครงการ
นางสาวสุภาวดี	ชมพูพันธุ์	ผู้ร่วมโครงการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

กันยายน 2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งหาอาหาร

Effect of shape and color on the recognitive behaviour of forager bee

จัดทำโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ราชบุรี

คณะผู้วิจัย

มนัญญา เพียรเจริญ ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน วรากร รัตนอารีกุล

ทรงพล ชื่นคำ และ สุภาวดี ชมภูพันธุ์

เสนอ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

กันยายน 2562

ผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งหาอาหาร

มนัญญา เพียรเจริญ ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน วรากร รัตนอารีกุล ทรงพล ชื่นคำ และสุภาวดี ชมภูพันธุ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของรูปร่างและสีของแหล่งอาหารต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้ง ผึ้งที่ใช้ศึกษามี 3 ชนิด คือ ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 การศึกษา คือ การศึกษาที่ 1 ผลของรูปร่างต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง รูปร่างที่ใช้ศึกษามี 3 รูปแบบ คือ สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยมและวงกลม ผลการทดลองพบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ในขณะที่ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ารูปร่างของแหล่งอาหารมีความสัมพันธ์ต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งทั้ง 3 ชนิด การศึกษาที่ 2 ผลของสีต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง โดยสีที่ศึกษามี 3 สี คือ สีเหลือง สีขาว และสีบานเย็นโดยใช้รูปร่างที่ผึ้งแต่ละชนิดเข้าหามากที่สุดมาทดสอบ ผลการทดลองพบว่าผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นและสีขาวตามรูปร่างที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าทิศทางซ้ายและขวามีผลต่อพฤติกรรมการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรง แต่ไม่มีผลในผึ้งมิ้ม

คำสำคัญ : ผึ้ง การเลือกเข้าหา รูปร่าง สี ทิศทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ราชบุรี 209 หมู่ 1 ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150 โทร 02-4709965

Effect of shape and colour on the recognitive behaviour of forager bee

Mananya Phiancharoen*, Tanyarat Khongkhuntian, Warakorn Rattanaareekul,
Songpol Chuenkhum and Supawadee Chompopun

Abstract

This research studied the effect of shape and colour of the food source on the recognitive behavior of honeybee. Three species of honeybee, *Apis mellifera*, *Apis cerana* and *Apis florea*, were selected for this study. The project consists of 2 experiments. First experiment studied the effect of shape of food source on the honeybee preference. The shapes chosen were square, triangle, and circle. The result showed that *A. mellifera* and *A. florea* approached triangle shape the most while *A. cerana* visited square shape the most. However, all honeybee species did not show a specific shape preference significantly. So, we cannot conclude that the shape of the food source has a strong correlate with honeybee preference on bee forage. Second experiment studied the effect of colours on bees' foraging. In order to relate this experiment to the results of the first one, each species of bee was given the food source with three different colors but the same shape that they visited the most. The specific colours were yellow, white, and magenta. The data can be concluded that all honeybee species, *A. mellifera*, *A. cerana*, and *A. florea* visited yellow higher than magenta and white significantly. Moreover, there was an interesting result that the direction left and right affected the behaviour of *A. mellifera* and *A. cerana* in choosing the food source but did not affect *A. florea*.

Keywords : Honeybee, preference, shape, colour, direction

King Mongkut's University of Technology Thonburi Ratchaburi Campus, Rang Bua, Chom Bueng, Ratchaburi 70150, Thailand. Tel +662-470-9965

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิจัยเรื่องผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งหาอาหาร ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2558 พร้อมด้วยการสนับสนุนด้านความรู้และบุคลากร ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และเครื่องมือต่างๆ สำหรับการศึกษาวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ราชบุรี และบางมด ทำให้การดำเนินโครงการวิจัยสามารถบรรลุผลและเป็นไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

19 กันยายน 2562

สารบัญ (Table of Contents)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	6
บทที่ 4 ผลการวิจัย	13
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ข้อมูลการออกแบบเพื่อศึกษารูปร่าง (รูปร่างเป้าหมายและรูปร่างฉากกั้น) ที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาของผึ้งแต่ละชนิด 10
3.2 ข้อมูลการออกแบบสีในรูปร่างที่ดีที่สุดที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาของผึ้งแต่ละชนิด 11
4.1 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งพันธุ์ 13
4.2 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งโพรง 13
4.3 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งมิ้ม 14
4.4 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ระหว่างที่อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวา ในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม 14
4.5 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์ 15
4.6 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งโพรง 15
4.7 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งมิ้ม 16
4.8 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งพันธุ์ 17
4.9 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งโพรง 17
4.10 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งมิ้ม 17
4.11 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีในรูปร่างที่ดีที่สุดระหว่างทิศทาง (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม 18
4.12 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์ 19
4.13 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งโพรง 19
4.14 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งมิ้ม 20
4.15 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีเหลืองกับสีบานเย็นรูปร่างสามเหลี่ยม ที่อยู่ทางด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์ 20
4.16 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีเหลืองกับสีบานเย็นรูปร่างสี่เหลี่ยม ที่อยู่ทางด้านซ้ายในผึ้งโพรง 21
4.17 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งพันธุ์ 21
4.18 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งโพรง 21
4.19 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งมิ้ม 22
4.20 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยม ที่อยู่ทางด้านขวาในผึ้งพันธุ์ 22
4.21 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยม ที่อยู่ทางด้านขวาในผึ้งมิ้ม 23

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แสดงภาพลักษณะ Y – maze 7
3.2 Y – maze ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อทำการทดลอง (บน) ไม่มีแผ่นอะคริลิคปิดด้านบน 7
(ล่าง) มีแผ่นอะคริลิคปิดด้านบนเมื่อทำการทดลองเพื่อไม่ให้ผึ้งบินออกจาก Y-maze
3.3 การเลียน้ำเชื่อมของผึ้งในภาชนะที่บรรจุแสดงการรับรู้ของผึ้งภายหลังการ training 8
3.4 แสดงลักษณะการฝึกผึ้งให้สามารถเรียนรู้รูปร่างที่ให้อาหาร ภายใน Y – maze 9

บทที่ 1 บทนำ
(Introduction)

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเลี้ยงผึ้งในประเทศไทยเริ่มมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเกษตรกรมีความสามารถในการเลี้ยงผึ้งและผลิตผลิตภัณฑ์ผึ้งที่มีคุณภาพ เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพในการเลี้ยงผึ้งเพราะมีความหลากหลายทางชีวภาพในเรื่องพืชอาหาร (สิริวัฒน์, 2532) เมื่อผึ้งเข้าผสมเกสรดอกไม้ รางวัลที่ผึ้งได้รับ คือ น้ำหวาน (nectar) เป็นอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงาน และเกสร (pollen) เป็นแหล่งอาหารสำคัญของผึ้งที่ประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน กรดไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน (Ellis *et al*, 2010) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต (Human *et al*., 2007) หากผึ้งได้รับน้ำหวานและเกสรในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้ผึ้งมีสภาพรังที่แข็งแรง มีการเพิ่มจำนวนประชากรผึ้ง และเมื่อมีจำนวนประชากรของผึ้งมากขึ้น ก็จะให้ผลผลิตด้านน้ำผึ้ง เกสร และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพิ่มขึ้น อันเป็นการส่งเสริมสร้างรายได้ให้กลุ่มเลี้ยงผึ้งมากขึ้น แต่ปัจจุบันผู้เลี้ยงผึ้งประสบปัญหาด้านการผลิตเพราะแหล่งพืชอาหารผึ้ง ทั้งที่เป็นสวนผลไม้และแหล่งพืชอาหารตามธรรมชาติมีจำกัด เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ประกอบกับเกษตรกรรมไทย มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ (อานัฐ ตันโช, 2549) พืชอาหารถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงผึ้งเพราะหากมีไม่เพียงพอ ทำให้ผึ้งมีสภาพรังที่ไม่แข็งแรง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้งลดลง และสุดท้ายผึ้งหนีรัง ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้ง

ผึ้งมีพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำ (pattern– recognition abilities) ในเรื่องของรูปร่างและสี (Lehrer and Campan, 2005) จากการศึกษาพบว่าสี รูปร่าง กลิ่น ขนาด อุณหภูมิและรางวัล (น้ำหวานและเกสร) ของดอกไม้เป็นสิ่งดึงดูดให้แมลงเข้ามาผสมเกสร ลักษณะหลักที่สำคัญของดอกไม้ในการดึงดูดแมลงผสมเกสร คือ สี ขนาด และพื้นผิว (Whitney and Glover, 2007) จากพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งในเรื่องของรูปร่างและสี ประกอบกับโครงงานวิจัยเรื่องปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2557 เพื่อศึกษาปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการผสมเกสรของผึ้ง โดยศึกษาในพืชคุณนายตื่นสาย *Portulaca oleracea* L. ที่มีสีดอกขาว แดง เหลือง และม่วง ว่าผึ้งแต่ละชนิดผสมเกสรของดอกคุณนายตื่นสายที่มีขนาดและสีใดมากที่สุด ดังนั้นงานวิจัยจึงศึกษาเรื่องผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้ง ในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรง และผึ้งมิ้ม จึงเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง เพื่อประยุกต์ใช้ในการเลือกพืชอาหาร (ดอกไม้) ที่มีสี รูปร่างและขนาด ที่ผึ้งเข้าผสมเกสรดีที่สุด มาปลูกเป็นพืชอาหารหลัก/เสริมในพื้นที่ที่มีพืชอาหารหลักไม่เพียงพอ และเป็นแนวทางการส่งเสริมการจัดการเทคโนโลยีการเกษตรแบบผสมผสานเชิงเกษตรอินทรีย์ที่เหมาะสมควบคู่ไปกับการเลี้ยงผึ้ง เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำรูปร่างในผึ้งหาอาหารของผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำสีในผึ้งหาอาหารในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับรู้รูปร่างและสีในผึ้งหาอาหารของผึ้งแต่ละชนิด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้งหาอาหารในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม ซึ่งเป็นงานต่อยอดจากการศึกษาปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง โดยมีเป้าหมายเพื่อนำผลของงานวิจัยนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเลือกชนิดของพืชอาหารที่มีรูปร่างและสีของดอกที่ดึงดูดผึ้งหาอาหารในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม มาปลูกเพื่อเป็นพืชอาหารหลัก/เสริม เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ และนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องการปลูกพืชอาหารเสริมในฤดูกาลที่มีพืชอาหารไม่เพียงพอในพื้นที่ เพื่อเป็นการให้อาหารและควบคุมขอบเขตการหาอาหารของผึ้งในพื้นที่ที่มีการใช้สารฆ่าแมลง เพื่อลดปัญหาการตายของผึ้งจากการเข้าไปสัมผัสยาฆ่าแมลงจากแหล่งอาหารอื่น

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การจัดการด้านพืชอาหารของผึ้ง โดยส่งเสริมการปลูกอาหารหลัก/เสริม ซึ่งเป็นพืชดอกที่ออกดอกได้ง่ายและตลอดปี และลักษณะที่มีรูปร่างและสีที่ดึงดูดให้ผึ้งแต่ละชนิดมาผสมเกสร ให้ได้รับอาหารน้ำหวานและเกสรเพื่อเพิ่มผลผลิต และเพื่อควบคุมจำกัดขอบเขตการหาอาหารของผึ้งในกรณีมีพืชอาหารไม่เพียงพอ ไม่ให้ออกไปหาอาหารในสวนเกษตรที่มีการใช้สารฆ่าแมลง เพื่อลดการสูญเสียจากการตายของผึ้งในการเข้าไปสัมผัสยาฆ่าแมลง ตลอดจนส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการเกษตรเชิงอินทรีย์เพื่อส่งเสริมอาชีพและรายได้ให้กับผู้เลี้ยงผึ้ง อีกทั้งส่งเสริมให้เกษตรกรมีความระมัดระวังในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น และเกิดการจัดการนำผึ้งช่วยผสมเกสรเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชอย่างกว้างขวาง ซึ่งจะก่อให้เกิดการอนุรักษ์ผึ้ง ทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติอย่างยั่งยืนต่อไป

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การบริหารจัดการด้านพืชอาหารของผึ้ง โดยใช้การจัดการเทคโนโลยีการเกษตรแบบผสมผสานเชิงเกษตรอินทรีย์ที่เหมาะสมควบคู่ไปกับการเลี้ยงผึ้ง เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การประยุกต์ผลการศึกษาที่ได้เพื่อส่งเสริมการปลูกพืชอาหารหลัก/เสริมที่มีรูปร่างและสีที่ผึ้งจดจำเพื่อดึงดูดผึ้งเข้ามาผสมเกสร เพื่อส่งเสริมอาชีพและรายได้จากผลิตผลที่ได้จากผึ้ง
2. เพื่อเลือกชนิดพืชอาหารที่มีรูปร่างและสีในการดึงดูดพื้นที่ที่มีพืชอาหารหลักไม่เพียงพอ ในการควบคุมขอบเขตการหาอาหารของผึ้งเพื่อลดปัญหาการตายของผึ้งจากการเข้าไปสัมผัสยาฆ่าแมลง
3. การจัดการเทคโนโลยีการเกษตรแบบผสมผสานเชิงเกษตรอินทรีย์ที่เหมาะสมควบคู่กับการเลี้ยงผึ้ง เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ชาวบ้านและกลุ่มเกษตรผู้เลี้ยงผึ้ง
- กรมส่งเสริมการเกษตร

ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

- งานวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเลือกชนิดของพืชอาหารที่มีรูปร่างและสีของดอกที่ดึงดูดผึ้งหาอาหารในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม มาปลูกเพื่อเป็นพืชอาหารหลัก/เสริม เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ
- นำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องการปลูกพืชอาหารเสริมในฤดูกาลที่มีพืชอาหารไม่เพียงพอในพื้นที่ เพื่อเป็นการให้อาหารและควบคุมขอบเขตการหาอาหารของผึ้งในพื้นที่ที่มีการใช้สารฆ่าแมลง เพื่อลดปัญหาการตายของผึ้งจากการเข้าไปสัมผัสยาฆ่าแมลงจากแหล่งอาหารอื่น
- การจัดการเทคโนโลยีการเกษตรแบบผสมผสานเชิงเกษตรอินทรีย์ที่เหมาะสมควบคู่ไปกับการเลี้ยงผึ้ง เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม
(Literature Review)

อุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งในประเทศไทย เริ่มมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เพราะผึ้งเป็นแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ จากผลิตภัณฑ์ของผึ้งเองโดยตรง และผลผลิตทางด้านการเกษตรเพิ่มขึ้นเพราะผึ้งเป็นแมลงผสมเกสรที่สำคัญ จึงเป็นการสร้างรายได้และอาชีพหนึ่งให้กับเกษตรกรและชาวบ้าน ผึ้งที่นำมาเลี้ยงเพื่อเป็นอุตสาหกรรม คือ ผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ซึ่งเป็นผึ้งนำเข้า นิยมเลี้ยงทางภาคเหนือ สำหรับผึ้งโพรง (*Apis cerana*) เป็นผึ้งพื้นเมืองในประเทศไทย นิยมเลี้ยงทางภาคใต้ (สิริวัฒน์, 2532) จากสถิติการจดทะเบียนฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งทั่วประเทศ มีจำนวน 1,567 ฟาร์ม สามารถผลิตน้ำผึ้งได้ประมาณ 10,000 ตัน นมผึ้งประมาณ 100 ตัน เกสรผึ้งประมาณ 200 ตัน และไขผึ้งประมาณ 120 ตัน ปัจจุบันผู้เลี้ยงผึ้งประสบปัญหาด้านการบริหารงานผึ้งโดยเฉพาะขาดแคลนแหล่งพืชอาหารผึ้ง ทั้งที่เป็นสวนผลไม้และแหล่งพืชอาหารตามธรรมชาติมีจำกัด เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ประกอบกับเกษตรกรรมไทย มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ (อานัฐ, 2549) พืชอาหาร (ดอกไม้) เป็นสิ่งสำคัญต่อผึ้งเนื่องจากพืชมี น้ำหวาน (nectar) และเกสร (pollen) จากดอกไม้ซึ่งแหล่งโปรตีนสำหรับผึ้งคือ เกสรจากดอกไม้ (Ellis *et al.*, 2010) เกสรดอกไม้ประกอบด้วยธาตุอาหารที่ผึ้งต้องการและผึ้งจะเก็บเกสรไว้ในรังไว้เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับตัวอ่อน เกสรจากพืชแต่ละชนิดมีคุณค่าของสารอาหารที่แตกต่างกัน นอกจากนี้เกสรยังมีผลต่อการเจริญเติบโต (Schmidt *et al*., 1987) และที่สำคัญมีผลต่อการวางไข่ของผึ้งนางพญา (Doull, 1973) หากผึ้งได้รับเกสรที่มีปริมาณโปรตีนสูง จะทำให้ผึ้งมีสภาพรังที่แข็งแรง มีการเพิ่มจำนวนประชากร จะส่งผลให้ผลผลิตด้านน้ำผึ้ง เกสร และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ในทางตรงกันข้ามหากผึ้งได้รับอาหารไม่เพียงพอทำให้ผึ้งมีสภาพรังที่ไม่แข็งแรง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผึ้งลดลง และสุดท้ายผึ้งหนีรัง อันก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ

จากงานวิจัยของ Whitney and Glover (2007) พบว่า ปัจจัยของ สี รูปร่าง กลิ่น ขนาด อุณหภูมิ และรางวัล (น้ำหวานและเกสร) ของดอกไม้เป็นสิ่งดึงดูดให้แมลงเข้ามาผสมเกสร นอกจากนี้ผึ้งมีการจดจำลักษณะความแตกต่างของดอกไม้เพื่อใช้การตัดสินใจเลือกเข้าหาดอกไม้นั้น ปัจจัยต่างๆ คือ กลิ่น (Raguso, 2008) สี (Giurfa *et al*., 1995) รูปร่าง (Lehrer *et al*., 1995) ขนาด (Martin, 2004) ความสมมาตร (Giurfa *et al*., 1996) ยังมีเรื่องของความหนาแน่นของดอกไม้ ความหนาแน่นน้อย ความหนาแน่นมาก รวมทั้งระยะใกล้และระยะไกลของการเห็น (Lehrer *et al*., 1995) จะเห็นได้ว่าผึ้งมีปัจจัยในการเลือกดอกไม้ในขณะที่ดอกไม้ก็มีมีปัจจัยในการดึงดูดผึ้ง เพื่อเป็นประโยชน์ในการอยู่แบบเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ลักษณะ หลักที่สำคัญของดอกไม้ในการดึงดูดแมลงผสมเกสร คือ สีและขนาด โดยพบว่า สีของดอกไม้ที่ดึงดูดแมลงผสมเกสรมากที่สุดคือสีม่วง และสีที่ไม่ดึงดูดแมลงเข้ามาผสมเกสรคือสีเขียวเพราะเป็นสีที่ไม่มีสีสำหรับการมองเห็นของแมลงผสมเกสร (Waser and Chittka, 1998) นอกจากนี้พบว่าขนาดของดอกไม้ก็เป็นสิ่งสำคัญ

สำหรับการดึงดูดแมลงผสมเกสร พบว่าดอกไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าดึงดูดแมลงผสมเกสรได้มากกว่าดอกไม้ที่มีขนาดเล็ก (Spaetthe *et al*., 2001) ซึ่งพบได้ทั้งในดอกไม้ที่ต่างชนิดกันและภายในชนิดเดียว (Bradshaw, 1965) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Lehrer และ Campan (2005) และ Srinivasan (2006) พบว่าผึ้งมีพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำ (pattern-recognition abilities) ในเรื่องของรูปร่างและสี ช่วยให้ผึ้งรู้จักสีต่างๆ ของดอกไม้มีประโยชน์ในการเก็บเกสรและการหาอาหารของผึ้ง จากผลวิจัยเรื่องปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง พบว่า ผึ้งโพรงเข้าผสมเกสรของดอกคุณนายตื่นสายสีส้มมากที่สุด รองลงมา คือ สีขาว สีบานเย็น และสีเหลือง ตามลำดับ ในผึ้งพันธุ์เข้าผสมเกสรของดอกคุณนายตื่นสายสีบานเย็นมากที่สุด รองลงมา คือ สีเหลือง สีขาว และสีส้ม ตามลำดับ แต่พบว่าทั้งผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงไม่แสดงพฤติกรรมความชอบสีดอกสีใดสีหนึ่งอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผึ้งมิ้มให้ผลที่แตกต่างไป คือ ผึ้งมิ้มเข้าผสมเกสรของดอกคุณนายตื่นสายสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือ สีส้ม สีบานเย็น และสีขาว ตามลำดับ และพบว่าผึ้งมิ้มมีพฤติกรรมเลือกเข้าผสมเกสรของดอกคุณนายตื่นสายสีเหลืองมากกว่าสีอื่นๆ (มนัญญาและคณะ, 2560)

ดังนั้นงานวิจัยจึงศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องผลของรูปร่างและสีต่อพฤติกรรมการรับรู้และการจดจำของผึ้ง ในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรง และผึ้งมิ้ม เพื่อประยุกต์ใช้ในการเลือกพืชอาหาร (ดอกไม้) ที่มีสี รูปร่างและขนาด ที่ผึ้งเข้าผสมเกสรดีที่สุด มาปลูกเป็นพืชอาหารทำให้ผึ้งมีสภาพรังที่แข็งแรง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผึ้งมากขึ้นเป็นการเพิ่มรายได้ให้ชาวบ้านและเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งต่อไป

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
(Materials and Method)

การวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ปัจจัยของรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

การทดลองที่ 2 ปัจจัยของสีในรูปร่างที่ดีที่สุด ที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

<u>สิ่งมีชีวิตที่ทำการศึกษา</u> คือ

ผึ้ง (honeybees) โดยศึกษา 3 ชนิด คือ

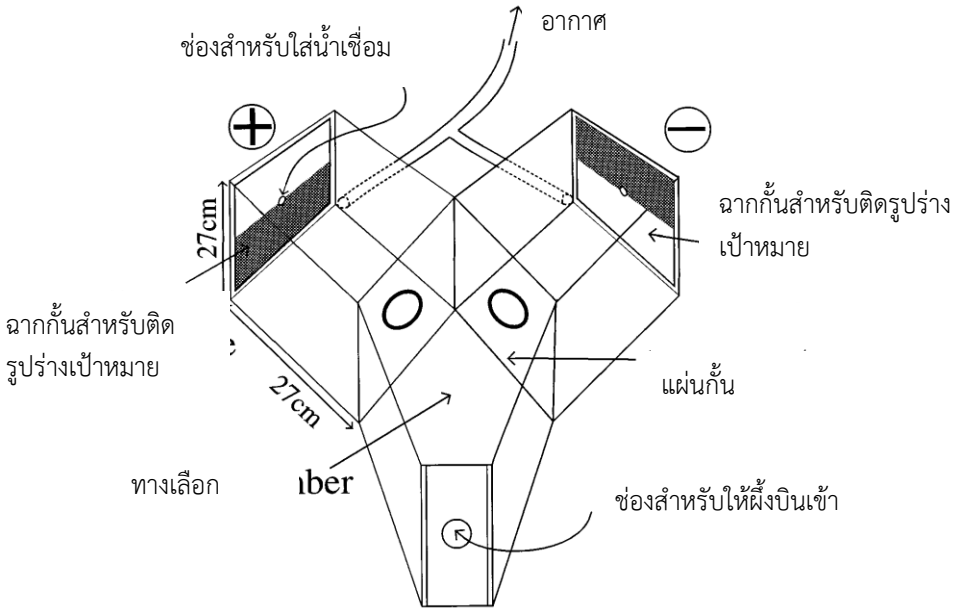
- ผึ้งมิ้ม *Apis florea* F.
- ผึ้งโพรง *Apis cerana* F.
- ผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera* L.

<u>อุปกรณ์</u>

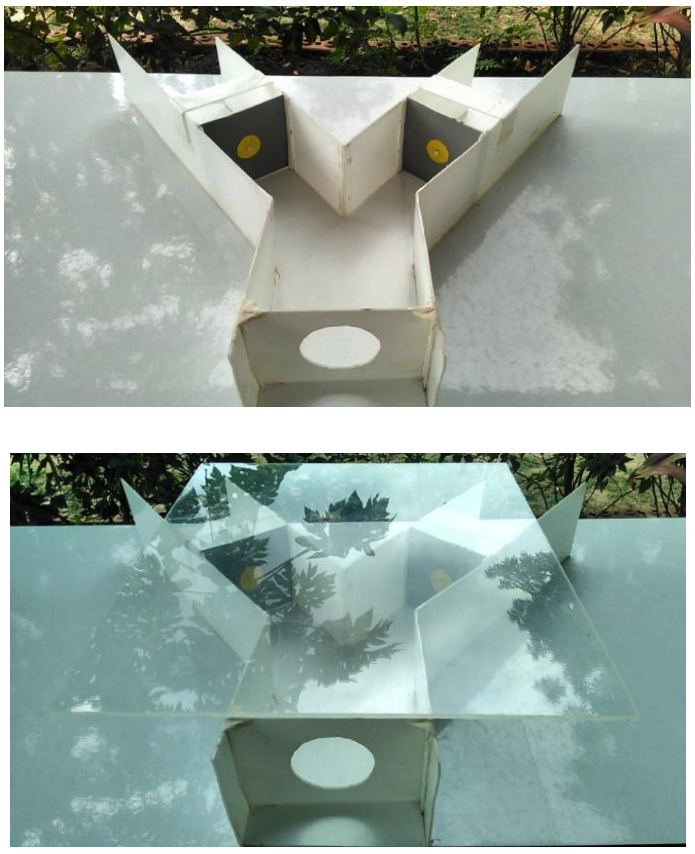
1. Y–maze พร้อมฝาครอบปิด Y–maze ที่มีความโปร่งใส
2. โต๊ะสำหรับวาง Y–maze
3. พู่กันและสีสำหรับทำเครื่องหมายบนตัวผึ้ง
4. ตัวกระตุ้น (กระดาษที่มีรูปร่างและสีต่างๆ) สำหรับฝึกและทดสอบผึ้ง
5. กระดาษสีขาว (white) สีบานเย็น (magenta) และ สีเหลือง (yellow)
6. ฉากหลังทำจากแผ่นพลาสติกลูกฟูกปิดทับด้วยกระดาษสีเทา เจาะรูตรงกลางเพื่อใส่หลอดบรรจุน้ำเชื่อม (ฉากที่สะอาดสามารถใช้งานได้นาน 2 – 3 วัน หากน้ำเชื่อมหยดให้ทำการเปลี่ยนทันที)
7. น้ำเชื่อมความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์
8. หลอดดูดน้ำปิดปลาย 1 ด้าน
9. นาฬิกาจับเวลา
10. อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็น เช่น syringe กรรไกร เป็นต้น

<u>วิธีการดำเนินการวิจัย</u>

1. การบริหารงานผึ้ง เป็นการตรวจเช็คสภาพของรังผึ้งก่อนทำวิจัย เช่น ให้อาหาร เกสร ตรวจดูโรคและไรศัตรูผึ้ง กับรังผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรง เพื่อให้รังมีสภาพรังแข็งแรงเป็นการเตรียมความพร้อมของรังผึ้งก่อนการทดลอง
2. การเตรียมแปลงปลูกพืชอาหารผึ้ง เพื่อเป็นแหล่งให้อาหารผึ้งที่ใช้ในการวิจัย
3. การเตรียม Y – maze โดยใช้กระดาษพลาสติกลูกฟูก ตัดและจัดรูปร่างให้เป็นลักษณะตัว Y พร้อมฝาปิดลักษณะโปร่งใส รูปที่ 1 ลักษณะ Y – maze (Horridge, 2000)



รูปที่ 3.1 แสดงภาพลักษณะ Y – maze (Horridge, 2000)



รูปที่ 3.2 Y – maze ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อทำการทดลอง (บน) ไม่มีแผ่นอะคริลิคปิดด้านบน (ล่าง) มีแผ่นอะคริลิคปิดด้านบนเมื่อทำการทดลองเพื่อไม่ให้ผึ้งบินออกจาก Y-maze

4. การทดลองที่ 1 ปัจจัยของรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง มีรายละเอียดขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การ Pre-training ผึ้ง

1. วาง Y – maze ลงบนโต๊ะที่เตรียมไว้ ใส่ฉากกั้นลงใน Y – maze ทั้งสองด้าน เติมน้ำเชื่อมลงในหลอด (อย่าให้หกล้นออกนอกหลอด) เปิดทางเข้าสาหรับให้ผึ้งเข้าไปสำรวจ ผึ้งบางตัวสามารถค้นหาน้ำเชื่อมได้ด้วยตัวเอง บางตัวอาจเดินวนอยู่บนพื้นสามารถใช้ปลายเข็มฉีดยาปล่อยหยดน้ำเชื่อมติดปลายหลอดเล็กน้อยเพื่อให้ผึ้งเกาะ จากนั้นนำผึ้งไปยังปลายหลอดบรรจุน้ำเชื่อม เพื่อให้ผึ้งพบน้ำเชื่อมและเลียกินน้ำเชื่อม

2. หลังจากผึ้งดูดน้ำเชื่อมให้สังเกตการกลับมาอีกครั้งของผึ้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมาก หากผึ้งตัวเดิมกลับมาห้ามรบกวน ให้ผึ้งได้ดูดน้ำเชื่อมต่อไปจนคุ้นเคยกับแหล่งอาหาร

3. ทำเครื่องหมายบนตัวผึ้งที่คุ้นเคยกับแหล่งอาหารแล้วด้วยการแต้มสี เพื่อใช้ทำการทดสอบ

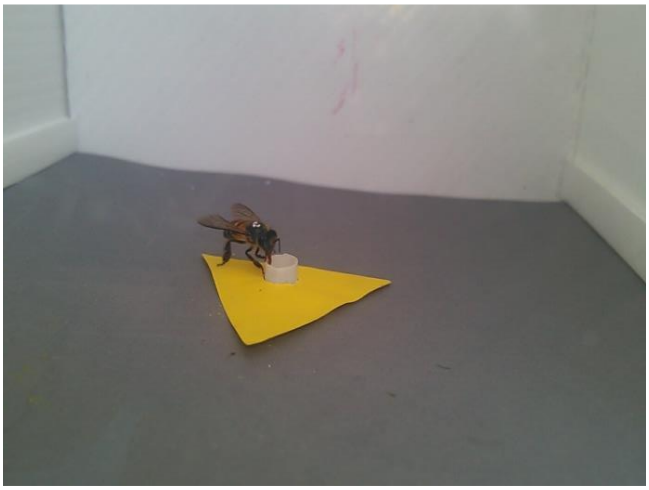
4. ปิดฝาครอบ Y – maze เมื่อผึ้งตัวที่ทำเครื่องหมายและดูดน้ำเชื่อมเสร็จแล้วบินกลับออกไป เพื่อฝึกให้ผึ้งบินกลับมาเข้าช่องทางเข้าY - maze ฝึกให้ผึ้งบินเข้า– ออกทางเข้าและดูดน้ำเชื่อม 2 -3 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 การ Training ผึ้ง ให้รับรู้รูปร่าง

1. เมื่อผึ้งรับรู้ทางเข้าY – maze เริ่มการทดลองโดยใส่กระดาษรูปร่างเป้าหมายทับลงบนฉากกั้นและหลอดน้ำเชื่อมของ Y – maze ทั้ง 2 ด้าน

2. ขนาดของรูปร่างเป้าหมาย

- สามเหลี่ยม มุม 60 องศา ความยาวแต่ละด้าน 3 เซนติเมตร
- วงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร
- สี่เหลี่ยม ความยาวด้าน x ด้าน 3 x 3 เซนติเมตร



รูปที่ 3.3 การเลียน้ำเชื่อมของผึ้งในภาชนะที่บรรจุแสดงการรับรู้ของผึ้งภายหลังการ training

3. วางฉากกั้นที่ติดกระดาษรูปร่างอื่นๆและไม่มีน้ำเชื่อมด้านหน้าฉากกั้นเป้าหมายด้านใดด้านหนึ่งของ Y – maze ใช้การสลับแบบ pseudo random way เช่นขวาซ้ายขวาซ้ายขวาซ้ายขวาขวาซ้ายซ้ายขวาซ้ายขวาซ้ายฯปิดฉากกั้นที่มีรูปร่างเป้าหมายและน้ำเชื่อมสลับกัน

4. ปิดทางเข้า Y - maze

5. เมื่อผึ้งปรากฏตัวบันทึกเวลา

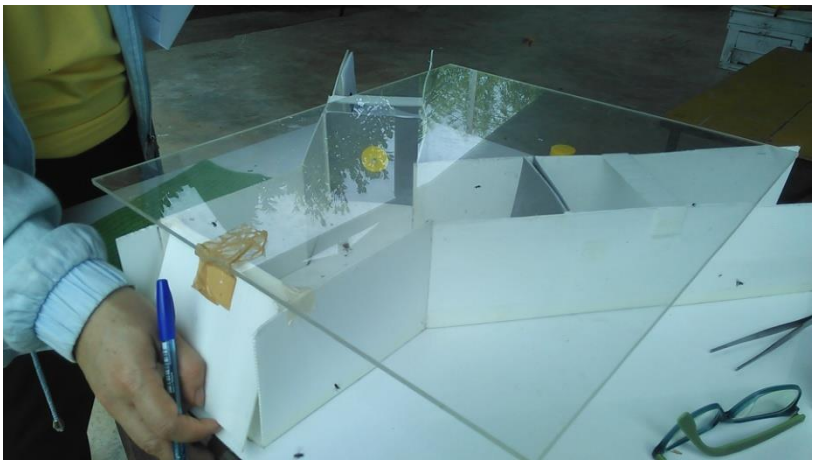
6. เปิดทางเข้า Y – maze เมื่อผึ้งบินเข้ามาทำการปิดทางเข้า

7. หากผึ้งบินไปหาน้ำเชื่อมถูกทาง (ทางที่ไม่มีฉากกั้น) ปล่อยให้ผึ้งดูดน้ำเชื่อมจนพอ

8. ถ้าผึ้งบินเข้าผิดทางยกฝาปิด Y – maze ออกและเคลื่อนที่ไป – มาเบาๆ เพื่อให้ผึ้งออกจาก Y-maze

9. คอยให้ผึ้งบินเข้าอีกครั้งทำซ้ำจนกระทั่งผึ้งเข้าถูกทาง

10. จดบันทึกจำนวนครั้งที่ผึ้งเข้าถูกทางและผิดทางเตรียม Y – maze สำหรับครั้งต่อไปทำซ้ำกับผึ้งตัวเดิมจนครบ 20 ครั้งสิ้นสุดการฝึก



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการฝึกผึ้งให้สามารถเรียนรู้รูปร่างที่ให้อาหาร ภายใน Y – maze

<u>ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง</u>

1. เตรียม Y – maze เช่นเดียวกับการฝึกวางฉากกั้นติดรูปร่างที่ต้องการทดสอบ (รูปร่างเป้าหมายและรูปร่างอื่นๆฝั่งละชนิด) และไม่มีหลอดน้ำเชื่อมเมื่อผึ้งกลับมาจดบันทึกเวลาและปิดทางเข้า

2. ใช้เวลา 2 นาทีสำหรับการสังเกตและบันทึกผลเพื่อดูจำนวนครั้งโดยทำการนับตาม Parameter ดังนี้

- Approach (A) ผึ้งบินเข้าไปใกล้รูปร่าง
- Touch (T) ผึ้งสัมผัสรูปร่างด้วยหนวด
- Landing (L) ผึ้งเดินบนรูปร่าง

3. เมื่อครบกำหนดเวลาปล่อยผึ้งให้ออกจาก Y-maze ย้ายรูปร่างทดสอบออก

4. ทำการ refresh ผึ้ง 2 ครั้งด้วยการทำตามขั้นตอนการฝึกผึ้ง
5. ดำเนินการทดสอบครั้งที่ 2 โดยใช้รูปร่างเดียวกันกับครั้งแรกแต่สลับข้าง
6. ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง
7. เริ่มดำเนินการในผึ้งตัวใหม่ต่อไป

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการออกแบบเพื่อศึกษารูปร่าง (รูปร่างเป้าหมายและรูปร่างฉากกั้น) ที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาของผึ้งแต่ละชนิด

ชนิดผึ้ง	รูปร่าง		จำนวนผึ้ง (ตัว)
	รูปร่างเป้าหมาย	รูปร่างฉากกั้น	
ผึ้งมิ้ม *A. florea*	สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	6
	สี่เหลี่ยม	วงกลม	6
	สามเหลี่ยม	สี่เหลี่ยม	6
	สามเหลี่ยม	วงกลม	6
	วงกลม	สี่เหลี่ยม	6
	วงกลม	สามเหลี่ยม	6
ผึ้งโพรง *A. cerana*	สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	6
	สี่เหลี่ยม	วงกลม	6
	สามเหลี่ยม	สี่เหลี่ยม	6
	สามเหลี่ยม	วงกลม	6
	วงกลม	สี่เหลี่ยม	6
	วงกลม	สามเหลี่ยม	6
ผึ้งพันธุ์ *A. mellifera*	สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	6
	สี่เหลี่ยม	วงกลม	6
	สามเหลี่ยม	สี่เหลี่ยม	6
	สามเหลี่ยม	วงกลม	6
	วงกลม	สี่เหลี่ยม	6
	วงกลม	สามเหลี่ยม	6

5. การทดลองที่ 2 ปัจจัยของสีในรูปร่างที่ดีที่สุดที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

ปัจจัยของสีในรูปร่างที่ดีที่สุด (จากการทดลองที่ 1) ที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง ใช้วิธีการและขั้นตอนเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยเปลี่ยนเงื่อนไขของรูปร่างเป็นสีต่างๆ คือ สีขาว (white) สีบานเย็น (magenta) และ สีเหลือง (yellow)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการออกแบบสีในรูปร่างที่ดีที่สุดที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาของผึ้งแต่ละชนิด

ชนิดผึ้ง	รูปร่าง	การเปรียบเทียบสี		จำนวนผึ้ง (ตัว)
		สีเป้าหมาย	สีฉากกั้น	
ผึ้งมิ้ม *A. florea*	สามเหลี่ยม	สีขาว	สีเหลือง	6
		สีเหลือง	สีขาว	6
		สีขาว	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีขาว	6
		สีเหลือง	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีเหลือง	6
ผึ้งโพรง *A. cerana*	สี่เหลี่ยม	สีขาว	สีเหลือง	6
		สีเหลือง	สีขาว	6
		สีขาว	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีขาว	6
		สีเหลือง	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีเหลือง	6
ผึ้งพันธุ์ *A. mellifera*	สามเหลี่ยม	สีขาว	สีเหลือง	6
		สีเหลือง	สีขาว	6
		สีขาว	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีขาว	6
		สีเหลือง	สีบานเย็น	6
		สีบานเย็น	สีเหลือง	6

6. การเก็บข้อมูล

การทดลองที่ 1 ปัจจัยของรูปทรงที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

การเก็บข้อมูลการเลือกปฏิบัติของผึ้งแต่ละชนิดในการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารที่มีรูปร่างต่างๆ เก็บข้อมูลการ Training ผึ้งเป้าหมาย โดยจดบันทึกความถูกต้องและจำนวนครั้งในการเลือกเข้าหารูปทรงเป้าหมาย

และเก็บข้อมูลการทดสอบผึ้งภายหลังการ Training จดบันทึกความสามารถในการจดจำรูปร่างตาม Parameter ที่กำหนด โดยนับเป็นจำนวนครั้ง จำนวนผึ้งแต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาต่อรูปร่างคือ 6 ตัว

การทดลองที่ 2 ปัจจัยของสีในรูปร่างที่ดีที่สุด (จากการทดลองที่ 1) ที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

การเก็บข้อมูลการเลือกปฏิบัติของผึ้งแต่ละชนิดในการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารที่มีรูปร่างดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ซึ่งมีสีต่างๆ เก็บข้อมูลการ Training ผึ้งเป้าหมาย โดยจดบันทึกความถูกต้องและจำนวนครั้งในการเลือกเข้าหาสีเป้าหมาย และเก็บข้อมูลการทดสอบผึ้งภายหลังจากการ Training จดบันทึกความสามารถในการจดจำสีตาม parameter ที่กำหนด โดยนับเป็นจำนวนครั้ง จำนวนผึ้งแต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาต่อสีคือ 6 ตัว

7. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Nonparametric statistic โดยใช้ Kruskal – Wallis test และ Mann-Whitney test เพื่อดูผลของรูปร่างและสีต่อการรับรู้และจดจำของการหาอาหารของผึ้งในแต่ละชนิด และดูการเลือกทิศทางเข้าหาวัตถุของผึ้งในแต่ละชนิด

**สถานที่ทำการทดลอง การวิจัยนี้ ทำการทดลอง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ราชบุรี ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

** การกำหนดรหัสสีที่ใช้ในการทดลอง HEX color code
สีขาว (white) Hex# fffff
สีเหลือง (yellow) Hex# ffff00
สีบานเย็น (magenta) Hex# ff00ff

บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล
(Results and Discussion)

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ปัจจัยของรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

4.2 ปัจจัยของสีที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

4.1 ปัจจัยของรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

หลังจากที่ผึ้งทุกตัวในแต่ละชนิด (ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม) ที่ใช้ในการทดลองได้รับการฝึกหัด (training) แล้วจึงทดสอบการเลือกเข้าหารูปร่างและเป้าหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปร่างมี 3 แบบ คือ สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยมและวงกลม เพื่อศึกษาการจดจำรูปร่าง ตามตัวแปร (parameter) ที่กำหนด คือ รูปร่าง และตำแหน่งของทิศทาง (ซ้ายและขวา) ของรูปร่างเป้าหมายสลับกับรูปร่างฉากกั้น เพื่อป้องกันการเรียนรู้ทิศทางของผึ้ง จำนวนผึ้งแต่ละชนิดและรูปร่างในรูปแบบต่างๆที่ใช้ในการศึกษาแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1 บันทึกข้อมูลการเลือกเข้าหารูปร่างโดยนับจำนวนครั้งที่ผึ้งเดินบนรูปร่างนั้น (landing) ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตารางที่ 4.1 – 4.7

ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา)ในผึ้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.1 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งพันธุ์

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	69.85
วงกลม	57.25
สี่เหลี่ยม	54.40

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ วงกลมและสี่เหลี่ยมตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สามเหลี่ยม = 69.85 วงกลม = 57.25 และสี่เหลี่ยม = 54.40

ตารางที่ 4.2 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งโพรง

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	56.84
วงกลม	61.21
สี่เหลี่ยม	63.45

ผึ้งโพรง มีการเลือกเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ วงกลมและสามเหลี่ยมตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สี่เหลี่ยม = 63.45 วงกลม = 61.21 และสามเหลี่ยม = 56.84

ตารางที่ 4.3 ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ โดยไม่แยกทิศทาง (ซ้ายและขวา) ในผึ้งมิ้ม

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	64.98
วงกลม	54.50
สี่เหลี่ยม	62.02

ผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือสี่เหลี่ยมและวงกลมตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test มีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สามเหลี่ยม = 64.98 สี่เหลี่ยม = 62.02 และวงกลม = 54.50

จากผลการทดลองสรุปว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ในขณะที่ผึ้งโพรง มีการเลือกเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ระหว่างทิศทางด้านซ้ายและด้านขวาของผึ้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ระหว่างที่อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม

ชนิดผึ้ง	Mean Rank	
	ทางซ้าย	ทางขวา
ผึ้งพันธุ์	67.34	53.66
ผึ้งโพรง	69.57	51.43
ผึ้งมิ้ม	65.26	55.74

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.031) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ทางซ้าย = 67.34 และทางขวา = 53.66

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.004) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ซ้าย = 69.57 ขวา = 51.43

สำหรับผึ้งมิ้ม การเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายและด้านขวาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ซ้าย = 65.26 ขวา = 55.74

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผึ้งมิ้มนั้นการเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายและด้านขวาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งแต่ละชนิด

จากผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆในแต่ละทิศทางพบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างที่อยู่ตำแหน่งทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวา จึงวิเคราะห์ผลการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งแต่ละชนิด แสดงรายละเอียดตารางที่ 4.5-4.7

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างเฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	30.88
วงกลม	30.80
สี่เหลี่ยม	29.83

ผึ้งพันธุ์เลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายที่เป็นรูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ วงกลมและสี่เหลี่ยมตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สามเหลี่ยม = 30.88 วงกลม = 30.80 และสี่เหลี่ยม = 29.83

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างเฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งโพรง

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	27.25
วงกลม	31.35
สี่เหลี่ยม	32.90

ผึ้งโพรงเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายที่เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ วงกลมและสามเหลี่ยมตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สี่เหลี่ยม = 32.90 วงกลม = 31.35 และสี่เหลี่ยม = 27.25

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างเฉพาะทางด้านซ้ายในผึ้งมิ้ม

รูปร่าง	Mean Rank
สามเหลี่ยม	36.53
วงกลม	29.95
สี่เหลี่ยม	25.03

ผึ้งมิ้มเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายที่เป็นรูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ วงกลมและสี่เหลี่ยมตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สามเหลี่ยม = 36.53 วงกลม = 29.95 และสี่เหลี่ยม = 25.03

จากผลการทดลองเรื่องการเลือกเข้าหารูปร่างของผึ้งในแต่ละชนิด สรุปได้ว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ในขณะที่ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อวิเคราะห์ผลโดยนำเรื่องทิศทางการเลือกเข้าหารูปร่างในผึ้งแต่ละชนิดสรุปได้ว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงทิศทางมีผลต่อการเข้ารูปร่างโดยเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผึ้งมิ้มทิศทางไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่าง และเมื่อเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้าย พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ผึ้งโพรงเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเลือกเข้าหารูปร่างที่ไม่ได้มีการแยกทิศทางด้านซ้ายและทางด้านขวา

4.2 ผลปัจจัยของสีที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง

จากผลการทดลองที่ 4.1 พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด สำหรับผึ้งโพรงเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุด จึงนำรูปร่างที่ดีที่สุดมาทดสอบการเลือกเข้าหาสีของผึ้ง โดยสีที่ศึกษา 3 สี คือ สีเหลือง สีขาว และสีบานเย็น ซึ่งมีรายละเอียดของตัวแปรในการศึกษา คือ รูปร่าง สี ทิศทางการเลือกเข้าหา(ด้านซ้ายและด้านขวา) และจำนวนผึ้ง ดังตารางที่ 3.2 บันทึกข้อมูลการเลือกเข้าหาสีโดยนับจำนวนครั้งที่ผึ้งเดินบนรูปร่างในแต่ละสี (landing) ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตารางที่ 4.8- 4.21

ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ ตามรูปร่างที่กำหนดโดยไม่แยกทิศทาง (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.8 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆของรูปร่างสามเหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งพันธุ์

สีของรูปร่างสามเหลี่ยม	Mean Rank
เหลือง	45.81
ขาว	19.79
บานเย็น	43.90

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 45.81 สีบานเย็น = 43.90 และสีขาว = 19.79

ตารางที่ 4.9 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งโพรง

สีของรูปร่างสี่เหลี่ยม	Mean Rank
เหลือง	43.29
ขาว	24.25
บานเย็น	41.96

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.002) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 43.29 สีบานเย็น = 41.96 และสีขาว = 24.25

ตารางที่ 4.10 ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมโดยไม่แยกทิศทาง (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งมิ้ม

สีของรูปร่างสามเหลี่ยม	Mean Rank
เหลือง	41.52
ขาว	26.56
บานเย็น	41.42

ผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด รองลงมาคือสีบานเย็นและสีขาว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.017) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 41.52 สีบานเย็น = 41.42 และสีขาว = 26.56

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าผึ้งทั้ง 3 ชนิด ทั้งผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นและสีขาวโดยไม่มีการการแยกทิศทางการเข้าหาสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีในรูปร่างที่ดีที่สุดระหว่างทิศทาง (ด้านซ้ายกับด้านขวา)ของผึ้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีในรูปร่างที่ดีที่สุดระหว่างทิศทาง(ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้ม

ชนิดผึ้ง	รูปร่าง	สี	Mean Rank	
			ด้านซ้าย	ด้านขวา
ผึ้งพันธุ์	สามเหลี่ยม	เหลือง ขาวและบานเย็น	47.54	25.46
ผึ้งโพรง	สี่เหลี่ยม	เหลือง ขาวและบานเย็น	44.47	28.53
ผึ้งมิ้ม	สามเหลี่ยม	เหลือง ขาวและบานเย็น	45.83	27.17

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีรูปร่างสามเหลี่ยมทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test มีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ซ้าย = 47.54 ขวา = 25.46

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีรูปร่างสี่เหลี่ยมทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.001) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test มีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ซ้าย = 44.47 ขวา = 28.53

สำหรับผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีรูปร่างสามเหลี่ยมทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test มีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) ซ้าย = 45.83 ขวา = 27.17

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าผึ้งทั้ง 3 ชนิด ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีทุกสีตามรูปร่างที่กำหนดที่อยู่ทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการเลือกเข้าหาสีต่างๆ ตามรูปร่างที่กำหนดในที่อยู่ในแต่ละด้าน (ด้านซ้ายและด้านขวา) ในผึ้งแต่ละชนิด

จากผลการทดลองการเลือกเข้าหาสีทุกสีตามรูปร่างที่กำหนดพบว่าผึ้งทุกชนิดมีการเลือกเข้าหาสีที่อยู่ด้านซ้ายมากกว่าด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ข้อมูลการเลือกเข้าหาสีตามรูปร่างที่กำหนดในแต่ละด้าน (ด้านซ้ายและด้านขวา) ของผึ้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์

สี	Mean Rank
เหลือง	27.13
ขาว	6.58
บานเย็น	21.79

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ทางด้านซ้ายมากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาวตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 27.13 สีบานเย็น = 21.29 และสีขาว = 6.58

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งโพรง

สี	Mean Rank
เหลือง	25.79
ขาว	8.88
บานเย็น	20.83

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ทางด้านซ้ายมากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาวตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 25.79 สีบานเย็น = 20.83 และสีขาว = 8.88

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งมิ้ม

สี	Mean Rank
เหลือง	19.67
ขาว	16.63
บานเย็น	19.21

ผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ทางด้านซ้ายมากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาวตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 19.67 สีบานเย็น = 19.21 และสีขาว = 16.63

จากผลการทดลองสรุปว่าในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงทิศทาง (ด้านซ้าย) มีผลต่อการเลือกเข้าหาสี โดยพบว่าผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผึ้งมิ้มทิศทางไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหาสี แต่ก็ยังพบว่าสีที่เลือกคือสีเหลืองมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองและสีบานเย็นตามรูปร่างที่กำหนดใกล้เคียงกัน จึงนำผลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างการเลือกเข้าหาระหว่างสีเหลืองกับสีบานเย็นของผึ้ง

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีเหลืองกับสีบานเย็นรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งพันธุ์

สี	Mean Rank
เหลือง	15.13
บานเย็น	9.88

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นที่อยู่ด้านซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% (p - value = 0.069) เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 15.13 สีบานเย็น = 9.88

ตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีเหลืองกับสีบานเย็นรูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านซ้ายในผึ้งโพรง

สี	Mean Rank
เหลือง	14.29
บานเย็น	10.71

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นที่อยู่ด้านซ้าย แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 14.29 สีบานเย็น = 10.71

สรุปผลคือ ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นที่อยู่ทางด้านซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผึ้งโพรงไม่มีความแตกต่างในการเลือกเข้าหาสีเหลืองกับสีบานเย็นของรูปร่างที่กำหนดที่อยู่ทางด้านซ้าย

ตารางที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งพันธุ์

สี	Mean Rank
เหลือง	20.67
ขาว	11.21
บานเย็น	23.63

ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีบานเย็นรูปร่างสามเหลี่ยมทางด้านขวามากที่สุด รองลงมาคือสีเหลืองและสีขาวตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีบานเย็น = 23.63 สีเหลือง = 20.67 และสีขาว = 11.21

ตารางที่ 4.18 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆ รูปร่างสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งโพรง

สี	Mean Rank
เหลือง	19.63
ขาว	15.96
บานเย็น	19.92

ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสี่เหลี่ยมทางด้านขวามากที่สุด รองลงมาคือ สีบานเย็นและสีขาวตามลำดับ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีเหลือง = 19.63 สีบานเย็น = 19.92 และสีขาว = 15.96

ตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาสีต่างๆรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านขวาในผึ้งมิ้ม

สี	Mean Rank
เหลือง	22.67
ขาว	8.33
บานเย็น	24.50

ผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีบานเย็นรูปร่างสามเหลี่ยมทางด้านขวามากที่สุด รองลงมาคือสีเหลืองและสีขาวตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p - value = 0.000) เมื่อทดสอบด้วย Kruskal - Wallis test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีบานเย็น = 24.50 สีเหลือง = 22.67 และสีขาว = 8.33

จากผลการทดลองสรุปว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มทิศทาง (ด้านขวา) มีผลมีการเลือกเข้าหาสีบานย็นรูปร่างสามเหลี่ยม ในขณะที่ผึ้งโพรงทิศทางไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหาสีเหลืองรูปร่างสี่เหลี่ยม

นอกจากนี้พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมใกล้เคียงกัน จึงนำผลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างของการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองของผึ้ง

ตารางที่ 4.20 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ทางด้านขวาในผึ้งพันธุ์

สี	Mean Rank
เหลือง	11.46
บานเย็น	13.54

การเลือกเข้าหาระหว่างสีบานย็นกับสีเหลืองที่อยู่ด้านขวาของผึ้งพันธุ์พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีบานเย็น = 13.54 สีเหลือง = 11.46

ตารางที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองรูปร่างสามเหลี่ยมที่อยู่ทางด้านขวาในผึ้งมิ้ม

สี	Mean Rank
เหลือง	11.71
บานเย็น	13.29

การเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นกับสีเหลืองที่อยู่ด้านขวาของผึ้งมิ้มพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วย Mann – Whitney test โดยมีค่าเฉลี่ย (Mean Rank) สีบานเย็น = 13.29 สีเหลือง = 11.71

สรุปผล คือ ทิศทาง (ด้านขวา) ไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหาระหว่างสีบานเย็นและสีเหลืองในผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้ม

จากผลการทดลองเรื่องปัจจัยของรูปร่างที่มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง สรุปผล คือ ผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ในขณะที่ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ารูปร่างมีความสัมพันธ์ต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง ซึ่งผลนี้ไม่สอดคล้องกับผลวิจัยของ Guez และคณะ (2560) พบว่าผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหารูปร่างวงกลมมากที่สุด รองลงมาคือสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม การที่ผึ้งโพรงเลือกเข้าหารูปร่างวงกลมมากที่สุดอาจเป็นเพราะรูปร่างวงกลมผึ้งสามารถรับรู้ได้ในระยะไกล อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยหลายงานวิจัยในเรื่องของรูปร่างพบว่ายังหาข้อสรุปที่ชัดเจนไม่ได้ว่ารูปร่างใดมีความสัมพันธ์กับการเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งพันธุ์ มีรายงานการวิจัยผึ้งพันธุ์มีการรับรู้การเลือกในรูปแบบของขอบ รัศมี การแบ่งเป็นสองด้าน (bilateral) รูปหลายเหลี่ยมแบบนูน (convex) ผึ้งพันธุ์มีการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบมารวมกันจึงยังสรุปไม่ได้ว่าผึ้งพันธุ์มีการแยกแยะรูปแบบ รูปทรงที่ชัดเจน (Lehrer and Campan, 2005; Graham *et al*., 2004; Hempel and Giurfa, 2003; Stach and Giurfa, 2001: 2015) สำหรับงานวิจัยในผึ้งมิ้มยังไม่มีผู้ใดทำงานวิจัยมาก่อน งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกซึ่งผลที่ได้คือผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากกว่าวงกลมและสี่เหลี่ยม แต่ก็ยังสรุปได้ไม่ชัดเจนว่ารูปร่างใดมีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารในผึ้งมิ้ม

สำหรับการศึกษาในเรื่องทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่างในผึ้ง พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรง มีการเลือกเข้าหารูปร่างทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในผึ้งมิ้มทิศทางไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่าง และเมื่อเปรียบเทียบการเลือกเข้าหารูปร่างต่างๆ ที่อยู่เฉพาะทางด้านซ้าย พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มเข้าหารูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ผึ้งโพรงเข้าหารูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเลือกเข้าหารูปร่างที่ไม่ได้มีการแยกทิศทางด้านซ้ายและทางด้านขวา อย่างไรก็ตามสรุปได้ว่าทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่างในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรง การที่ทิศทางทางด้านซ้ายมีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่างนั้นอาจเป็นเพราะการตั้ง Y – maze ที่ใช้ในการศึกษาหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ และช่วงเวลาที่ทำการศึกษาอยู่ระหว่าง 9.00 -14.00 น.

ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปตะวันตก ซึ่งตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีผลต่อมุมทิศทางของการเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้ง (Duangphakdee *et al*., 2011; Rod-im *et al*., 2015) และการที่ทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงอาจเป็นเพราะผึ้งทั้ง 2 ชนิดเป็นผึ้งสร้างรวงรังหลายชั้น (cavity honey bees) อยู่ในโพรงส่งผลให้การรับแสงไม่ทั่วถึงตลอดทั้งรัง ดังนั้นแสงและทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์อาจมีผลต่อมุมการเข้าหาของแหล่งอาหาร ซึ่งแตกต่างจากผึ้งมิ้มเพราะผึ้งมิ้มเป็นผึ้งที่สร้างรวงรังเดี่ยว (dwarf honey bees) อยู่บนต้นไม้ ทำให้รังผึ้งได้รับแสงตลอดวันอย่างทั่วถึงจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แสง ทิศทาง และการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ไม่มีผลต่อการเข้าหาแหล่งอาหาร

ผลปัจจัยของสีต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งพบว่าผึ้งทั้ง 3 ชนิด ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นและสีขาวตามรูปร่างที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหาสี คือ ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีทุกสีรวมกันทางด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อวิเคราะห์แยกข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างทิศทางด้านซ้ายกับด้านขวามีผลต่อการเลือกเข้าหาสีเหลืองของผึ้ง พบว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงทิศทาง (ด้านซ้าย) มีผลต่อการเลือกเข้าหาสีเหลือง ในขณะที่ผึ้งมิ้มทิศทางไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหาสีเหลือง แต่เมื่อสรุปผลของทิศทาง (ด้านขวา) ต่อการเลือกเข้าหาสี กลับพบว่าทิศทาง (ด้านขวา) ทำให้ผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มเลือกเข้าหาสีบานเย็นมากกว่าสีเหลือง ในขณะที่ผึ้งโพรงทิศทางด้านขวาไม่มีผลต่อการเลือกเข้าหาสี จึงสรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดได้ว่าผึ้งทั้ง 3 ชนิด ผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากที่สุด ผึ้งพันธุ์มีการเลือกเข้าหาสีเหลืองมากที่สุดซึ่งผลนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยของมนัญญา และคณะ (2017) ศึกษาปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง พบว่าผึ้งพันธุ์เข้าผสมเกสรของดอกสีบานเย็นมากที่สุด และจากผลวิจัยของ Giurfa และคณะ (1995) ผึ้งพันธุ์ *A. mellifera ligustica* เข้าหาสีม่วงมากกว่าสีน้ำเงินมากกว่า สีเหลือง ซึ่งมีผลเหมือนกับการศึกษาในประเทศยุโรปคือผึ้งพันธุ์เลือกเข้าหาสีในช่วงความยาวคลื่น 400-450 nm. ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นของสีม่วง อย่างไรก็ตามมีการศึกษาในประเทศออสเตรเลียพบว่าผึ้งพันธุ์เลือกเข้าหาสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน (Guez *et al*., 2010; 2012) ซึ่งผลเหมือนกับการทดลองนี้คือผึ้งพันธุ์เข้าหาสีเหลืองมากที่สุด อาจเป็นเพราะเมื่อผึ้งพันธุ์ถูกนำเข้ามาที่ประเทศออสเตรเลียรวมทั้งประเทศไทยจึงเกี่ยวข้องกับการวิวัฒนาการประกอบกับสัดส่วนของดอกไม้สีเหลืองในทวีปเอเชียมีสัดส่วนมากกว่าสีอื่น ในขณะที่ในทวีปยุโรปสีม่วงและสีน้ำเงินเป็นสีของดอกไม้ที่มีสัดส่วนมากเมื่อเทียบกับสีอื่น (Giurfa *et al*., 1995) สำหรับผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าสีเหลืองมากที่สุดซึ่งมีผลแตกต่างจากงานวิจัย มนัญญา และคณะ (2560) พบว่าผึ้งโพรงเลือกเข้าหาสีส้มมากกว่าสีเหลือง แต่ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Guez และคณะ (2017) รายงานว่าผึ้งโพรงเลือกเข้าสีเหลืองมากที่สุด เช่นเดียวกับผึ้งมิ้มเลือกเข้าหาสีเหลืองมากที่สุดซึ่งผลเหมือนกับงานวิจัยของ มนัญญา และคณะ (2560) เหตุผลที่ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มเลือกเข้าหาสีเหลืองมากที่สุดอาจเป็นเพราะสัดส่วนสีของดอกไม้สีเหลืองมีสัดส่วนมากกว่าสีอื่นในประเทศออสเตรเลียและประเทศไทย

ในเรื่องปัจจัยของทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหาสีของผึ้ง พบว่า ทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหาสีเหลืองในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรง แต่ไม่มีผลต่อการเลือกเข้าสีเหลืองในผึ้งมิ้ม ซึ่งเหมือนกับผลของทิศทางต่อการเลือกเข้าหารูปร่าง และเป็นเหตุผลเดียวกันคือแสงและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกมีผลต่อมุมการเข้าหาของแหล่งอาหาร ซึ่งมีผลต่อผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงแต่ไม่มีผลต่อผึ้งมิ้ม

5.สรุปและข้อเสนอแนะ
(Conclusions and Recommendations)

ผลของรูปร่างของแหล่งอาหารต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งหาอาหาร พบว่า ผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสามเหลี่ยมมากกว่าแหล่งอาหารรูปร่างสี่เหลี่ยมและวงกลมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสี่เหลี่ยมมากกว่าแหล่งอาหารรูปร่างสามเหลี่ยมและวงกลมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสามเหลี่ยมมากที่สุด ส่วนผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสี่เหลี่ยมมากที่สุด อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ารูปร่างของแหล่งอาหารมีความสัมพันธ์ต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งหาอาหารทั้ง 3 ชนิด

ผลของสีของแหล่งอาหารต่อการเลือกเข้าหาของผึ้งหาอาหาร พบว่า ผึ้งทั้ง 3 ชนิดมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารสีเหลืองมากกว่าสีบานเย็นและสีขาวอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติ สรุปได้ว่าผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรงและผึ้งมิ้มมีการเข้าหาแหล่งอาหารที่มีสีเหลืองตามรูปร่างที่ผึ้งแต่ละชนิดเลือกเข้าหามากที่สุด นั้นคือ ผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสามเหลี่ยมสีเหลืองมากที่สุด ในขณะที่ผึ้งโพรงมีการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารรูปร่างสี่เหลี่ยมสีเหลืองมากที่สุด

นอกจากนี้พบว่าทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหารูปร่างและสีของแหล่งอาหารของผึ้ง คือทิศทางด้านซ้ายมีผลต่อการเข้าหารูปร่างและสีของแหล่งอาหารมากกว่าทิศทางด้านขวา เพราะทิศทางด้านซ้ายคือทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก อย่างไรก็ตามทิศทางมีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารในผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงแต่ไม่มีผลต่อผึ้งมิ้ม อาจเป็นเพราะผึ้งพันธุ์และผึ้งโพรงสร้างรังอยู่ในโพรงส่งผลให้การรับแสงไม่ทั่วถึงตลอดรัง ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์มีผลต่อการเลือกเข้าหาแหล่งอาหาร ซึ่งแตกต่างจากผึ้งมิ้มที่สร้างรังอยู่บนต้นไม้ ทำให้รังได้รับแสงอย่างทั่วถึงตลอดวันทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ไม่มีผลต่อการเข้าหาแหล่งอาหาร

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเพิ่มเติมโดยมีรูปร่างของแหล่งอาหารหลากหลายมากขึ้น และในแต่ละรูปร่างมีรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนว่ารูปร่างใดมีความสัมพันธ์กับการเลือกเข้าหาแหล่งอาหารของผึ้งแต่ละชนิด
2. การปลูกดอกไม้ที่เป็นพืชอาหารของผึ้งพันธุ์และผึ้งมิ้มควรปลูกดอกไม้รูปทรงสามเหลี่ยมสีเหลืองและควรปลูกดอกไม้รูปทรงสี่เหลี่ยมสีเหลืองเพื่อเป็นพืชอาหารของผึ้งโพรง และควรปลูกดอกไม้หันหน้าไปทางทิศตะวันออกในตอนเช้า

เอกสารอ้างอิง
(References)

มนัญญา เพียรเจริญ ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน วรากร รัตนอารีกุล และ สุภาวดี ชมพูพันธุ์. 2560. ปัจจัยของสีและขนาดของดอกไม้ที่มีผลต่อการเข้าผสมเกสรของผึ้ง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 29 หน้า

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2532. ชีววิทยาของผึ้ง.กรุงเทพฯ: แสงศิลป์การพิมพ์.

อาณัฐ ตันโช. 2549. เกษตรธรรมชาติ. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 7(3): 32-37.

Bradshaw A. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advance Genetic 13: 115-156.

Duangphakdee O., Radloff S.E. and Hepburn R. 2011. Waggle dances and azimuthal windows. Psyche DOI: 10.1155/2011/318985

Doull K. M. 1975. Pollen supplements - Relationships between supplements, pollen and brood rearing. American Bee Journal 115: 14-15.

Ellis A., Ellis J., O'Malley M. and Nalen Z. C. 2010, The Benefits of pollen to honey bees, one of a series of the Entomology and Nematology Department, University of Florida, p. 1-4.

Graham P., Durier V. and Collett T.S. 2004. The binding and recall of snapshot memories in wood ants (*Formica rufa L*.). Journal of Experimental Biology. 207: 393-8.

Giurfa M., Nunez J., Chittka L. and Menzel R. 1995. Colour preferences of flower-naive honeybees. Journal of Comparative Physiology A 177: 247-259.

Giurfa M., Vorobyev M., Kevan P. and Menzel R. 1996. Detection of coloured stimuli by honeybees: Minimum visual angles and receptor specific contrasts. Journal of Comparative Physiology A 178: 699-709.

Guez D., Sabias L. and Griffin A.S. 2017. Colour and shape preferences of *Apis cerana* (Java genotype) in Australia. Bulletin of Insectology 70 (1): 267-272.

Guez D., Zhu H., Zhang S. W. and Srinivasan M. V. 2010. Enhanced cholinergic transmission promotes recall in honeybees. Journal of Insect Physiology 56: 1341-1348.

Guez D., Zhu H. and Zhang S.W. 2012. Improved cholinergic transmission is detrimental to behavioural plasticity in honeybees (*Apis mellifera*). Biology 1: 508-520.

Hempel de I.N. and Giurfa M. 2003. Discrimination of closed coloured shapes requires only contrast to the long wavelength receptor. Animal Behaviour. 66:903–10.

Horridge A. 2000. Seven experiments on pattern vision of the honeybee, with a model. Vision Research. 40: 2589-2603.

Human H., Nicolson S.W., Strauss K., Pirk C.W.W. and Dietemann V. 2007, Influence of pollen quality on ovarian development in honeybees (*Apis mellifera scutellata)*. Journal of Insect Physiology 53: 649–655.

Lehrer M. and Bischof S. 1995. Detection of model flowers by honeybees: the role of chromatic and achromatic contrast. Naturwissenschaften 82: 145-147.

Lehrer M. and Campan R. 2005. Generalization of convex shapes by bees: what are shapes made of?. Journal of Experimental Biology. 208: 3233-3247.

Martin N.H. 2004. Flower size preferences of the honeybee (*Apis mellifera*) foraging on *Mimulus guttatus* (Scrophulariaceae) Evolutionary Ecology Research 6: 777–782.

Raguso R.A. 2008. Wake Up and Smell the Roses: The Ecology and Evolution of Floral Scent. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 39: 549-569.

Rod-im P., Duangphakdee O., Radloff S.E., and Pirk C.W.W. and Hepburn R. 2015. Azimuth-dependent waggle dances; flight and foraging activities of the red dwarf honeybee, *Apis florea* Fabricius (1787). Journal of Apicultural Research 54(3): 246-254.

Schmidt J.O., Thoenes S.C. and Levin M.D. 1987, Survival of Honey Bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), fed various pollen sources, Annals of the Entomological Society of America 80(2): 176-183

Spaetthe J., Tautz J. and Chittka L. 2001. Visual constraints in foraging bumblebees: flower size and colour affect search time and flight behaviour. Proceeding of the National Academy of Science 98: 3898-3903.

Srinivasan V.M. 2006. Honeybee vision: in good shape for shape recognition. Current Biology 16(2): 58-60.

Stach S. and Giurfa M. 2001. How honeybees generalize visual patterns to their mirror image and left-right transformation. Animal Behaviour. 62: 981–91.

Stach S, Giurfa M. 2005. The influence of training length on generalization of visual feature assemblies in honeybees. Behavioural Brain Research 161: 8–17.

Waser N. and Chittka L. 1998. Bedazzled by flowers. Nature. 394: 835-836.

Whitney H.M. and Glover B.J. 2007. Morphology and development of floral features recognized by pollinators. Arthropod-Plant Interaction 1: 147-158.