RECEIVED
BY DATE 28/4/51

ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำหวานและการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)

The Relationship between Nectar Sources and Visits of the Cave Nectarivorous Bat (*Eonycteris spelaea* Dobson)

เอกพงศ์ ศรีเปารยะ
Ekapong Sripaoraya

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Master of Science Thesis in Zoology
Prince of Songkla University
2548

ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำหวานและการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)

The Relationship between Nectar Sources and Visits of the Cave Nectarivorous Bat (*Eonycteris spelaea* Dobson)

เอกพงศ์ ศรีเปารยะ

Ekapong Sripaoraya

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Zoology

Prince of Songkla University

2548

เลขหมู่ QL737 C575 อ72 ส548ค 2

ชื่อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำหวานและการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)
ผู้เขียน	นายเอกพงศ์ ศรีเปารยะ
สาขาวิชา	สัตววิทยา

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สาระ บำรุงศรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล มีสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร โสตถิพันธุ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สาระ บำรุงศรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล มีสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร โสตถิพันธุ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริทธิ์ สีตะสุวรรณ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรไกร เพิ่มคำ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำหวานและการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)

ผู้เขียน นายเอกพงศ์ ศรีเปารยะ

สาขาวิชา สัตววิทยา

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea*) ในสภาวะธรรมชาติ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกพืชกับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกเหรียง (*Parkia timoriana* Merr.) (Leguminosae), นุ่น (*Ceiba pentandra* Gaertn.) (Bombacaceae), สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) (Leguminosae), เพกา (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) (Bignoniaceae) และกล้วย (*Musa* spp.) (Musaceae) จากการศึกษาพบว่า ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดสูงที่สุดในช่วงเวลาที่มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในดอกเหรียง นุ่น และสะตอ (พืชในกลุ่ม Mass flowering : ออกดอกครั้งละมากๆในระยะเวลาสั้นๆ) แต่ไม่เป็นเช่นนั้นในเพกาและกล้วย (พืชในกลุ่ม Steady state flowering : ออกดอกครั้งละน้อยๆแต่ระยะเวลานาน) ส่วนรูปแบบการมาเยือนของค้างคาวในพืชแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ แบบต่อเนื่อง พบได้ในเหรียง สะตอ และเพกา และแบบไม่ต่อเนื่อง พบได้ในนุ่นและกล้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิด รูปแบบการมาเยือนของค้างคาวแบบต่อเนื่องพบในดอกพืชที่มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูง ส่วนรูปแบบการมาเยือนของค้างคาวแบบไม่ต่อเนื่องพบในดอกพืชที่มีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่ำ มีความแตกต่างระหว่างเพศของค้างคาวเล็บกุดที่เข้ามาเยือนนุ่น สะตอ และกล้วย กล่าวคือ สัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศเมียที่มาเยือนนุ่นและสะตอมากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ และพบสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ที่มาเยือนกล้วยมากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศเมีย

Thesis Title	The Relationship between Nectar Sources and Visits of the Cave Nectarivorous Bat (*Eonycteris spelaea* Dobson)
Author	Mr.Ekapong Sripaoraya
Major Program	Zoology
Academic Year	2004

Abstract

The feeding behaviour of the cave nectarivorous bat (*Eonycteris spelaea*) was investigated under natural conditions. The relationship between frequency of visits by this bat and nectar secretion rate of bat – pollinated plants : Riang (*Parkia timoriana* Merr.) (Leguminosae), White silk cotton tree (*Ceiba pentandra* Gaertn.) (Bombacaceae), Petai (*Parkia speciosa* Hassk.) (Leguminosae), Indian Trumpet Flower (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) (Bignoniaceae) and Banana (*Musa* spp.) (Musaceae), was examined. The highest frequency of visits of *E. spelaea* coincided with the highest nectar secretion rates of *P. timoriana*, *C. pentandra* and *P. speciosa* (mass flowering plants), but not in *O. indicum* and *Musa* (steady state flowering plants). The temporal pattern of visits can be categorised into two patterns: continuous and periodic visits. The continuous pattern of visit was found in *P. timoriana*, *P. speciosa* and *O. indicum*, and periodic pattern of visit was found in *C. pentandra* and *Musa*. These patterns of visits were influenced by nectar secretion rates of flowers in each plant species. Continuous visits found in plants with high nectar secretion rates whereas periodic visits appeared in plants with low nectar secretion rates. There were differences in sex ratios of the cave nectarivorous bat that visited mass flowering plants and steady state flowering plants. Higher proportions of female bats visited flowers of mass flowering plants than males. On the other hand, a higher proportion of male bats visited flowers of steady state flowering plants than females.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.สาระ บำรุงศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำพล มีสวัสดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร โสตถิพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริทธิ์ สีตะสุวรรณ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรไกร เพิ่มคำ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (รหัสโครงการBRT T_347006) ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รวมทั้งบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนวิจัย

ขอขอบคุณ ดร.สาระ บำรุงศรี คุณนันทิดา เรืองศรี คุณยุพา คงทอง คุณปฤศณา เรืองรัตน์ คุณศุภสิทธ์ บุญเพียรผล คุณจุฑา อินแป้น และคุณอมร ประจักษ์จิตร ที่ให้ความช่วยเหลือและจัดหาอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลในภาคสนาม รวมทั้งคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบเท้าขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ทุ่มเทกำลังทรัพย์และกำลังใจอย่างดียิ่ง เพื่อสนับสนุนให้การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ความดีและผลอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพ

เอกพงศ์ ศรีเปารยะ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(7)
รายการภาพประกอบ	(8)
บทที่	
1. บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	3
2. ขั้นตอนการศึกษา	11
3. ผลการศึกษา	15
4. อภิปรายผล	27
สรุปผลการศึกษา	37
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	42
ประวัติผู้เขียน	49

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ความแตกต่างของช่วงเวลาการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (รวมถึงความแตกต่างของภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย) ที่ต้นนุ่น (5 คืน) ต้นสะตอ (5 คืน) และต้นกล้วย (5 คืน) 24
2. ความเข้มข้นของโปรตีน (%โปรตีน) โซเดียม (มิลลิกรัม/ลิตร) โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ลิตร) แคลเซียม (มิลลิกรัม/ลิตร) และฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำหวานของดอกเหรียง นุ่น สะตอ เพกา และกล้วย 25
3. ปริมาณโปรตีน (%โปรตีน) โซเดียม (ไมโครกรัม) โพแทสเซียม (ไมโครกรัม) แคลเซียม (ไมโครกรัม) และฟอสฟอรัส (ไมโครกรัม) ในน้ำหวานของดอกเหรียง นุ่น สะตอ เพกา และกล้วย ที่ค้างคาวจะได้รับจากการมาเยือนในแต่ละครั้ง โดยคำนวณจากปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยของแต่ละดอกที่ผลิตได้ตลอดทั้งคืน คูณความเข้มข้นของสารอาหารและแร่ธาตุที่วิเคราะห์ได้หารด้วยจำนวนครั้งการมาเยือนตลอดทั้งคืนโดยเฉลี่ยของแต่ละดอก 26

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.	ดอกพืชที่เลือกศึกษาทั้ง 5 ชนิด (จากซ้ายไปขวา) : เหรียง, นุ่น, สะตอ, เพกา และ กล้วย	11
2.	การเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง	12
3.	การเก็บน้ำหวานจากดอกเหรียงโดยใช้หลอดหยด	13
4.	อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกเหรียง (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา	15
5.	อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกนุ่น (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกนุ่น (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา	16
6.	อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกสะตอ (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกสะตอ (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา	17
7.	อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกเพกา (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเพกา (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา	18
8.	อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกกล้วย (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกกล้วย (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา	19
9.	ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)	21
10.	ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกสะตอ (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)	22
11.	ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเพกา (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)	22
12.	ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกนุ่น (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)	23
13.	ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกกล้วย (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)	23

1. บทนำ

การคัดเลือกทางธรรมชาติเป็นการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นอาศัยอยู่ ซึ่งสิ่งแวดล้อมนั้นไม่ได้หมายความเฉพาะทางกายภาพเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ร่วมกัน การปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดอิทธิพลที่รุนแรงต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น และเมื่อการเปลี่ยนแปลงทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตหนึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งในบางกรณีเกิดเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน ทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งสองชนิดหรือมากกว่านั้นสามารถอยู่รอดได้ดีและดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ในธรรมชาติ โดยลักษณะดังกล่าวอาจจะเกิดจากกระบวนการวิวัฒนาการร่วม (Coevolution) (Rahn, 1980 ; Barnard, 1983)

วิวัฒนาการร่วมระหว่างพืชกับสัตว์ในลักษณะพืชกับผู้ผสมเกสร ทำให้พืชและสัตว์มีการปรับเปลี่ยนลักษณะบางประการเพื่อให้เหมาะสมและเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน ในส่วนของพืชมีวิวัฒนาการของดอกเพื่อดึงดูดและให้เหมาะสมกับผู้ผสมเกสรชนิดนั้นๆเช่น เวลาบานของดอก รูปร่าง สี กลิ่น ปริมาณน้ำหวาน จำนวนละอองเกสรตัวผู้ และตำแหน่งของดอก เป็นต้น (Faegri and van der Pijl, 1971 in Bawa, 1990) ส่วนผู้ผสมเกสรก็มีวิวัฒนาการในด้านสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และวิธีการหากิน เป็นต้น (Barnard, 1983) โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับสัตว์ในลักษณะนี้จะได้รับประโยชน์ร่วมกันทั้งสองฝ่ายคือ พืชได้รับการผสมเกสร (มีโอกาสเป็นแบบข้ามสูง ซึ่งเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด) และสัตว์ได้รับประโยชน์สูงสุดจากการหาอาหาร

อาหารแต่ละชนิดที่สัตว์เลือกกินนั้น ย่อมมีค่าการลงทุน (cost) ในเรื่องของพลังงานที่ใช้ในการค้นหาและกินอาหาร และมีค่าการตอบแทน (benefit) ในเรื่องของพลังงานที่ได้รับสุทธิจากอาหารแตกต่างกัน แต่ถ้าหากพืชอาหารและสัตว์ชนิดนั้นๆมีวิวัฒนาการร่วมกันในเชิงของพืชกับผู้ผสมเกสร การกินอาหารของผู้ผสมเกสรจากพืชที่เป็นแหล่งอาหารชนิดนั้น ควรจะได้รับประโยชน์สูงสุดจากการกินอาหารแต่ละครั้ง นั่นก็คือ ผู้ผสมเกสรควรมีระดับกิจกรรมของการกินอาหารที่สัมพันธ์กับปริมาณอาหาร ณ ช่วงเวลาต่างๆในแหล่งอาหารนั้นๆ เพราะเมื่อพิจารณาในเชิงของวิวัฒนาการแล้ว พฤติกรรมใดๆที่ส่งผลให้สัตว์ชนิดนั้นอยู่รอดได้ดีที่สุดในธรรมชาติ จะเป็นลักษณะที่ถูกคัดเลือกให้สามารถดำรงอยู่ต่อไป แต่เมื่อพิจารณาเพียงภายในช่วงชีวิตหนึ่งๆของสัตว์ชนิดนั้นๆแล้ว พฤติกรรมการหาอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ ซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

เมื่อกล่าวถึงพฤติกรรมการหาอาหารของสัตว์ชนิดต่างๆตามธรรมชาติ เป็นที่ยอมรับกันว่า 1) สัตว์ทุกชนิดต้องหาอาหาร 2) พฤติกรรมการหาอาหารควรจะเป็นลักษณะที่ถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural selection) เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 3) ประสิทธิภาพในการหาอาหารขึ้นอยู่กับการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม และ 4) สัตว์ทุกชนิดสามารถประมาณช่วงเวลาออกหากินซึ่งจะเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่มีอาหาร ดังนั้นลักษณะพฤติกรรมการหาอาหารที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนและผลประโยชน์ที่จะได้รับ (costs & benefits) จึงมักจะถูกนำมาเกี่ยวเนื่องกับหลักทฤษฎี Optimization หรือ Optimal foraging theory ที่ใช้อธิบายรูปแบบการหาอาหารของสัตว์บนพื้นฐานของพลังงานที่ได้สุทธิต่อหน่วยเวลา ซึ่งเริ่มต้นด้วยข้อสันนิษฐานที่ว่า การหาอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นลักษณะที่ถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ และประสิทธิภาพสูงสุดเป็นการให้คำจำกัดความโดยทั่วไปตามการได้รับพลังงานสุทธิสูงสุดต่อหน่วยเวลา และตามด้วยข้อสันนิษฐานที่ว่า สัตว์ทุกชนิดต้องการได้รับพลังงานจากการหาอาหารในอัตราที่สูงที่สุด (Stephens and Krebs, 1986) ซึ่งจะให้พลังงานสุทธิสูงสุด เพื่อที่จะได้นำไปใช้ในการดำเนินชีวิต เจริญเติบโต และสืบพันธุ์ต่อไป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างค้างคาวเล็บกุด ซึ่งเป็นค้างคาวที่จัดอยู่ในอันดับย่อยค้างคาวกินผลไม้ (Megachiroptera) กินน้ำหวานจากดอกไม้เป็นอาหารหลักกับพืชที่เป็นแหล่งอาหารในเชิงของพืชกับผู้ผสมเกสร ในความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุดกับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชที่เป็นแหล่งอาหาร โดยการศึกษาจะพิจารณาจากพฤติกรรมการเข้าเยือนในแต่ละช่วงเวลาในรอบคืนของค้างคาวเล็บกุดต่อดอกไม้ของพืชที่เป็นแหล่งอาหารชนิดต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างในเรื่องของจำนวนดอกบานในแต่ละคืน ระยะเวลาในการออกดอก อัตราการหลั่งน้ำหวาน ปริมาณสารอาหารในน้ำหวาน ซึ่งอาจจะทำให้รูปแบบและความถี่การเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแตกต่างกัน รวมถึงสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (พิจารณาเรื่องอายุและภาวะการเจริญพันธุ์ร่วมด้วย) ที่มาเยือนพืชแต่ละชนิดอาจจะมีความแตกต่างด้วยเช่นกัน และถ้าพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุดเกิดขึ้นภายใต้ความสัมพันธ์ของการลงทุนและผลประโยชน์ที่จะได้รับในรูปของพลังงานเป็นหลักแล้ว ดังนั้นพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุดควรสัมพันธ์กับการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชนั้นและด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงตั้งสมมติฐานว่า

1. *ค้างคาวเล็บกุดควรมีระดับกิจกรรมของการกินน้ำหวานสูงที่สุดในช่วงเวลาที่มีน้ำหวาน*หลั่งสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงเวลาที่ค้างคาวจะได้รับพลังงานในอัตราที่สูงที่สุดในรอบคืน

2. รูปแบบการเข้ามาเยือนในรอบคืนของค้างคาวเล็บกุดควรจะมีความแตกต่างกันตามอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิด เพราะจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเหรียง (*Parkia timoriana* Merr.) มีอัตราการหลั่งน้ำหวานมากกว่ากล้วยป่า (*Musa acuminata* Colla) ประมาณ 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบจากช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นเหรียงจึงอาจจะสามารถรองรับการเข้ามาเยือนได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีการหลั่งน้ำหวาน ในขณะที่กล้วยมีอัตราการหลั่งน้ำหวานที่ต่ำกว่ามาก ซึ่งการเข้ามาเยือนเพียงไม่กี่ครั้งติดต่อกัน น้ำหวานก็จะหมดไปจากที่เก็บน้ำหวาน จึงทำให้ไม่พบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในช่วงเวลาหลังจากนั้น

3. สัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียที่มาเยือนพืชแต่ละชนิดควรจะแตกต่างกันตามอัตราการหลั่งน้ำหวานโดยรวมจากทั้งต้น ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการด้านพลังงานที่แตกต่างกันโดยเฉพาะเพศเมียที่อยู่ในช่วงภาวะสืบพันธุ์ ย่อมมีความต้องการพลังงานมากกว่าเพศผู้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการหลั่งน้ำหวานของดอกเหรียง (*Parkia timoriana* Merr.) นุ่น (*Ceiba pentandra* Gaertn.) สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) เพกา (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) และกล้วย (*Musa* spp.) กับความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)

การตรวจเอกสาร

ค้างคาวประมาณ 250 ชนิดจากกว่า 850 ชนิดที่มีการสำรวจพบบนโลกหรือประมาณ 30% ของชนิดค้างคาวทั้งหมดใช้ประโยชน์จากพืชเพื่อเป็นแหล่งอาหาร (Fleming, 1982) ค้างคาวเหล่านี้ได้รับอาหารจากพืชในรูปของ น้ำหวาน ละอองเกสรดอกไม้ และผลไม้ ในขณะเดียวกันพืชก็ได้รับการผสมเกสรและการกระจายเมล็ดเป็นการตอบแทน ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับสัตว์ในลักษณะการเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกันนี้ จะช่วยให้สิ่งมีชีวิตทั้ง 2 กลุ่มนี้สามารถอยู่รอดและดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ในธรรมชาติ

ค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea* Dobson)

ค้างคาวเล็บกุด (*E. spelaea*) เป็นค้างคาวกินผลไม้ที่กินน้ำหวานและเกสรดอกไม้เป็นอาหารหลัก และเป็นผู้ผสมเกสรที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของระบบนิเวศป่าเขตร้อน ค้างคาวเล็บกุด มี

ชื่อสามัญคือ Dawn bats, Lesser dawn bats, Cave fruit bat หรือ Cave nectarivorous bat เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในอันดับ Chiroptera อันดับย่อย Megachiroptera หรือค้างคาวกินผลไม้โลกเก่า อยู่ในวงศ์ Pteropodidae, วงศ์ย่อย Macroglossinae, สกุล *Eonycteris* มีด้วยกัน 4 ชนิดคือ *E. robusta, E. major, E. rosenbergi* และ *E. spelaea* โดย *E. spelaea* เป็นเพียงชนิดเดียวที่พบในประเทศไทย และมีการกระจายอยู่ทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย พม่า และแถบอินโดจีน จนถึง อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย มีแหล่งอาศัยอยู่ในแถบป่าดิบชื้นระดับต่ำและป่าชายเลน และมักจะเกาะนอนในถ้ำ ลักษณะโดยทั่วไปคือ เป็นค้างคาวกินผลไม้ขนาดเล็ก ความยาวลำตัวประมาณ 85 - 125 มม., หางยาวประมาณ 12 - 33 มม., ปีกยาวประมาณ 60 - 81 มม. และที่นิ้วชี้ไม่มีเล็บ ค้างคาวเล็บกุดเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย โดยเพศผู้มีน้ำหนักตัวประมาณ 55 - 82 กรัม และเพศเมียประมาณ 35 - 78 กรัม (Beck and Lim, 1973) ค้างคาวในสกุล *Eonycteris* รวมทั้งอีก 5 สกุลที่อยู่ในวงศ์ย่อย Macroglossinae มีลิ้นที่เรียวยาวจนโผล่ออกนอกปาก และมีลักษณะคล้ายแปรง เพื่อประโยชน์ในการกินน้ำหวานและเกสรของดอกไม้ซึ่งเป็นอาหารหลักของค้างคาวในกลุ่มนี้

ค้างคาวชนิดนี้จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งพบได้ตั้งแต่กลุ่มละประมาณ 10-20 ตัวถึงกลุ่มละหลายหมื่นตัว ค้างคาวเพศเมียจะเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์เมื่ออายุประมาณ 1 ปีในขณะที่เพศผู้จะเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์เมื่ออายุประมาณ 2 ปี เพศเมียสามารถมีลูกได้ทุกเวลาตลอดทั้งปี โดยจากการศึกษาของ Beck and Lim (1973) พบว่า ทุกครั้งที่สำรวจจะพบเพศเมียตัวเต็มวัยมากกว่าครึ่งหนึ่งกำลังตั้งท้องหรือไม่ก็กำลังให้น้ำนมหรือทั้ง 2 อย่าง ซึ่งระยะตั้งท้องของเพศเมียกินเวลาประมาณ 6 เดือนหรืออาจจะยาวนานถึง 200 วัน และมักจะให้กำเนิดลูกคราวละ 1 ตัว (พบน้อยมากที่มีคราวละ 2 ตัว) หลังจากให้กำเนิดไม่นาน ลูกจะคลานขึ้นไปเกาะที่บริเวณหน้าอกแล้วใช้ปากคาบหัวนมแม่ไว้ และจะเกาะติดอยู่อย่างนี้ตลอดเวลาแม้กระทั่งขณะที่แม่ค้างคาวออกหาอาหารเป็นเวลาประมาณ 4-6 สัปดาห์ หลังจากช่วงนี้ลูกค้างคาวจะไม่เกาะอยู่กับแม่อีก และจะพบการฝึกบินด้วยตัวเองในระยะทางสั้นๆ แต่จะไม่หย่านมจนกว่าจะมีอายุอย่างน้อย 3 เดือน (Beck and Lim, 1973)

จากการศึกษานิสัยการกินอาหารของค้างคาวเล็บกุด (*E. spelaea*) ของ Start and Marshall (1976) ในประเทศมาเลเซีย โดยการจับด้วยตาข่าย แล้วเก็บตัวอย่างเกสรตัวผู้บนหน้าอกและบนหน้าของค้างคาวเล็บกุด ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของละอองเกสรตัวผู้ได้เป็น 31 ชนิด และมี 11 ชนิดที่พบได้บ่อยคือ ทุเรียน (*Durio* spp.) สะตอ เหรียง (*Parkia* spp.) ขนุน (*Artocarpus* spp.) ชมพู่ (*Eugenia mallaccensis* Linn.) ลำพูป่า (*Duabanga grandiflora* (Roxb. ex DC.) Wall.) และลำพู (*Sonneratia* spp.) คิดเป็นร้อยละ 93.9% ของจำนวนละออง

เกสรตัวผู้ทั้งหมด และยังแบ่งดอกไม้เหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ Aseasonal flowering หรือ Steady state flowering (เป็นชนิดที่มีจำนวนดอกน้อยต่อคืนแต่จะออกเรื่อยๆหรือเป็นช่วงเวลานาน) เช่น กล้วย (*Musa* spp.) เพกา (*O. indicum*) ลำพูป่า (*D. grandiflora*) และลำพู (*Sonneratia* spp.) เป็นต้น และ Seasonal flowering หรือ Mass flowering (เป็นชนิดที่มีจำนวนดอกมากต่อคืน ทุกต้นของชนิดนี้จะออกดอกพร้อมกันในพื้นที่เดียวกัน) เช่น ทุเรียน (*Durio* spp.) นุ่น (*Ceiba pentandra* Gaertn.) และสะตอ เหรียง (*Parkia* spp.) เป็นต้น

จากการศึกษาพฤติกรรมการหาอาหารของค้างคาวเล็บกุด (*E. spelaea*) ในประเทศมาเลเซียของ Gould (1978) พบว่า มีความแตกต่างกันในรูปแบบและช่วงเวลาของการเข้ามาเยือนดอกทุเรียน (*D. zibethinus*) และดอกสะตอ (*P. speciosa*) ซึ่งเป็นพืชที่มีรูปแบบการออกดอกเป็นแบบ Mass flowering และดอกเพกา (*O. indicum*) และดอกกล้วย (*Musa acuminata* Colla) ซึ่งเป็นพืชที่มีรูปแบบการออกดอกเป็นแบบ Steady state flowering โดยทั้งนี้อาจจะเป็นความแตกต่างในเรื่องของปริมาณ ความเข้มข้นและอัตราการหลั่งของน้ำหวานของพืชแต่ละชนิด แต่อย่างไรก็ตามจำนวนครั้งของการมาเยือนดอกไม้ของพืชทั้ง 4 ชนิดก็สัมพันธ์กับปริมาณน้ำหวานที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ ส่วนรูปแบบการเข้ามาเยือนนั้นมีความแตกต่างกันคือ รูปแบบการเข้ามาเยือนดอกกล้วย (*Musa*) และดอกเพกา (*O. indicum*) ซึ่งเป็นพืชกลุ่ม Steady state flowering ไม่มีรูปแบบที่ขึ้นกับช่วงเวลาที่แน่นอน และแต่ละวันก็มีรูปแบบที่ไม่เหมือนกัน ส่วนสะตอ ซึ่งเป็นพืชกลุ่ม Mass flowering มีรูปแบบการเข้ามาเยือนที่ขึ้นกับช่วงเวลาที่แน่นนอน และรูปแบบเช่นนี้ก็ปรากฏเหมือนกันทุกวัน

พฤติกรรมการกินอาหาร

จากการศึกษาพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวขอบหูขาวกลาง (*Cynopterus sphinx*) ต่อพืชที่มีรูปแบบการออกดอกเป็นแบบ Steady state flowering คือ *Musa paradisiacal* Linn. และ Mass flowering คือ *Bassia latifolia* Roxb. ทางตอนใต้ของประเทศอินเดียของ Elangovan et al. (2000) พบว่า ความถี่สูงสุดของการมาเยือนสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่พืชทั้ง 2 ชนิดนี้มีปริมาณน้ำหวานหลั่งสูงสุด ความสัมพันธ์ดังกล่าว (สัดส่วนของจำนวนครั้งการมาเยือนดอก/ต้น) เห็นได้ชัดเจนในต้น *B. latifolia* มากกว่า ในกล้วย (*Musa*) และยังพบว่าการเข้ามาเยือนพืชในกลุ่ม Steady state flowering จะเป็นแบบเดี่ยวๆ ซึ่งแตกต่างจากการเข้ามาเยือนพืชในกลุ่ม Mass flowering ที่จะเป็นแบบเป็นกลุ่ม

จากการศึกษาของ Voigt (2003) ในเรื่องของความต้องการด้านพลังงานของค้างคาวกินน้ำหวาน (*Glossophaga soricina*) เมื่ออยู่ในภาวะสืบพันธุ์ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่า ค้างคาวกินน้ำหวานจะมีอัตราเมตาบอลิซึมที่สูงกว่าค้างคาวกินแมลงที่มีขนาดตัวเท่ากัน ดังนั้นค้างคาวกินน้ำหวานเพศเมียย่อมมีความต้องการด้านพลังงานที่สูงมากกว่าค้างคาวกินแมลงดังที่ได้มีการศึกษามาก่อนนี้ โดยการศึกษาครั้งนี้ต้องการทดสอบว่า ค้างคาวกินน้ำหวานเพศเมียมีการตอบสนองต่อความต้องการด้านพลังงานของร่างกายอย่างไรเมื่อเข้าสู่ภาวะสืบพันธุ์ พบว่า อัตราการได้รับพลังงานค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงภาวะสืบพันธุ์แต่เวลาที่ใช้ในการบินออกกินลดลง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเป็นการใช้เวลาบินให้น้อยลงของค้างคาวตั้งท้องเพื่อชดเชยกับพลังงานที่ต้องใช้ในการบินที่เพิ่มขึ้นเมื่อต้องรับน้ำหนักจากลูกในท้องมากขึ้น ดังนั้นพลังงานสุทธิที่ได้จึงมักจะคงที่ และเมื่ออยู่ในช่วงให้น้ำนมก็ไม่พบว่าเวลาที่ใช้บินออกหากิน และพลังงานที่ได้รับในแต่ละวันจะแตกต่างกับช่วงที่กำลังตั้งท้องและช่วงที่ไม่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ ซึ่งดูเหมือนว่า ค้างคาวกินน้ำหวานเพศเมียคงอัตราการได้รับพลังงานในแต่ละวันในระดับที่สูงทั้งที่อยู่ในช่วงและหลังภาวะสืบพันธุ์ ทั้งที่จากการศึกษาในลักษณะเดียวกันนี้กับค้างคาวกินแมลง พบว่า ค้างคาวเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์มีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้น 40-80%

นอกจากพฤติกรรมการหาอาหารของค้างคาวจะมีขึ้นอยู่กับความต้องการด้านพลังงาน ความต้องการด้านสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นในช่วงภาวะสืบพันธุ์ในระยะต่างๆของเพศเมียก็เป็นสิ่งที่จำเป็นด้วยเช่นกัน เพราะจากการศึกษาพฤติกรรมการหาอาหารของค้างคาวแม่ไก่ (*Pteropus alecto*) ในประเทศออสเตรเลียของ Barclay (2002) พบว่า พืชอาหารที่ค้างคาวแม่ไก่ชนิดนี้เลือกที่จะเข้าไปกินน้ำหวานจากดอกพืชนี้ มีปริมาณแคลเซียมในน้ำหวานในปริมาณที่สูงกว่าพืชทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ธาตุแคลเซียมเป็นทรัพยากรที่จำกัด (limiting resourse) ของค้างคาว (Barclay, 1994) และความต้องการแคลเซียมจะสูงขึ้นเมื่อค้างคาวเพศเมียกำลังอยู่ในภาวะสืบพันธุ์ เพราะแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างกระดูกและฟันของลูกในท้องเพราะถ้าหากได้รับแคลเซียมในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการแล้ว ร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการสลายแคลเซียมจากกระดูกของตัวแม่เพื่อนำไปสร้างกระดูกให้ลูกในท้อง ซึ่งจะทำให้แม่ค้างคาวเป็นโรคกระดูกพรุนสืบเนื่องไปจนถึงช่วงให้น้ำนมด้วย และช่วงให้นมนั้นก็ยังจะมีความต้องการแคลเซียมในปริมาณที่สูงอยู่เช่นกัน ดังนั้นจากลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลต่อความสมบูรณ์ของลูกค้างคาวต่อไปได้

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Zani *et al.* (2003) ถึงผลกระทบของอาหารที่มีปริมาณแคลเซียมแตกต่างกันต่อมวลรวมกระดูกของหนูตัวเมียที่กำลังตั้งท้องและให้น้ำนมและลูกหนู โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มและให้อาหารที่มีเฉพาะปริมาณแคลเซียมเท่านั้นที่แตก

ต่างกัน (LCD หรือ low calcium density: 0.14%, NCD หรือ normal calcium density: 0.6% และ HCD หรือ high calcium density: 1.2%) พบว่าเมื่อลูกหนูเริ่มหย่านม มวลรวมกระดูกของแม่หนูจะลดลงจากค่าเริ่มต้นขณะที่ยังไม่ตั้งท้องมากที่สุดในกลุ่ม LCD 15% รองลงมาในกลุ่ม HCD 10.5% และในกลุ่ม NCD 7.3% ตามลำดับ สำหรับลูกหนูแรกเกิดไม่พบว่ามวลรวมกระดูกจากทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกัน แต่พบว่าลูกหนูในกลุ่ม LCD มีน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งจากการผลศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การกินอาหารที่ไม่คำนึงถึงปริมาณแคลเซียมในอาหารจะได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อยในช่วงกำลังตั้งท้องแต่จะรุนแรงในช่วงกำลังให้น้ำนม อย่างไรก็ตามผลกระทบดังกล่าวไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแคลเซียมในอาหารเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารด้วย

การศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของผู้ผสมเกสรที่เป็นค้างคาวต่อความผันแปรของปริมาณน้ำหวานของดอกไม้ที่ค้างคาวเข้าไปเยือนยังมีอยู่น้อย ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่มักจะเป็นในกลุ่มของแมลงภู่ (bumblebees) เช่น การศึกษาการเลือกกินน้ำหวานของแมลงภู่ จากดอกแอปเปิ้ล จากต้นแอปเปิ้ลจำนวน 54 ต้น ที่มีความผันแปรของปริมาณน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน และพลังงานที่แมลงภู่จะได้รับ ของ Abrol (1990) พบว่า กลุ่มแมลงภู่เลือกที่จะเข้าไปกินน้ำหวานจากดอกแอปเปิ้ลที่มีปริมาณน้ำหวาน และความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวานสูงๆอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาการกระจายกันออกหากินน้ำหวานของแมลงภู่ (Bumblebees) โดยอิงทฤษฎี Optimal foraging theory ของ Dreisig (1995) พบว่า การกระจายกันออกหาน้ำหวานของแมลงภู่ไม่เป็นแบบ random คือ จำนวนแมลงภู่ที่มาเยือนต้นพืชที่เป็นแหล่งอาหาร (น้ำหวาน) ขึ้นอยู่กับขนาดของต้น *Viscaria vulgaris* Rohl. ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนดอกที่บาน/ต้น และขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้จากต้น *Anchusa officinalis* L. ด้วย ทำให้ได้สัดส่วนการมาเยือนของแมลงภู่ต่อความหนาแน่นของดอกที่เท่ากัน และจากผลดังกล่าว แมลงภู่จะได้รับผลประโยชน์ต่อดอกที่คงที่ ซึ่งตรงกันกับการทำนายโดยใช้หลัก Optimal foraging theory ในประเด็น แมลงภู่ควรมีการกระจายกันออกหากินตามแหล่งอาหารที่แต่ละตัวจะได้รับอาหารในอัตราเดียวกันและเป็นเช่นนี้ในทุกๆพื้นที่หากิน

นอกจากผู้ผสมเกสรจะได้รับพลังงานและธาตุอาหารจากน้ำหวานแล้ว ส่วนหนึ่งยังจะได้รับจากเกสรตัวผู้ของดอกไม้ด้วย ซึ่งจากการศึกษาของ Qingdian et al. (1997) เกี่ยวกับปริมาณและองค์ประกอบของธาตุอาหารในเกสรตัวผู้ของดอก *Rosa zaxa* Retz ในมณฑลซินเจียง ประเทศจีน จากการเก็บตัวอย่างจาก 3 ลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันพบว่า มีโปรตีน (crude protein) เป็นองค์ประกอบ 6.62-8.25%, น้ำตาล 15.27-17.53% และกรดอะมิโน 6.94-6.99%

นอกจากนี้ยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆเช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เป็นต้น

การหลั่งน้ำหวานของดอกไม้

การหลั่งน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการทางสรีรวิทยา (เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโต เป็นต้น) รวมถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยา (เช่น ขนาดและตำแหน่งของต่อมน้ำหวาน เป็นต้น) ของพืชชนิดนั้น (Rathcke, 1992) ในการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งพืชทั้ง 5 ชนิดออกเป็น 2 กลุ่มตามรูปแบบการออกดอก (Gentry, 1974) ดังนี้คือ พืชในกลุ่ม Mass flowering เป็นพืชที่ออกดอกเป็นแบบครั้งละมากๆในระยะเวลาสั้นๆได้แก่ เหรียง นุ่น และสะตอ พืชในกลุ่ม Steady state flowering เป็นพืชที่ออกดอกปริมาณน้อยแต่ระยะเวลานาน ได้แก่ เพกาและกล้วย

พืชทั้ง 5 ชนิดที่เลือกศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะของดอกที่ต้องการผู้ผสมเกสรที่เป็นค้างคาว (Faegri and van der Pijl, 1971 in Bawa, 1990) คือ

1. ดอกบาน ละอองเกสรตัวผู้พร้อมผสม และน้ำหวานหลั่ง ในเวลากลางคืน
2. ดอกบานช้าและเริ่มบานตั้งแต่ตอนกลางวัน
3. กลีบดอกมีสีขาว ขาวครีม เหลืองอ่อน และม่วง เป็นต้น
4. ดอกมักจะอยู่ได้คืนเดียวหลังบาน
5. ดอกจะมีกลิ่นแรง คล้ายกลิ่นอับ กลิ่นบูดเปรี้ยว เป็นต้น
6. ตัวดอกและก้านดอกมีความแข็งแรง
7. น้ำหวานมีปริมาณมาก
8. ละอองเกสรตัวผู้มีปริมาณมาก
9. ตำแหน่งของดอกยื่นออกมานอกลำต้นชัดเจน

ซึ่งลักษณะที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นดังกล่าว พบในพืชทั้ง 5 ชนิดที่เลือกศึกษาในครั้งนี้ (Vogel, 1958 ; Baker and Harris, 1959 ; Hopkins, 1983 in Bawa, 1990 ; Start and Marshall, 1976 ; Gould, 1978)

การเริ่มหลั่งน้ำหวานของพืชทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันคือ พืชในกลุ่ม Mass flowering จะเริ่มหลั่งน้ำหวานเมื่อดอกบานเต็มที่แล้ว ซึ่งแตกต่างจาก พืชในกลุ่ม Steady state flowering จะเริ่มหลั่งน้ำหวานตั้งแต่กลีบดอกยังไม่เปิด (ดอกยังไม่บานเต็มที่) จากลักษณะดังกล่าวอาจจะเป็นผลจากวิวัฒนาการของพืชทั้ง 2 กลุ่มโดยที่ปริมาณน้ำหวานและอัตราการหลั่งน้ำหวานมีความ

หวานที่ขังไว้บริเวณคอดอกเท่านั้น ต่างจากดอกเพกาที่มีรูปร่างคล้ายระฆังและการเอียงของดอกทำมุมประมาณ 20 องศากับแนวราบ (Gould, 1978) จึงช่วยให้สามารถกักเก็บน้ำหวานได้ดี และดอกกล้วยที่มีส่วนของกลีบดอกที่ปรับเปลี่ยนรูปร่างเพื่อใช้สำหรับเก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ (free tepal) (Simmond, 1966) จากความแตกต่างของลักษณะการเก็บสะสมน้ำหวานที่แตกต่างกัน จึงอาจจะทำให้พืชทั้ง 2 กลุ่มนี้มีลักษณะในการสะสมน้ำหวานเพื่อที่จะดึงดูดค้างคาวเล็บกุดให้เข้ามาเยือนแตกต่างกัน โดยพืชในกลุ่ม Mass flowering คือ เหรียง นุ่น และสะตอ เนื่องจากไม่มีส่วนใดของดอกที่ใช้สำหรับเก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ แต่จากดอกที่บานในแต่ละคืนของพืชทั้ง 3 ชนิดมีจำนวนมาก และทุกต้นในพื้นที่เดียวกันบานพร้อมกัน (Start and Marshall, 1976) ประกอบกับอัตราการหลั่งน้ำหวานต่อชั่วโมงที่สูง (เหรียงและสะตอ) หรือแม้ว่ามีอัตราการหลั่งน้ำหวานที่ต่ำก็ตาม (นุ่น) ปริมาณน้ำหวานโดยรวมทั้งต้นที่หลั่งออกมาภายในช่วงเวลาสั้นๆหลังดอกบานเต็มที่ ก็ทำให้เพียงพอที่จะดึงดูดค้างคาวเล็บกุดให้เข้ามาเยือนได้ ส่วนพืชในกลุ่ม Steady state flowering คือ เพกา และกล้วย เนื่องจากมีลักษณะดอกที่สามารถเก็บน้ำหวานได้ดี แม้มีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่อชั่วโมงที่น้อย และจำนวนดอกบานต่อคืน แต่การเริ่มหลั่งน้ำหวานตั้งแต่ดอกยังไม่บานเต็มที่ เก็บสะสมไว้เรื่อยๆเพื่อให้เมื่อถึงเวลาที่ค้างคาวออกหากิน จะได้มีน้ำหวานมากเพียงพอสำหรับการเข้ามาเยือนของค้างคาวในแต่ละครั้ง อย่างไรก็ตาม การที่พืชแต่ละชนิดมีอัตราการหลั่งน้ำหวานที่แตกต่างกันอาจจะเป็นวิวัฒนาการของพืชเพื่อลดการแย่งชิงผู้ผสมเกสรชนิดเดียวกัน (Howell, 1977)

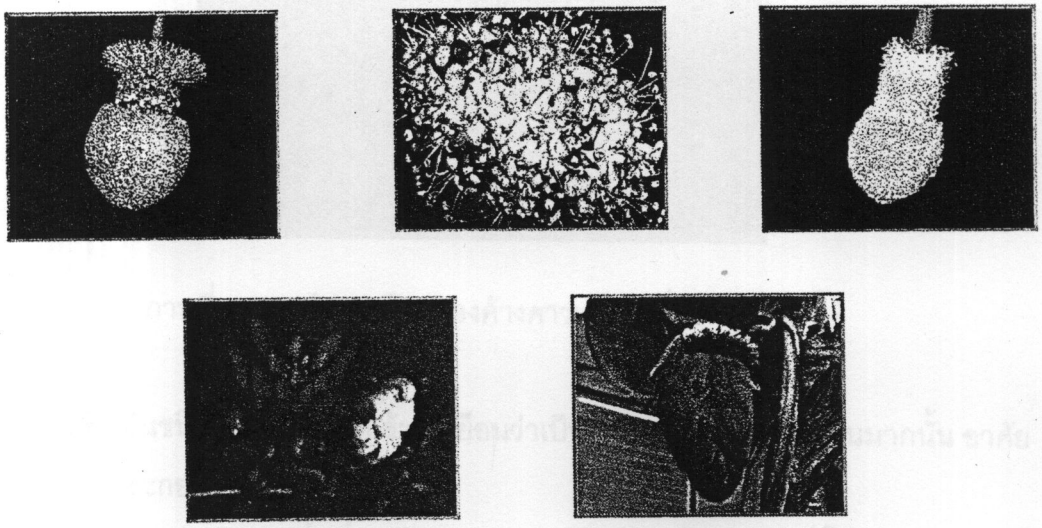
จากลักษณะของการสะสมน้ำหวานของพืชทั้ง 2 กลุ่มแสดงให้เห็นถึงข้อได้เปรียบในการดึงดูดผู้ผสมเกสรของพืชแต่ละชนิด เป็นลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพืชและสัตว์ในแบบพืชกับผู้ผสมเกสรตามธรรมชาติ น้ำหวานที่ผลิตออกมาจึงเปรียบเสมือนเป็นสิ่งตอบแทนแก่ผู้ผสมเกสรทั้งหลายที่เข้ามาเยือน ความผันแปรของอัตราการหลั่งน้ำหวานจะส่งผลต่อความถี่ในการมาเยือนและจำนวนครั้งที่มาเยือน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของพืช (Rathcke, 1992) การมีผู้ผสมเกสรที่เป็นค้างคาวเล็บกุดจะช่วยเพิ่มความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของพืชได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากค้างคาวเล็บกุดมีพื้นที่หากินเป็นบริเวณกว้าง (ในรัศมีประมาณ 40 กิโลเมตรรอบถ้ำ) และสามารถนำเกสรดอกไม้ติดตัวไปได้คราวละมากๆ ทำให้เพิ่มโอกาสในการผสมเกสรข้ามต้นระหว่างพืชชนิดเดียวกันที่อยู่ไกลๆได้ดี ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดผลและเมล็ด และยังส่งผลต่อการเพิ่มความหลากหลายของจีน (gene) ในรุ่นถัดไป ทำให้สามารถปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมใหม่ๆที่มีเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอได้ดี ซึ่งเป็นลักษณะที่ได้เปรียบต่อวิวัฒนาการของพืชชนิดนั้น (Wilson, 1967) ดังนั้นจึงอาจจะพอสันนิษฐานได้ว่า พืชที่มีการสร้างน้ำหวานออกมามากๆ เพื่อต้องการดึงดูดให้ผู้ผสมเกสรเข้ามาเยือนบ่อยๆ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการผสมเกสรแบบข้ามต้นมากขึ้น

1967) โดยหมายความรวมถึงพืชที่มีการสร้างดอกออกมาจำนวนมากในระยะเวลาสั้นๆ (พืชกลุ่ม Mass flowering) อย่างเช่น เหรียง นุ่น และสะตอ ส่วนพืชกลุ่ม Steady state flowering อย่างเช่น เพกา และกล้วย แม้ปริมาณการสร้างน้ำหวานโดยรวมทั้งต้นจะน้อยเมื่อเทียบกับพืชกลุ่ม Mass flowering แต่ช่วงเวลาการออกดอกที่นานกว่าและมีอยู่เรื่อยๆเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ค้างคาวสามารถเรียนรู้และกลายเป็นแหล่งอาหารที่คาดคะเนได้ว่าสามารถหากินจากพื้นที่เดิมๆได้ตลอดทั้งปี สำหรับค้างคาวเล็บกุดกลุ่มที่เป็นขาประจำ (Fleming, 1982) และกลุ่มขาจรที่แวะเวียนมาเยือนเป็นบางช่วงเมื่ออาหารจากแหล่งอื่นเริ่มลดน้อยลง ซึ่งก็อาจจะเป็นอีกกลยุทธอย่างหนึ่งที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการผสมเกสรแบบข้ามในพืชกลุ่ม Steady state flowering

การสร้างน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิดถูกกำหนดโดยอิทธิพลของความแปรผันทางพันธุกรรม ความแปรผันทางสิ่งแวดล้อม และความเชื่อมโยงกับลักษณะเฉพาะบางประการของพืชชนิดนั้นๆ (Rathcke, 1992) ซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ แต่ถ้าหากพิจารณาเฉพาะในส่วนของความสัมพันธ์ดังกล่าว ดอกกล้วยจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างน้ำหวาน เพื่อดึงดูดผู้ผสมเกสร หรือสร้างเกสรตัวผู้จำนวนมากเพื่อหวังผลจากการผสมเกสรให้เกิดการติดเมล็ด เพราะกล้วยยังสามารถขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อได้อีก แทนที่จะอาศัยการขยายพันธุ์จากเมล็ดเพียงอย่างเดียวเหมือนในเหรียง นุ่น สะตอ และเพกา แต่อย่างไรก็ตามดอกกล้วยที่ได้รับการผสมเกสรจะให้ผลดก เมล็ดมากและเมล็ดสามารถเจริญเป็นต้นได้ดี (Liu *et al.*, 2002) เมื่อผลสุก ต้นที่ให้ผลกล้วยมากกว่าก็จะดึงดูดสัตว์ต่างๆให้เข้ามากินได้มากกว่า เป็นการเพิ่มโอกาสในการกระจายเมล็ดไปยังที่ต่างๆ และต้นกล้วยต้นใหม่ที่เกิดจากเมล็ดย่อมจะมีความสามารถในการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมใหม่ๆและสามารถอยู่รอดตามธรรมชาติได้ดีกว่าต้นใหม่ที่เกิดจากการแตกหน่อ (เพราะมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่า)

2. ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกชนิดพืชศึกษา 5 ชนิดคือ เหรียง (*P. timoriana*) นุ่น (*C. pentandra*) สะตอ (*P. speciosa*) เพกา (*O. indicum*) และกล้วย (*Musa* spp.) (ภาพที่ 1) โดยศึกษาอัตราการหลั่งน้ำหวานรวมทั้งวิเคราะห์หาสารอาหารต่างๆในน้ำหวาน ศึกษาความถี่และรูปแบบในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกพืชทั้ง 5 ชนิด และนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ต่อความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด รวมถึงศึกษาความแตกต่างของการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียที่ต้นพืชทั้ง 5 ชนิดขณะออกดอก โดยพื้นที่ศึกษาจะอยู่บริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2546 ถึง เดือนพฤษภาคม 2547



ภาพที่ 1. ดอกพืชที่เลือกศึกษาทั้ง 5 ชนิด (จากซ้ายไปขวา) : เหรียง, นุ่น, สะตอ, เพกา และ กล้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

สำหรับการเฝ้าสังเกตและการบันทึกข้อมูลในตอนกลางคืนจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ช่วย คือ กล้องDigital camera ในแบบ Nightshot ดังนั้นในการเลือกดอกที่จะเฝ้าสังเกตนั้น จึงมีข้อจำกัดอยู่ที่ความสามารถของกล้องด้วย ซึ่งจะเลือกดอกที่อยู่ไม่ไกลนักและสามารถมองเห็นการ

มาเยือนของค้างคาวเล็บกุด (ผ่านกล้อง) ได้อย่างชัดเจน โดยจะเริ่มบันทึกตั้งแต่เวลา 19.00 น.ไป จนกว่าจะไม่ปรากฏการมาเยือนเลย และเลือกบันทึกทุกๆ 15 นาที ผลที่ได้จะนำมาแปลงหน่วย จาก ครั้ง/ดอก/ชั่วโมง เป็นเปอร์เซ็นต์/ดอก/ชม. (เพื่อลดความโน้มเอียงของข้อมูลในเรื่องของจำนวนดอกที่บานต่อคืนของพืชแต่ละชนิดและแต่ละต้นไม่เท่ากัน) โดยจะเฝ้าสังเกตและบันทึกข้อมูลของการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดจากต้นพืชทั้ง 5 ชนิดนี้อย่างน้อยชนิดละ 3 ต้นจาก 3 บริเวณและคิดเป็นจำนวนดอกรวมอย่างน้อยชนิดละ 30 ดอก

ผลจากการเก็บข้อมูลข้างต้นสามารถนำมาวิเคราะห์รูปแบบของการเข้ามาเยือนในรอบคืนของค้างคาวเล็บกุดในพืชแต่ละชนิดได้ด้วย

ภาพที่ 2. การเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง

สิ่งที่ใช้ยืนยันชนิดของค้างคาวที่เข้ามาเยือนว่าเป็นค้างคาวเล็บกุดเป็นส่วนมากนั้น อาศัยข้อมูลจาก 4 ส่วนประกอบกันคือ

1. พื้นที่ศึกษาอยู่ในรัศมีพื้นที่หากินของค้างคาวเล็บกุดจากประชากรที่ถ้ำสีสอน ต.เขาพระ อ.รัตภูมิ จ. สงขลา

2. ขณะที่ค้างคาวเล็บกุดบินเข้าไปเยือนดอกไม้ จะได้ยินเสียงบินและเสียงร้องที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ที่พบในค้างคาวเล็บกุดเท่านั้น (Gould, 1978) (อาศัยประสบการณ์ของตัวเอง)

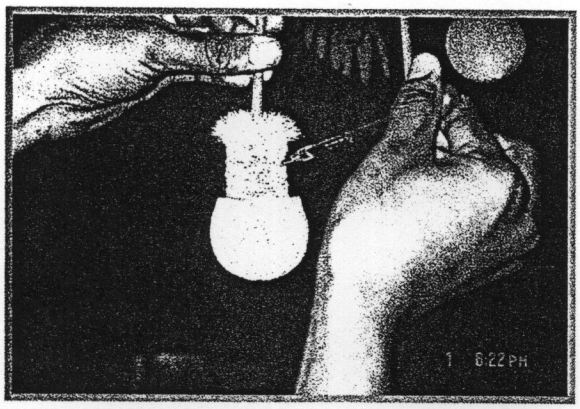
3. ผลจากดักจับเพื่อศึกษาความแตกต่างของการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (ในวิธีการดำเนินการวิจัยข้อ 3)

4. ภาพถ่ายจากต้นไม้ที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 2)

2. ศึกษาอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิด

วัดปริมาณน้ำหวานที่ดอกไม้ผลิตออกมา (โดยมีข้อสันนิษฐานว่า ปริมาณน้ำหวานที่เก็บวัดได้จะเป็นปริมาณที่ค้างคาวสามารถกินได้เช่นกัน) ในทุกๆชั่วโมง เริ่มวัดที่เวลา 19.00 น. ซึ่งจะเป็นเวลาที่ดอกไม้ที่มีลักษณะที่ต้องการผู้ผสมที่เป็นค้างคาวส่วนใหญ่บานเต็มที่และมีน้ำหวาน (Faegri and van der Pijl, 1971 in Bawa, 1990) โดยการเก็บน้ำหวานจะใช้หลอดหยด (ภาพที่ 3) แล้วใช้กระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตรวัดปริมาณน้ำหวาน และจะหยุดเก็บน้ำหวานเมื่อเห็นว่าปริมาณเริ่มลดลงมากจนหยุดหลั่ง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำหวานจากต้นพืชทั้ง 5 ชนิดนี้อย่างน้อยชนิดละ 3 ต้นและคิดเป็นจำนวนดอกรวมอย่างน้อยชนิดละ 30 ดอก

เก็บตัวอย่างน้ำหวานจากดอกพืชทั้ง 5 ชนิด ชนิดละ 3 ตัวอย่างจาก 3 ต้น (1 ต้น : 1 ตัวอย่าง) ในปริมาณตัวอย่างละ 3-5 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ โปรตีน (%protein) และวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแร่ธาตุ โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และแคลเซียม (Ca) ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณและแสดงผลเป็นหน่วยความเข้มข้น เพื่อนำผลไปสนับสนุนการศึกษาเรื่องความแตกต่างระหว่างเพศที่เข้ามาเยือนพืชแต่ละชนิด



ภาพที่ 3. การเก็บน้ำหวานจากดอกเหรียงโดยใช้หลอดหยด

3. ศึกษาความแตกต่างของการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (รวมถึงภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย) ในพืชทั้ง 5 ชนิด โดยการวางตาข่าย (Mist net) ดักจับบริเวณรอบๆต้นที่ศึกษา ตั้งแต่เวลา 19.00 - 24.00 น.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิธีทางสถิติที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน สัดส่วนของความถี่ในการมาเยือนในแต่ละชั่วโมงคือ Kruscal - Wallis H test ทดสอบความแตกต่างระหว่างชั่วโมงของความถี่ของการมาเยือนคือ Mann - Whitney U test และทดสอบความแตกต่างระหว่างชั่วโมงของอัตราการหลั่งน้ำหวานคือ Wilcoxon signed - rank test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 10

วิธีทางสถิติที่จะนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวานกับเปอร์เซ็นต์ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดคือ Correlation โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 10

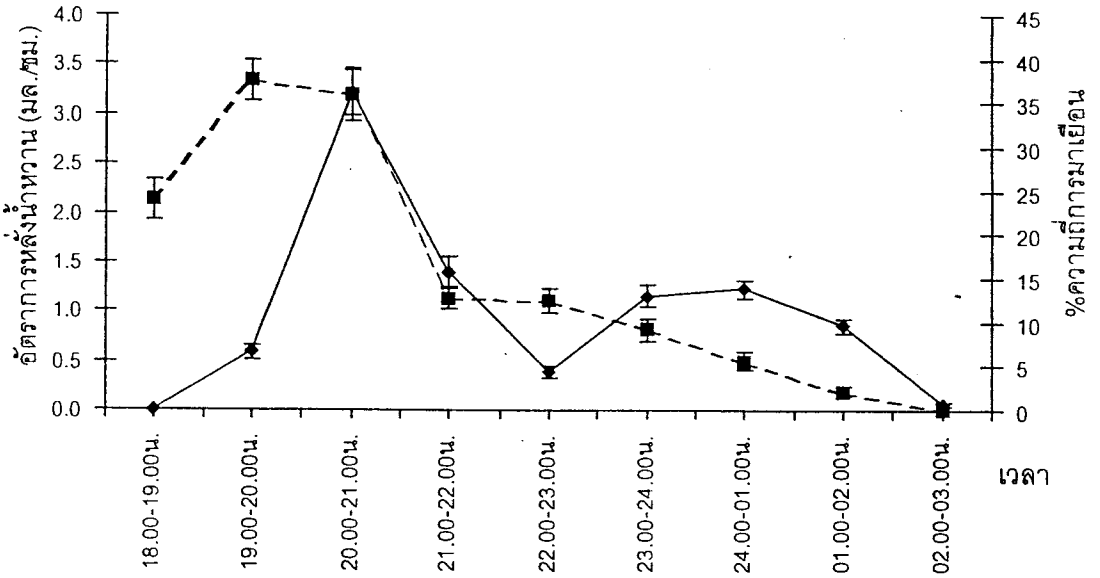
วิธีทางสถิติที่จะนำมาใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียที่มาเยือนพืชแต่ละชนิดคือ Chi – Square test โดยใช้โปรแกรม Minitab version 11

3. ผลการศึกษา

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวานและความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

เหรียง

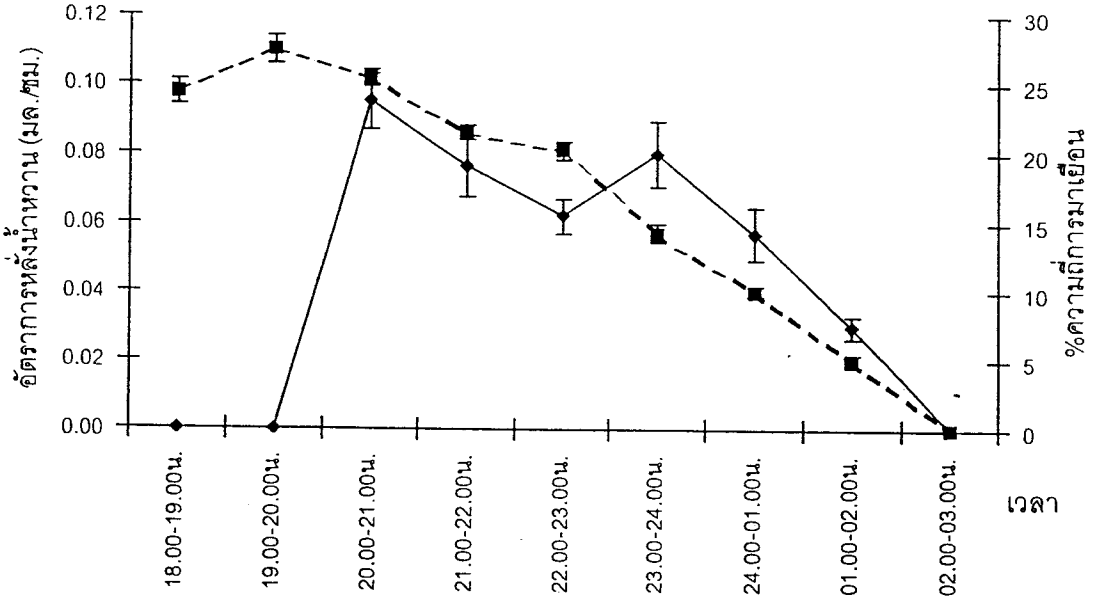
ดอกเหรียงเริ่มมีน้ำหวานที่เวลาประมาณ 19.00 น. และเริ่มมีการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่เวลาประมาณ 19.30 น.ของทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนสูงสุดที่ช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. (mean ± SE = 36.20 ± 2.49 %, n = 30 ดอก, 3 ต้น) (K – W test, d.f. = 8, $P < 0.001$) ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาที่ดอกเหรียงมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืน (ภาพที่ 4) คือ ช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. โดยอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดที่เวลา 20.00น. (mean ± SE = 3.34 ± 1.17 มล./ชม.) ไม่มีความแตกต่างกับที่เวลา 21.00 น. (mean ± SE = 3.21 ± 1.45 มล./ชม.) (n = 30 ดอก, 3 ต้น) อย่างมีนัยสำคัญ (Wilcoxon signed - rank test, $P = 0.559$) และไม่พบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดหลังเวลา 03.00 น. ปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืน 12.47 ± 3.55 มล./ดอก และพบการเข้ามาเยือนเฉลี่ย 112 ครั้ง/ดอก/คืน (45 – 189 ครั้ง/ดอก/คืน)



ภาพที่ 4. อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกเหรียง (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา

นุ่น

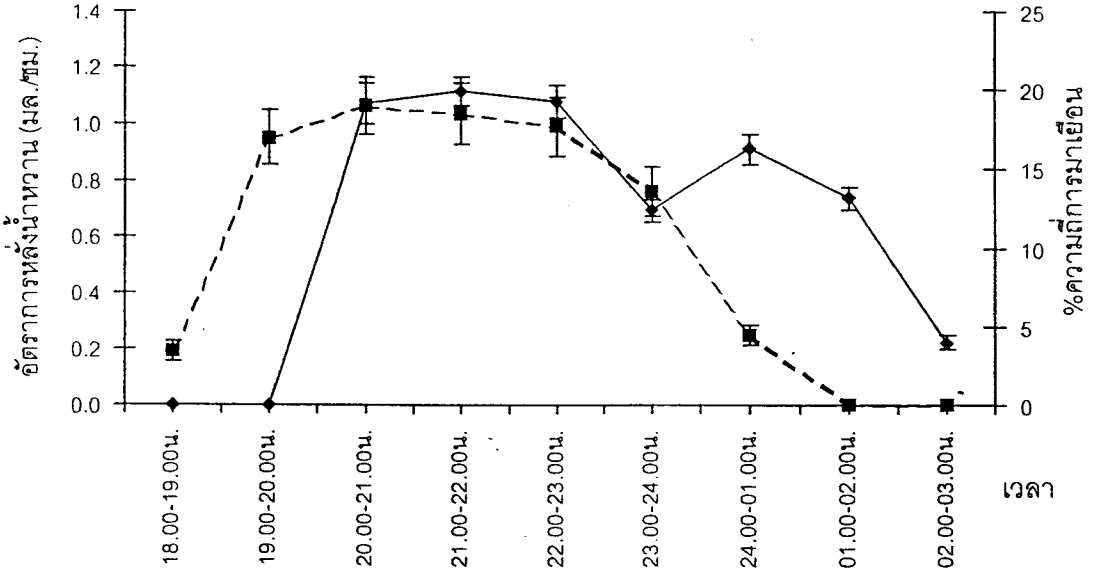
ดอกนุ่นเริ่มมีน้ำหวานที่เวลาประมาณ 19.00 น. และเริ่มมีการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่เวลาประมาณ 20.00 น.ของทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนสูงสุด 2 ช่วงเวลาในรอบคืนคือที่ช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. (mean ± SE = 23.75 ± 1.97 %) และช่วงเวลา 23.00 - 24.00 น. (mean ± SE = 19.95 ± 2.33%) (n = 36 ช่อดอก, 3 ต้น) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Mann - Whitney U test, $P = 0.187$) ซึ่งช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนสูงสุดครั้งแรกในรอบคืนอยู่ในช่วงเวลาที่ดอกนุ่นมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืน (ภาพที่ 5) คือ ช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. โดยอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดที่เวลา 20.00น. (mean ± SE = 0.11 ± 0.004 มล./ชม.) ไม่มีความแตกต่างกับที่เวลา 21.00 น. (mean ± SE = 0.10 ± 0.002 มล./ชม.) (n = 47 ดอก, 3 ต้น) อย่างมีนัยสำคัญ (Wilcoxon signed - rank test, $P = 0.064$) และหลังจากผ่านช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนสูงสุดครั้งที่สองในรอบคืน ความถี่การมาเยือนจะลดลงและไม่พบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดหลังเวลา 03.00 น. เช่นเดียวกับน้ำหวานจะหยุดหลั่งที่เวลา 03.00 น. ปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืน 0.59 ± 0.08 มล./ดอก และพบการเข้ามาเยือนเฉลี่ย 87 ครั้ง/ช่อดอก/คืน (23 – 143 ครั้ง/ช่อดอก/คืน)



ภาพที่ 5. อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกนุ่น (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกนุ่น (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา

สะตอ

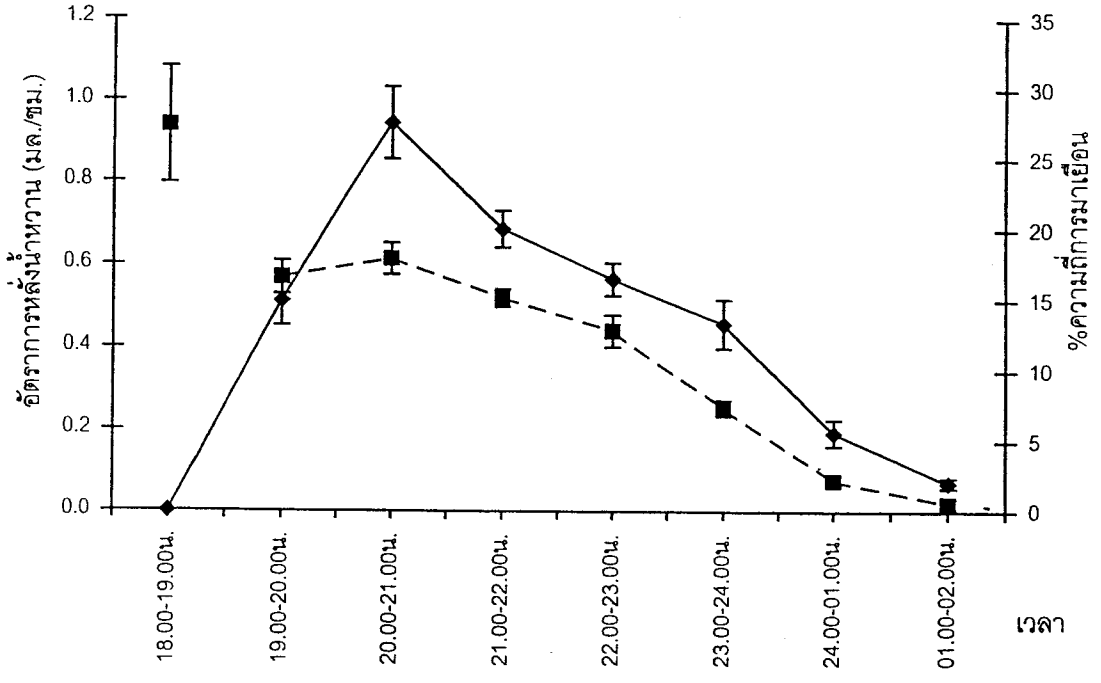
ดอกสะตอเริ่มมีน้ำหวานที่เวลาประมาณ 19.00 น. และเริ่มมีการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่เวลาประมาณ 20.00 น.ของทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนสูงสุดที่ช่วงเวลา 21.00 - 22.00 น. (mean ± SE = 19.85 ± 0.92 %) ซึ่งไม่แตกต่างกับช่วงเวลา 22.00 - 23.00 น. (mean ± SE = 19.20 ± 1.01%) (n = 30 ดอก, 3 ต้น) (Mann - Whitney U test, $P = 0.595$) อย่างมีนัยสำคัญ ช่วงเวลาที่มีความถี่สูงสุดในการมาเยือนอยู่ในช่วงเวลาเดียวกับที่ดอกสะตอมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืน (ภาพที่ 6) คือช่วงเวลา 20.00 - 23.00 น. โดยอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดที่เวลา 21.00 น. (mean ± SE = 1.06 ± 0.11 มล./ชม.) ไม่มีความแตกต่างกับที่เวลา 20.00 น., 22.00 น. และ 23.00 น. (mean ± SE = 0.95 ± 0.10 มล./ชม., mean ± SE = 1.03 ± 0.10 มล./ชม. และ mean ± SE = 0.99 ± 0.10 มล./ชม. ตามลำดับ) (n = 15 ดอก, 3 ต้น) อย่างมีนัยสำคัญ (Wilcoxon signed - rank test, $P = 0.198$, $P = 0.550$ และ $P = 0.320$ ตามลำดับ) และไม่พบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดหลังเวลา 03.00 น. ปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืน 4.98 ± 0.41 มล./ดอก และพบการเข้ามาเยือนเฉลี่ย 98 ครั้ง/ดอก/คืน (56 – 125 ครั้ง/ดอก/คืน)



ภาพที่ 6. อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกสะตอ (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกสะตอ (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา

เพกา

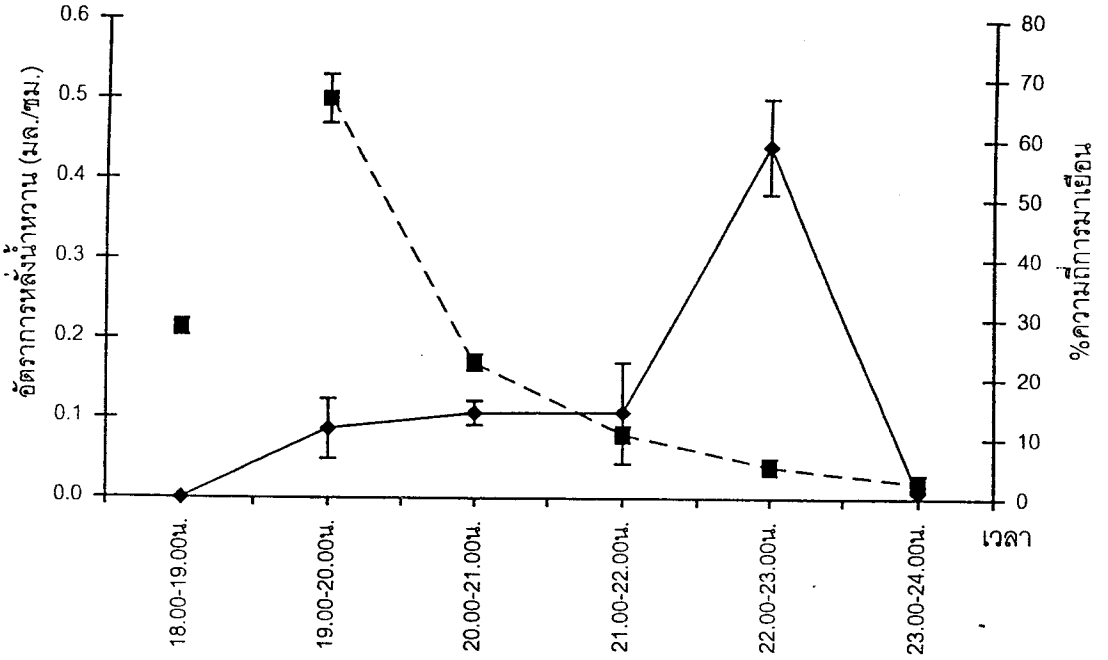
เริ่มวัดน้ำหวานดอกเพกาที่เวลา 19.00 น. (กลีบดอกเริ่มบาน) แต่ไม่ใช่อัตราการหลั่งน้ำหวานที่เวลา 19.00 น. (ดูในอภิปรายผล) ค้างคาวเล็บกุดเริ่มมาเยือนดอกแพกาที่เวลาประมาณ 19.15 น. ของทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนสูงสุดที่ช่วงเวลา 20.00 - 21.00 น. (mean ± SE = 27.56 ± 2.60 %, n = 39 ดอก, 3 ต้น) (K – W test, d.f. = 7, $P < 0.001$) ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ดอกเพกามีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดคือช่วงเวลา 20.00 - 22.00 น. โดยอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดที่เวลา 21.00 น. (mean ± SE = 0.61 ± 0.04 มล./ชม.) ไม่มีความแตกต่างกับที่เวลา 20.00 น. และ 22.00 น. (mean ± SE = 0.57 ± 0.04 มล./ชม. และ mean ± SE = 0.52 ± 0.02 มล./ชม. ตามลำดับ) (n = 15 ดอก, 3 ต้น) อย่างมีนัยสำคัญ (Wilcoxon signed - rank test, $P = 0.675$ และ $P = 0.162$ ตามลำดับ) หลังจากนั้นความถี่การมาเยือนก็ลดลงตามอัตราการหลั่งน้ำหวาน (ภาพที่ 7) และไม่พบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดหลังจากกลีบดอกเพการ่วงที่เวลาประมาณ 01.30 – 02.00 น. ปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืน 3.37 ± 0.12 มล./ดอก และพบการเข้ามาเยือนเฉลี่ย 81 ครั้ง/ดอก/คืน (35 – 186 ครั้ง/ดอก/คืน)



ภาพที่ 7. อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกเพกา (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเพกา (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา

กล้วย

เริ่มวัดน้ำหวานดอกกล้วยที่เวลา 19.00 น.และเริ่มมีการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่เวลาประมาณ 19.30 น.ของทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนสูงสุดที่ช่วงเวลา 22.00 - 23.00 น. (mean ± SE = 58.89 ± 7.97 %, n = 30 ช่อดอก, 3 ต้น) (K – W test, d.f. = 5, $P < 0.001$) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดอกกล้วยมีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่ำสุดในรอบคืน (ภาพที่ 8) คือช่วงเวลา 22.00 – 24.00 น. ในทางตรงกันข้าม ที่เวลา 20.00 น. ซึ่งดอกกล้วยมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุด (mean ± SE = 0.50 ± 0.03 มล./ชม., n = 64 ดอก, 8 ปลี, 4 ต้น) แต่มีความถี่การเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดน้อย และหลังจากผ่านช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนสูงสุดในรอบคืน ความถี่การมาเยือนจะลดลงอย่างรวดเร็วและไม่พบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดหลังเวลา 24.00 น. ปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืน 1.02 ± 0.03 มล./ดอก และพบการเข้ามาเยือนเฉลี่ย 38 ครั้ง/ช่อดอก/คืน (22 – 52 ครั้ง/ช่อดอก/คืน)



ภาพที่ 8. อัตราการหลั่งน้ำหวาน (มล./ชม. ± SE) ของดอกกล้วย (เส้นประ) เปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกกล้วย (เส้นทึบ) ในแต่ละช่วงเวลา

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

เมื่อนำผลการศึกษาอัตราการหลั่งน้ำหวานกับความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมาหาความสัมพันธ์โดยการทดสอบสหสัมพันธ์พบว่า

ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมีความ**สัมพันธ์มาก**กับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกเพกา ดอกเหรียง ($r = 0.719$, $P = 0.044$) และดอกสะตอ ($r = 0.780$, $P = 0.038$)

ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมีความ**สัมพันธ์ปานกลาง**กับอัตราการหลั่งน้ำหวานมากของดอกนุ่น ($r = 0.574$, $P = 0.137$)

ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมีความ**สัมพันธ์น้อย**กับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกเพกา ($r = 0.197$, $P = 0.640$)

ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมีความ**สัมพันธ์แบบผกผัน**กับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกกล้วย ($r = -0.321$, $P = 0.535$)

(2) **รูปแบบการเข้ามาเยือนในรอบคืนของค้างคาวเล็บกุด**

จากการเฝ้าสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในพืชทั้ง 5 ชนิดนี้ สามารถจำแนกรูปแบบการเข้ามาเยือนได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกัน คือ แบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง

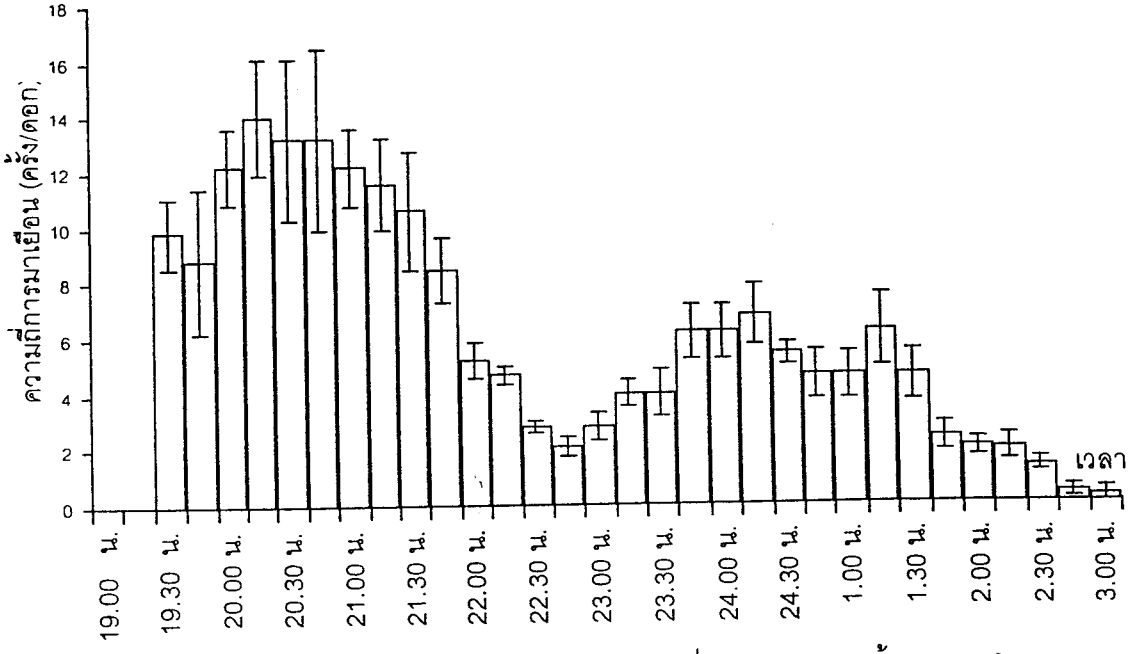
คำจำกัดความของรูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบต่อเนื่อง คือ พฤติกรรมการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดเพื่อกินน้ำหวานจากดอกพืชชนิดนั้นๆที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ไม่มีช่วงเวลาใด (ภายในเวลา 10 นาที) ในรอบคืนที่จะไม่พบการมาเยือนเลย

คำจำกัดความของรูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบไม่ต่อเนื่อง คือ พฤติกรรมการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดเพื่อกินน้ำหวานจากดอกพืชชนิดนั้นๆที่เกิดขึ้นและหายไปเป็นช่วงๆ โดยมักพบเห็นการเข้ามาเยือนที่ต้นพืชชนิดนั้นๆเป็นกลุ่ม และหายไปพร้อมกันทั้งกลุ่ม ช่วงเวลาที่หายไปแล้วกับมาอีกครั้งการนานกว่า 15 นาที การพิจารณารูปแบบการเข้ามาเยือนจะเริ่มตั้งแต่พบการเข้ามาเยือนเป็นครั้งแรกต่อเนื่องไปตลอดจนกระทั่งตัวสุดท้ายที่เข้ามาเยือนจากไปนานกว่า 1 ชั่วโมง ถือว่าสิ้นสุดรูปแบบการเข้ามาเยือนภายในรอบคืน

ในการศึกษาครั้งนี้ รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบต่อเนื่องพบได้ที่ต้นเหรียง (ภาพที่ 9) สะตอ (ภาพที่ 10) และเพกา (ภาพที่ 11) ส่วนรูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบไม่ต่อเนื่องพบได้ที่ต้นนุ่น (ภาพที่ 12) และกล้วย (ภาพที่ 13) ซึ่งเมื่อนำข้อมูลดิบจากการบันทึกความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกพืชชนิดดังกล่าวมาจัดทำในรูปกราฟแท่ง จะสามารถแยกแยะรูปแบบดังกล่าวได้อย่างชัดเจน

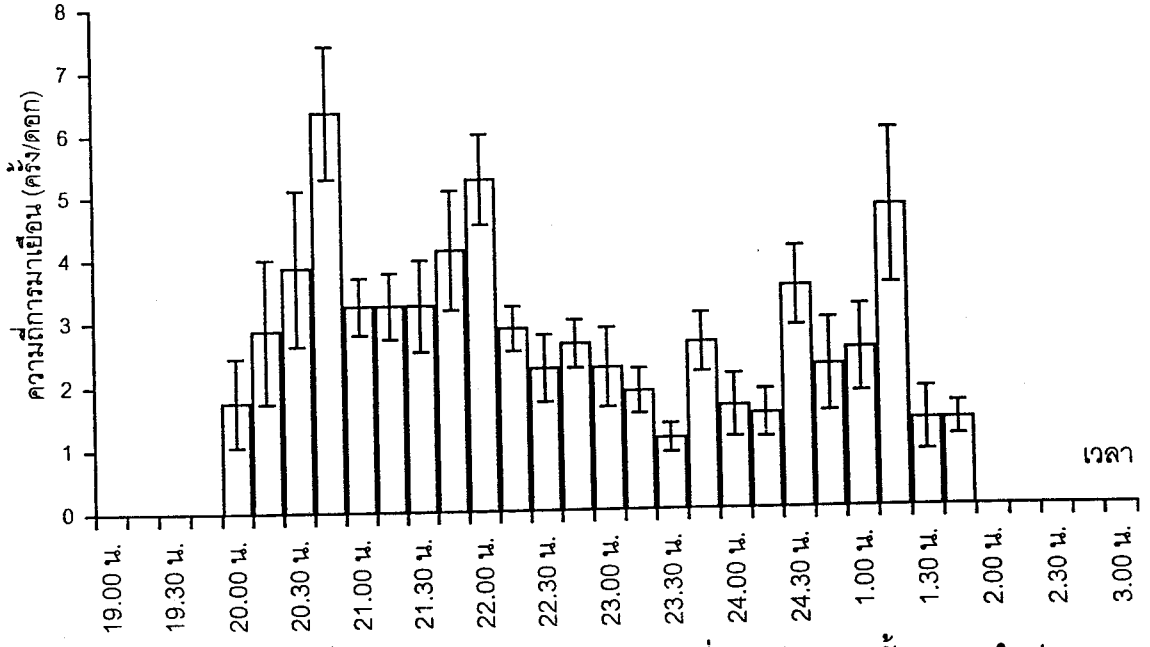
รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบต่อเนื่อง

เหรียง



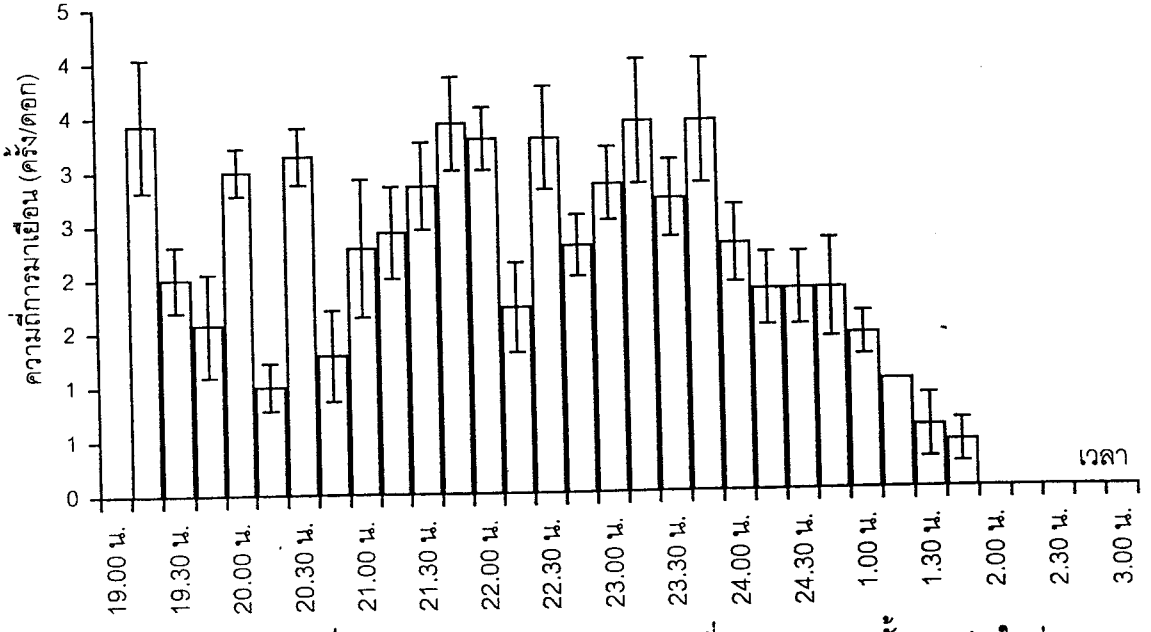
ภาพที่ 9. ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)

สะตอ



ภาพที่ 10. ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกสะตอ (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)

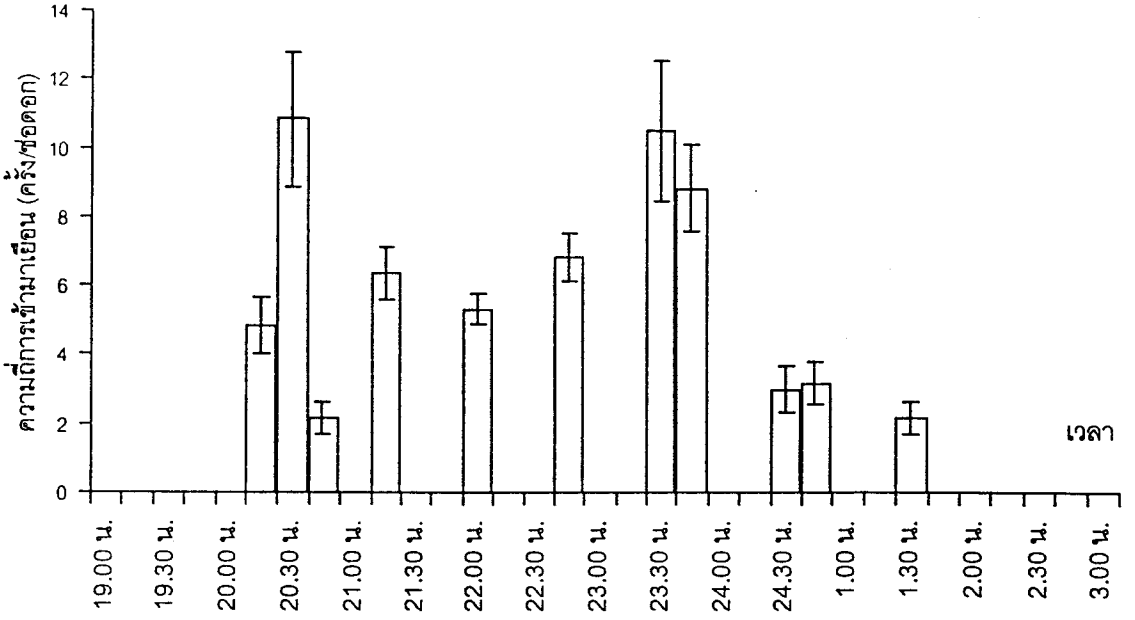
เพกา



ภาพที่ 11. ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเพกา (ครั้ง/ดอก) ในช่วงเวลาต่างๆในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)

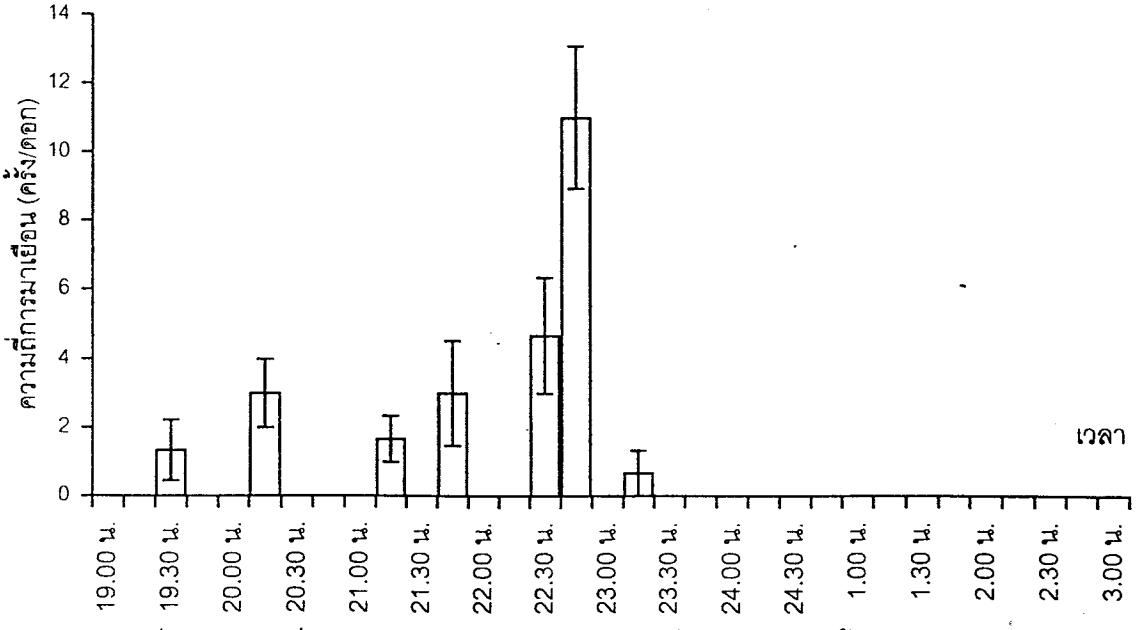
รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบไม่ต่อเนื่อง

นุ่น



ภาพที่ 12. ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกนุ่น (ครั้ง/ช่อดอก) ในช่วงเวลาต่างๆในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)

กล้วย



ภาพที่ 13. ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกกล้วย (ครั้ง/ช่อดอก) ในช่วงเวลาต่างๆในรอบคืน (n = 6 คืน, 3 ต้น)

(3) การศึกษาความแตกต่างของช่วงเวลาการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (รวมถึงความแตกต่างของภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย)

จากความพยายามในการจับค้างคาวที่มาเยือนดอกเพกาเป็นเวลา 5 คืน ไม่สามารถจับได้เลย เนื่องจากค้างคาวที่มาเยือนดอกเพกา มีเส้นทางการบินในระดับสูงและไม่แน่นอน และต้นเพกาที่ศึกษานั้นขึ้นอยู่ในที่โล่งทั้ง 3 ต้น ดังนั้นการตั้งตาข่ายในระดับความสูงนั้น จึงอาจจะเป็นที่สังเกตของค้างคาวได้ง่าย จึงทำให้ไม่สามารถจับได้ และไม่สามารถจับค้างคาวที่มาเยือนดอกเหรียงได้เนื่องจากมีเวลาในการศึกษาน้อยเพราะช่วงฤดูออกดอกของเหรียงปี 2547 นั้นสั้นมากคือเพียง 1 เดือนเท่านั้น ผู้ทำการศึกษาไม่สามารถเก็บข้อมูลส่วนนี้ได้ทัน แต่อย่างไรก็ตามมีข้อมูลการจับค้างคาวจากต้นสะตอ เพราะสะตอก็สามารถจัดอยู่ในกลุ่มพืช Mass flowering ได้เช่นกัน ประกอบกับเป็นพืชที่อยู่ในสกุลเดียวกันกับเหรียง จึงมีรูปร่างและขนาดดอกเหมือนกัน

จากการจับค้างคาวที่ต้นนุ่น ต้นสะตอ และต้นกล้วย ขณะที่อยู่ในช่วงฤดูกาลออกดอก เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสัดส่วนเพศของค้างคาวเล็บกุดที่เข้ามาเยือนดอกพืชแต่ละชนิด (x^2 = 18.06, df. = 2, P<0.001) โดยค้างคาวเล็บกุดเพศเมียจะเป็นกลุ่มที่พบมากที่สุดที่เข้ามากินน้ำหวานจากดอกนุ่นและดอกสะตอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค้างคาวเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ และพบค้างคาวเล็บกุดเพศผู้เต็มวัยมากกว่าค้างคาวเพศเมียที่เข้ามากินน้ำหวานจากดอกกล้วย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. ความแตกต่างของช่วงเวลาการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (รวมถึงความแตกต่างของภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย) ที่ต้นนุ่น (5 คืน) ต้นสะตอ (5 คืน) และต้นกล้วย (5 คืน)

พืช\ค้างคาวเล็บกุด	เพศผู้		เพศเมีย		
	วัยอ่อน	เต็มวัย	วัยอ่อน	ไม่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์	อยู่ในภาวะสืบพันธุ์
นุ่น	1	2	3	1	10
สะตอ	0	2	3	0	9
กล้วย	1	10	1	0	1

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารในน้ำหวาน

จากการเก็บสะสมน้ำหวานจากดอกพืชทั้ง 5 ชนิดชนิดละ 3 ต้นเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละตัวจากพืชแต่ละชนิด สารอาหารในน้ำหวานที่เลือกวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นในส่วนของสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อค้างคาวเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์เป็นหลัก ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่อยู่ในน้ำหวานของพืชทั้ง 5 ชนิดโดยเลือกวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ โปรตีน (Crude protein) โดยใช้เครื่อง FlashEA™ 1112 Protein Analyzer มีหน่วยเป็น%โปรตีน ความเข้มข้นของแร่ธาตุ (มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และแคลเซียม (Ca) โดยใช้เครื่อง ICP-OES โดยใช้หลักการวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างแบบ Gas Chromatography พบว่า

1. ความเข้มข้นของโปรตีน สูงสุดในน้ำหวานกล้วย รองลงมาเป็นสะตอและเหรียงตามลำดับ
2. ความเข้มข้นของโซเดียมสูงสุดในสะตอ รองลงมาเป็นกล้วย
3. ความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงสุดในนุ่น รองลงมาเป็นเหรียงและกล้วยตามลำดับ
4. ความเข้มข้นของแคลเซียมสูงสุดในสะตอ รองลงมาเป็นเหรียงและนุ่นตามลำดับ
5. ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงสุดในกล้วย รองลงมาเป็นเพกาและนุ่นตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2. ความเข้มข้นของโปรตีน (%โปรตีน) โซเดียม (มิลลิกรัม/ลิตร) โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ลิตร) แคลเซียม (มิลลิกรัม/ลิตร) และฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำหวานของดอกเหรียง นุ่น สะตอ เพกา และกล้วย

สารอาหาร\พืช	เหรียง	นุ่น	สะตอ	เพกา	กล้วย
โปรตีน	56.58 ± 1.32	45.10 ± 6.59	405.92 ± 3.87	29.60 ± 0.86	428.93 ± 12.65
โซเดียม	4.43 ± 0.69	3.15 ± 0.74	70.69 ± 0.43	6.27 ± 0.31	52.82 ± 1.65
โพแทสเซียม	146.10 ± 25.77	328.50 ± 13.44	111.91 ± 7.70	49.94 ± 0.87	108.44 ± 4.66
แคลเซียม	41.27 ± 8.59	34.64 ± 1.90	84.89 ± 2.13	26.99 ± 2.58	20.24 ± 1.86
ฟอสฟอรัส	14.69 ± 3.91	21.31 ± 1.51	1.72 ± 0.23	22.97 ± 3.35	25.26 ± 2.50

ตารางที่ 3. ปริมาณโปรตีน (%โปรตีน) โซเดียม (ไมโครกรัม) โพแทสเซียม (ไมโครกรัม) แคลเซียม (ไมโครกรัม) และฟอสฟอรัส (ไมโครกรัม) ในน้ำหวานของดอกเหรียง นุ่น สะตอ เพกา และกล้วย ที่ค้างคาวจะได้รับจากการมาเยือนในแต่ละครั้ง โดยคำนวณจากปริมาณน้ำหวานโดยเฉลี่ยของแต่ละดอกที่ผลิตได้ตลอดทั้งคืนคูณความเข้มข้นของสารอาหารและแร่ธาตุที่วิเคราะห์ได้หารด้วยจำนวนครั้งการมาเยือนตลอดทั้งคืนโดยเฉลี่ยของแต่ละดอก

สารอาหาร\พืช	เหรียง	นุ่น	สะตอ	เพกา	กล้วย
โปรตีน	6.28	3.06	20.63	1.23	5.42
โซเดียม	0.49	0.21	3.59	0.26	0.67
โพแทสเซียม	16.21	22.28	5.69	2.08	1.37
แคลเซียม	4.58	2.35	4.31	1.12	0.26
ฟอสฟอรัส	1.63	1.45	0.09	0.96	0.32

4. อภิปรายผล

ความสัมพันธ์ระหว่างการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้และความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

จากผลการศึกษาความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในรอบคืน สนับสนุนข้อสมมติฐานที่ 1 เพียงบางส่วนเท่านั้นคือ ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดสูงที่สุดในช่วงเวลาที่มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในดอกเหรียง ดอกนุ่น ดอกสะตอ และดอกเพกา แต่ลักษณะดังกล่าวกลับไม่ปรากฏในกล้วย แม้ในส่วนของดอกเพกา จากผลการศึกษาชี้ว่าที่เวลา 19.00 น. มีปริมาณน้ำหวานสูงสุด แต่ในความเป็นจริงดอกเพกาเริ่มหลั่งน้ำหวานตั้งแต่ดอกยังไม่บาน เพราะผู้ทำการศึกษาเคยทดลองเจาะตรงกลีบดอกบริเวณใกล้ฐานรองดอกขณะที่ดอกเพกายังไม่เริ่มบาน (เวลา 17.30 น.) พบว่ามีปริมาณน้ำหวานอยู่จำนวนหนึ่งแล้ว ดังนั้นปริมาณน้ำหวานที่วัดได้ในตอนแรกจึงเป็นปริมาณน้ำหวานที่หลั่งสะสมไว้นานกว่า 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปได้ว่าว่า ดอกเพกาเริ่มหลั่งตั้งแต่เวลาประมาณ 17.00 น. อัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดที่เวลา 21.00 น. ซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนของค้างคาวสูงสุดพอดี คือที่ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น.

จากผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจาก เหรียง นุ่น และสะตอมีจำนวนดอกบานต่อคืนมาก และเมื่อถึงช่วงเวลาที่ดอกไม้มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุด เมื่อพิจารณารวมจากทั้งต้นจะเกิดเป็นแหล่งน้ำหวานปริมาณมาก กลิ่นของน้ำหวานปริมาณมากๆรวมถึงกลิ่นของดอกจำนวนมาก ย่อมจะเป็นสิ่งกระตุ้นระดับกิจกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุดได้เป็นอย่างดี เพราะจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าดอกพืชที่ต้องการผู้ผสมเกสรเป็นค้างคาวส่วนใหญ่ ขณะที่ดอกบานก็จะปล่อยกลิ่นที่มีสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งดึงดูดค้างคาวให้เข้ามาเยือนได้อย่างดี ทำให้เกิดการตอบสนองที่ชัดเจน (Helversen *et al.*, 2000) ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาเดียวในรอบคืนที่ค้างคาวเล็บกุดจะได้รับอาหาร (พลังงาน) ในอัตราที่สูงที่สุด ดังนั้นจึงทำให้พบเปอร์เซ็นต์ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดสูงที่สุดในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย อย่างไรก็ตามกลิ่นของดอกและกลิ่นของน้ำหวาน จะมีส่วนสำคัญต่อค้างคาวในการค้นหาและระบุตำแหน่งของดอกน้ำหวานเพียงในช่วงแรกๆของการมาเยือนเท่านั้น หลังจากนั้นจะใช้การจดจำเป็นหลัก (Helversen *et al.*, 2000) เพราะจากการเฝ้าสังเกตพบว่า ดอกไหนที่พบการมาเยือนในช่วงแรกๆ (ประมาณ 1 ชั่วโมงหลังพบการมาเยือนครั้งแรก) ก็พบการมาเยือนอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งคืน ส่วนดอกไหนที่ไม่พบการมาเยือนในช่วงแรกๆ ก็จะไม่พบการมาเยือนเลยหรือพบน้อยมากตลอดทั้งคืน จากพฤติกรรมของ

ค้างคาวกินผลไม้ที่อาศัยกลิ่นในการค้นหาและระบุตำแหน่งของดอกน้ำหวานและหลังจากนั้นอาศัยการจดจำเป็นหลัก สามารถอธิบายถึงการที่พบความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเพกาสูงสุดในช่วงเวลาที่น้ำหวานหลั่งสูงสุดได้ด้วยเช่นกัน แม้ว่าเพกาจะมีจำนวนดอกบานต่อคืนน้อย ส่วนกล้วย แม้มีช่วงเวลาที่มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืนที่ชัดเจนเช่นกัน (20.00 น.) แต่จากผลการศึกษาจะเห็นว่า จำนวนครั้งการมาเยือนในช่วงเวลาที่ดอกกล้วยมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดมีไม่กี่ครั้ง เมื่อเทียบกับที่ช่วงเวลา 23.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีจำนวนครั้งการมาเยือนสูงที่สุดในรอบคืน ทั้งนี้เนื่องจากดอกกล้วยมีอัตราการหลั่งน้ำหวานที่ต่ำ แม้ค้างคาวเล็บกุดจะเลือกเข้ามาเยือนช่วงเวลาที่ดอกกล้วยหลั่งน้ำหวานออกมาสูงสุดก็ตาม แต่ปริมาณที่ได้รับจากการเข้ามาเยือนแต่ละครั้งดูเหมือนจะไม่เพียงพอ (หรือไม่คุ้มค่า) ดังนั้นการรอช่วงเวลาให้ดอกกล้วยหลั่งน้ำหวานออกมาสะสมมากที่สุดก่อนจึงจะเข้าไปกินน้ำหวาน น่าจะเป็นสิ่งที่เหมาะสมและคุ้มค่ากว่า ส่วนช่วงเวลาก่อนหน้านั้น อาจจะไปหากินน้ำหวานจากดอกพืชที่มีอยู่มากในช่วงเวลานั้นก่อนเช่น เหรียง สะตอ และนุ่น ซึ่งช่วงเวลาการออกดอกของกล้วยจะกินระยะเวลาต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงเวลาการออกดอกของเหรียง นุ่น และสะตอ และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4 5 และ 6 สัดส่วนความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกเหรียง ดอกนุ่น และดอกสะตอลดลงต่ำสุดที่ช่วงเวลา 23.00 น. ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ซึ่งจากการเฝ้าสังเกตยังพบว่าการมาเยือนของค้างคาวในช่วงเวลาหลัง 23.00 น. ค้างคาวใช้เวลาเกาะที่ดอกนานขึ้น เพื่อเพิ่มเวลาในการกินน้ำหวานจากดอกให้มากขึ้น ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าว อัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกเหรียง สะตอ และนุ่น ลดลงมากแล้ว ทำให้ปริมาณน้ำหวานที่ได้กินจากการเลียต่อครั้งลดน้อยลง ลักษณะดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวที่เหมาะสมตามหลักของความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนและผลประโยชน์ที่จะได้รับ (costs & benefits) ถ้าหากการบินเข้ามากินน้ำหวานจากดอกไม้แต่ละครั้งใช้พลังงานเท่ากัน (costs) ปริมาณน้ำหวานที่ได้จากการเข้ามาเยือนแต่ละครั้งในช่วงที่มีน้ำหวานปริมาณมาก (ก่อน 23.00 น.) กับช่วงเวลาที่มีน้ำหวานน้อย (หลัง 23.00 น.) ย่อมต่างกัน (หากใช้เวลาในการเกาะที่ดอกเท่ากัน) ดังนั้นการเพิ่มเวลาในการเกาะที่ดอกนานขึ้นจึงเป็นการรักษาความคุ้มค่าและผลประโยชน์ที่ได้รับสุทธิให้สูงที่สุดต่อการมาเยือนแต่ละครั้ง (ตามข้อสันนิษฐานของทฤษฎี Optimization)

ในส่วนของดอกเพกาสามารถอธิบายได้อีกอย่างหนึ่งว่า จากผลการศึกษาที่ได้ ช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนของค้างคาวที่ดอกเพกาสูงสุด เป็นช่วงเวลาที่ค้างคาวสามารถเข้าไปกินน้ำหวานจากดอกเพกาได้ง่ายที่สุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากเป็นเวลาที่กลีบดอกเพกาบานเต็มที่รวมถึงปริมาณน้ำหวานสะสมภายในดอกในระดับที่ค้างคาวเล็บกุดสามารถกินได้ง่ายที่สุดหรือเป็นช่วงเวลาที่ดอกเพกาสามารถสะสมน้ำหวานภายในดอกในปริมาณที่สูงสุดเป็นครั้งแรกในรอบคืน

เพราะจากลักษณะรูปร่างของดอกที่สามารถกักเก็บน้ำหวานได้ดี ไม่เอ่อล้นหรือหกเทได้ง่ายเหมือนดอกเหรียงดอกนุ่น และดอกสะตอ เมื่อค้างคาวเข้าเกาะดอกเพกาจะทำให้ดอกเพกาโน้มลงพร้อมกับเทน้ำหวานออกมา (Gould, 1978) ซึ่งถ้าหากเป็นช่วงเวลาก่อนหน้าหรือหลังจากนั้น ค้างคาวเล็บกุดจะต้องแลบลิ้นเข้าไปกินน้ำหวานยังจากส่วนของโคนดอกเพกาด้วยตัวเอง และต้องออกแรงมากกว่าเพราะต้องมุดหัวเข้าไปลึกกว่า หรือกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำหวานของดอกเพกาที่หลั่งสะสมในดอกเพกาจนถึงช่วงเวลาดังกล่าว เป็นปริมาณที่คุ้มค่าที่สุดหรือให้ผลประโยชน์สูงสุดในแง่ของพลังงานต่อการมีระดับกิจกรรมสูงสุดต่อการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดเช่นเดียวกับการเลือกที่จะมีระดับกิจกรรมสูงสุดของการเข้ามาเยือนที่ดอกพืชชนิดอื่นด้วย

เมื่อผ่านจากช่วงเวลาที่มีกิจกรรมสูงสุดในรอบคืนแล้ว ความถี่ในการของค้างคาวเล็บกุดในพืชทั้ง 5 ชนิดก็จะค่อยๆลดลงตามอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้ ซึ่งการลดระดับกิจกรรมลง (ลดความถี่การเข้ามาเยือน) เป็นการรักษาผลประโยชน์ของการได้รับพลังงานสุทธิไว้ หากยังมีระดับของกิจกรรมเท่าเดิมเหมือนในขณะที่มีน้ำหวานมากแล้ว จะทำให้อัตราการได้รับอาหาร (พลังงาน) ลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความรุนแรงในการแก่งแย่งกันด้วย

เนื่องจากดอกแต่ละดอกภายในต้นเดียวกันนั้นมีความแปรผันในการสร้างน้ำหวาน (Feinsinger, 1978) ทำให้การสิ้นสุดของการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดไม่สัมพันธ์กับการสิ้นสุดของการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้ ดังจะเห็นได้ชัดจากกรณีของความถี่การมาเยือนในดอกสะตอ และดอกเหรียง พบว่าแม้ดอกสะตอและดอกเหรียงจะหยุดหลั่งน้ำหวานตั้งแต่เวลาประมาณ 01.00 น. และ 02.00 น. ตามลำดับ แต่ก็ยังพบค้างคาวจำนวนหนึ่งที่ยังคอยเข้ามาเยือนดอกสะตอและดอกเหรียงอยู่เรื่อยๆจนถึงเวลาประมาณ 03.00น. จึงเริ่มกลับกันหมด ทั้งนี้เนื่องจากความแปรผันในการสร้างน้ำหวานของดอกแต่ละดอกภายในต้นเดียวกัน เพราะจากการศึกษาหลายๆครั้งที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่า เมื่อความแปรผันในการสร้างน้ำหวานของแต่ละดอกภายในต้นเดียวกันมีมาก (แม้จะเป็นปริมาณน้อยๆก็ตามเช่นในสะตอ) ก็ยิ่งทำให้ผู้ผสมเกสร (ค้างคาวเล็บกุด) ใช้เวลาหากินที่ต้นนั้นนานขึ้น (Feinsinger, 1978) และยังคอยเข้ามาเยือนอยู่เรื่อยๆแม้ในขณะที่ดอกส่วนใหญ่จะหยุดหลั่งน้ำหวานไปนานแล้วก็ตาม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มเวลาในการตรวจสอบแต่ละดอกภายในต้นก่อนกลับ (Waser, 1983 in Rathcke, 1992) เพื่อค้นหาดอกที่ยังมีการหลั่งน้ำหวานอยู่ แม้ดูเหมือนเป็นลักษณะที่ไม่เหมาะสมในการหาอาหาร เพราะเสี่ยงต่อการขาดทุนด้านพลังงาน แต่ก็พบเพียงส่วนน้อยเท่านั้นซึ่งมีความเป็นไปได้สำหรับกลุ่มที่ยังไม่อิ่มหรือเป็นกลุ่มที่เพียงแค่แวะเวียนมาในระหว่างทางการบินกลับที่พักก็เป็นได้

ผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่า ความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดสัมพันธ์กับอัตราการหลั่งน้ำหวานมากกว่าความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน และพลังงานที่จะได้รับจากน้ำตาลใน

น้ำหวานในดอกเหรียง นุ่น และสะตอ (ดูในภาคผนวก) ยกเว้นในส่วนของเพกาที่ผลการทดสอบทางสถิติชี้ให้เห็นว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวานมีความสัมพันธ์กันมากกับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดและมีความสัมพันธ์กันปานกลางกับอัตราการหลั่งน้ำหวาน ทั้งนี้เป็นเพราะค่าปริมาณน้ำหวานที่วัดได้ที่ 19.00 น. ไม่ใช่อัตราการหลั่งน้ำหวาน ณ เวลานั้น จึงทำให้ผลทางสถิติคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เพราะเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 7 จะเห็นว่าความถี่ในการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดสัมพันธ์กับอัตราการหลั่งน้ำหวานมาก หากไม่คิดในชั่วโมงแรก จะได้ค่าสหสัมพันธ์ที่ชี้ให้เห็นว่า ความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดมีความสัมพันธ์กันมากกับอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกเพกา ($r = 0.893$, $P = 0.007$)

ความสัมพันธ์ระหว่างการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้และรูปแบบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

จากการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในพืชทั้ง 5 ชนิดนี้ พบว่ารูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดระหว่างในเหรียง สะตอ และเพกา มีความแตกต่างกับในนุ่นและกล้วยคือ รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในดอกเหรียง ดอกสะตอ และดอกเพกา เป็นแบบต่อเนื่อง ส่วนรูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดในดอกนุ่น และดอกกล้วยเป็นแบบกลุ่มหรือแบบไม่ต่อเนื่อง เนื่องจาก ปริมาณน้ำหวานที่หลั่งของดอกพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าวจึงสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 2 กล่าวคือ รูปแบบการเข้ามาเยือนในรอบคืนของค้างคาวเล็บกุดมีความแตกต่างกันตามอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชแต่ละชนิด ทั้งนี้เมื่อพิจารณากลุ่มพืชที่มีการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดแบบต่อเนื่อง พบว่าแต่ละดอกมีการหลั่งน้ำหวานโดยเฉลี่ยทั้งคืนที่ค่อนข้างสูง (เหรียง = 12.43 มล./ดอก/ชม., สะตอ = 4.98 มล./ดอก/ชม. และเพกา = 3.41 มล./ดอก/ชม.) เมื่อเทียบกับกลุ่มพืชที่มีการมาเยือนของค้างคาวแบบกลุ่มหรือแบบไม่ต่อเนื่อง (นุ่น = 0.6 มล./ดอก/ชม., กล้วย = 1.02 มล./ช่อดอก/ชม.) อีกทั้งยังมีปัจจัยเรื่องจำนวนดอกบานต่อคืนที่สัมพันธ์กับจำนวนค้างคาวที่เข้ามาเยือนในแต่ละคืนด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Dreisig (1995) ซึ่งอธิบายได้ว่า เหรียงและสะตอ มีจำนวนดอกบานต่อคืนมาก และเป็นพืชที่ออกดอกเพียงปีละครั้ง (พืชกลุ่ม Mass flowering) จึงทำให้เป็นที่สนใจและดึงดูดให้ค้างคาวกลุ่มใหญ่เข้ามาเยือน (Baker and Baker, 1983 ; Ayensu, 1974 in Fleming, 1982) การเข้ามาเยือนของค้างคาวจำนวนมากทำให้น้ำหวานที่หลั่งสะสมลดลงอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ดอกแหรียงและดอกสะตอมีอัตราการหลั่งน้ำหวานที่สูง การหลั่งน้ำหวานออกมาทดแทนจึงทำได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้สามารถรองรับการเข้ามาเยือนของ

ค้างคาวได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีการหลั่งน้ำหวาน ส่วนเพกามีจำนวนดอกบานต่อคืนน้อย จึงไม่เป็นที่สนใจของค้างคาวกลุ่มใหญ่ ดังนั้นจากจำนวนค้างคาวที่เข้ามาเยือนต่อคืนที่มีไม่มาก ประกอบกับการมีอัตราการหลั่งน้ำหวานโดยเฉลี่ยทั้งคืนที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับดอกนุ่นและดอกกล้วย ทำให้สามารถรองรับการเข้ามาเยือนของค้างคาวได้ตลอดเวลาที่ดอกเพกายังไม่ร่วง (เวลา 19.00 น. - 02.00น.)

ส่วนนุ่น มีจำนวนดอกบานต่อคืนมาก และเป็นพืชที่ออกดอกเพียงปีละครั้ง (พืชกลุ่ม Mass flowering) เช่นเดียวกับเหรียงและสะตอ แต่ดอกนุ่นมีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่อดอกที่ต่ำมาก จึงไม่สามารถรองรับการมาเยือนของค้างคาวกลุ่มใหญ่ที่มาเยือนได้ตลอดช่วงเวลาที่ดอกนุ่นมีการหลั่งน้ำหวาน (แม้ว่าจะมีจำนวนดอกบานในแต่ละคืนที่มาก) สังเกตได้จากทุกคืนที่สำรวจจะพบว่า การเข้ามาเยือนของค้างคาวที่ดอกนุ่นจะมาเป็นกลุ่ม คือเป็นการเข้าพร้อมกันทีเดียวเป็นกลุ่มใหญ่ กินเวลาประมาณ 15 - 30 นาที หลังจากนั้นก็จะหายไปพร้อมกัน ซึ่งกินเวลาประมาณ 30 - 45 นาที แล้วค่อยกลับมาใหม่อีกครั้ง ลักษณะดังกล่าวจะเริ่มปรากฏหลังจากเวลาประมาณ 21.30 น. ของทุกคืน ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกนุ่นเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นไปในลักษณะเช่นนี้ทุกคืนและตลอดช่วงเวลาที่ดอกนุ่นมีการหลั่งน้ำหวาน ในกล้วยก็เช่นเดียวกัน แม้จำนวนค้างคาวที่เข้ามาเยือนต่อคืนจะมีไม่มากเหมือนในนุ่น แต่จากอัตราการหลั่งน้ำหวานดอกกล้วยที่ต่ำมาก การเข้ามาเยือนติดต่อกันเพียงไม่กี่ครั้ง น้ำหวานก็หมดจากที่เก็บแล้ว และต้องใช้เวลาในการหลั่งน้ำหวานสะสมขึ้นมาใหม่ให้เพียงพอต่อการเข้ามาเยือนในครั้งต่อไป จึงทำให้ไม่พบการมาเยือนในช่วงเวลาดังกล่าว และเป็นเพราะแต่ละดอกมีความแปรผันของอัตราการหลั่งน้ำหวานมาก บางดอกก็ไม่มีการหลั่งน้ำหวานเลยตลอดคืน ลักษณะดังกล่าวทำให้ผู้ผสมเกสรมีโอกาสพบดอกที่มีน้ำหวานน้อยเร็วขึ้นและจะทำให้ผู้ผสมเกสรจากไปเร็วขึ้น ในทางกลับกันผู้ผสมเกสรบางกลุ่มที่พบบางดอกที่มีน้ำหวานมากก็จะอยู่นานขึ้น ทำให้ลักษณะการเข้ามาเยือนเป็นแบบมาๆหยุดๆ (Feinsinger, 1978) ส่งผลให้พฤติกรรมการเข้ามาเยือนไม่สัมพันธ์กับอัตราการหลั่งน้ำหวาน

แต่ทั้งนี้หากพิจารณาจากปริมาณน้ำหวานโดยรวมทั้งต้นของพืชทั้ง 5 ชนิดพบว่า นุ่น (1,475 มล. /ต้น/คืน) มีปริมาณน้ำหวานโดยรวมทั้งต้นสูงกว่าสะตอ (348.6 มล. /ต้น/คืน) เพกา (50.6 มล. /ต้น/คืน) และกล้วย (2.2 มล. /ต้น/คืน) อย่างชัดเจน แม้จะน้อยกว่าเหรียง (1,864.5 มล./ต้น/คืน) ก็ตาม (คำนวณจาก ปริมาณน้ำหวานต่อดอกต่อคืนโดยเฉลี่ยคูณกับจำนวนดอกบานสูงสุดต่อคืน) ปริมาณน้ำหวานที่มากขนาดนี้มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถรองรับการมาเยือนของค้างคาวได้อย่างต่อเนื่องเหมือนในเหรียง สะตอ และเพกา แต่รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวที่ดอกนุ่นกลับแตกต่างจากเหรียงและสะตอ ซึ่งเป็นพืชกลุ่มเดียวกัน (มีจำนวนดอกบานต่อคืน

มาก) ทั้งนี้หากค้างคาวเข้ามาเยือนดอกนุ่นทุกดอกที่บานในคืนนั้นๆ เพราะจากการเฝ้าสังเกตพบว่าไม่ใช่ทุกดอกที่บานในคืนนั้นๆที่ค้างคาวจะเข้าไปเยือน ขึ้นอยู่กับในช่วงเวลาแรกๆของการเข้ามาเยือน (1 ชั่วโมงหลังพบการมาเยือนครั้งแรก) ว่าค้างคาวเลือกเข้าไปเยือนดอกไหนก็จะเยือนดอกนั้นตลอดทั้งคืน ดอกไหนที่ไม่พบการมาเยือนในช่วงแรกๆก็จะไม่พบเลยหรือพบน้อยมากทั้งคืน จากพฤติกรรมการเข้ามากินน้ำหวานของค้างคาวในลักษณะดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ค้างคาวเรียนรู้ที่จะจดจำอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกพืชที่เข้าไปเยือน และสามารถกะประมาณช่วงเวลาการหลั่งน้ำหวานทดแทนของแต่ละดอกได้ ดังนั้นการหายไปของค้างคาวในช่วงเวลาดังกล่าวจึงเป็นการรอให้น้ำหวานหลั่งออกมาสะสมใหม่อีกครั้ง แล้วค่อยเข้าไปกิน หรือไปเยือนต้นนุ่นต้นอื่นในบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากนุ่นที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันมักออกดอกพร้อมกัน หรือไปหากินจากดอกพืชชนิดอื่นแล้วค่อยกลับมาอีกครั้ง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค้างคาวในกลุ่มค้างคาวกินผลไม้มักจะหากินจากพืชมากกว่า 2 ชนิดต่อคืน (Heithaus *et al.*, 1975 in Bawa, 1990 ; Start and Marshall, 1976) ซึ่งจะเป็นการคุ้มค่ากว่าในแง่ของพลังงานสุทธิที่ได้รับ (ตามแนวทางของทฤษฎี Optimization) แทนที่จะคอยบินวนเพื่อกินน้ำหวานในปริมาณน้อยๆจากหลายๆดอก และมีโอกาสสูงที่จะพบดอกที่ไม่มีน้ำหวาน แม้ว่าจากผลการจับค้างคาวที่ต้นนุ่นและต้นกล้วยจะพบว่ามีค้างคาวชนิดอื่นรวมอยู่ด้วย แต่จากรูปแบบการเข้ามาเยือนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงไม่ส่งผลต่อผลการศึกษาเพราะเมื่อพบว่ามีการเข้ามาเยือน ก็จะมาพร้อมกันและหายไปพร้อมกันเช่นนี้เสมอไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวเล็บกุดจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำหวานที่หลั่งจากแต่ละดอกมากที่สุด ไม่ใช่จากปริมาณน้ำหวานโดยรวมจากทั้งต้น (ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนดอกบานในแต่ละคืน) และค้างคาวชนิดอื่นที่เข้ามากินน้ำหวานจากดอกนุ่นและดอกกล้วยน่าจะมีความต้องการในลักษณะนี้เช่นเดียวกันจึงมีรูปแบบการเข้ามาเยือนที่เหมือนกัน

ความแตกต่างของการเข้ามาเยือนระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย (รวมถึงความแตกต่างของภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย) กับปริมาณสารอาหารในน้ำหวาน

จากผลการศึกษาสนับสนุนสมมติฐานที่ว่า สัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียที่มาเยือนพืชแต่ละชนิดควรจะแตกต่างกันตามอัตราการหลั่งน้ำหวานโดยรวมจากทั้งต้น โดยพืชในกลุ่ม Mass flowering จะมีปริมาณน้ำหวานโดยรวมจากทั้งต้นมากกว่าในพืชกลุ่ม Steady state flowering จึงทำให้พบสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศเมียที่มาเยือนพืชในกลุ่ม Mass flowering มากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ และพบสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ที่มาเยือนพืชในกลุ่ม

Steady state flowering มากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศเมีย รวมถึงค้างคาวชนิดอื่นด้วย (ค้างคาวขอบหูขาว *(Cynopterus* spp.) และค้างคาวบัว (*Rousettus* sp.)) นั่นชี้ให้เห็นถึงเหตุผลของความต้องการด้านพลังงานที่แตกต่างกันระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย เพราะค้างคาวเล็บกุดเพศเมียตัวเต็มวัยสามารถสืบพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี (Beck and Lim, 1973) ดังนั้นความสมบูรณ์ของร่างกายที่พร้อมอยู่เสมอสำหรับการสืบพันธุ์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ และจะมีความต้องการด้านพลังงานที่สูงขึ้นอีกมากโดยเฉพาะในช่วงภาวะสืบพันธุ์ ดังนั้นค้างคาวเล็บกุดที่จับได้ขณะเข้ามากินน้ำหวานจากพืชกลุ่ม Mass flowering ส่วนใหญ่จึงเป็นเพศเมีย (82.35%ในนุ่น และ 85.71%ในสะตอ) และส่วนใหญ่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ (ตั้งท้องและให้น้ำนม) (71.43%ในนุ่น และ 75.00%ในสะตอ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Voigt (2003) ที่พบว่า อัตราการได้รับพลังงาน (การกินอาหาร) ในแต่ละวันของค้างคาวกินผลไม้เพศเมียอยู่ในระดับที่สูงโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี (ทั้งที่อยู่ในช่วงและหลังภาวะสืบพันธุ์) เพราะพืชกลุ่ม Mass flowering จะให้ค่าพลังงานจากน้ำหวานที่สูงกว่าจากพืชกลุ่ม Steady state flowering มาก เนื่องจากมีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่อดอกโดยเฉลี่ยตลอดทั้งคืนที่สูงกว่ามากและปริมาณน้ำหวานโดยรวมทั้งต้นต่อคืนที่สูงกว่ามากด้วย จึงถือได้ว่าเป็นลักษณะการหาอาหารที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ แต่เนื่องจากเหรียงและนุ่นจะออกดอกเพียงปีละครั้งเท่านั้น และการมีจำนวนดอกบานต่อบานต่อคืนมาก จึงเป็นที่ดึงดูดของค้างคาวหลายๆตัวรวมถึงค้างคาวชนิดอื่นด้วย ทำให้เกิดการแก่งแย่งกันเข้าไปกินน้ำหวานจากดอกเหรียงและดอกนุ่น ซึ่งบ่อยครั้งจะพบการเข้ามาเยือนของค้างคาว 2 ตัวพร้อมๆกันที่ดอกเดียวกันและมีการส่งเสียงร้องออกมา ลักษณะที่มีการแก่งแย่งกันสูงในพื้นที่แหล่งอาหารนี้ จะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงจากการอดอาหารหรือได้รับอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำหวานที่มีอยู่นั้นก็เพียงพอต่อความต้องการของค้างคาวทุกตัว ตามสัดส่วนของจำนวนค้างคาวที่เข้ามาเยือนต่อจำนวนดอกบานในแต่ละคืนจากแต่ละต้น (Dreisig, 1995)

จากสัดส่วนที่พบค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ที่มากินน้ำหวานจากดอกกล้วยซึ่งถูกจัดอยู่ในพืชกลุ่ม Steady state flowering มากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศเมียนั้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก ค้างคาวเล็บกุดเพศผู้อาจจะออกหากินเดี่ยวๆ เช่นเดียวกับค้างคาว *Cynopterus sphinx* (Elangovan *et al.*, 2000) หากินบริเวณใกล้ถ้ำ (Start, 1974) และใช้เวลาในการหาอาหารในรอบคืนน้อยกว่าเพศเมีย สังเกตได้จากค้างคาวเล็บกุดเพศผู้จะเริ่มกลับเข้าถ้ำเป็นส่วนใหญ่ตั้งแต่เวลาประมาณเที่ยงคืน ซึ่งการกลับถ้ำเร็วของเพศผู้อาจจะเป็นผลจากพฤติกรรมการสืบพันธุ์ ที่เพศผู้ต้องรีบกลับไปเพื่อป้องกันอาณาเขตของฮาเร็ม (harem) (การอยู่รวมกันแบบตัวผู้ 1 ตัวต่อตัวเมียหลายตัว) ของตัวเอง ดังนั้นเพศผู้จึงไม่จำเป็นต้องหาแหล่งอาหารที่พอเพียงสำหรับกลุ่มหากิน แค่มีเพียงพอ

สำหรับตัวเอง และไม่จำเป็นต้องแสวงหาแหล่งอาหารที่มีให้พลังงานในอัตราที่สูงมากในรอบคืน แต่จะต้องเป็นแหล่งอาหารที่สามารถคาดคะเนได้ว่าจะมีตลอดเกือบทั้งปี (Fleming, 1982) และมีการแข่งขันในพื้นที่หากินกันน้อยด้วย เพราะจะเป็นการร่นระยะเวลาในการค้นหาแหล่งอาหารและได้ใช้เวลาในการกินได้อย่างเต็มที่ ไม่ต้องแก่งแย่งกับค้างคาวจำนวนมาก

ในส่วนพฤติกรรมการกลับถ้ำของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้เร็วกว่าเพศเมีย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Start (1974) พบว่า ค้างคาวเล็บกุดเพศเมียมีแนวโน้มที่จะออกหากินไกลจากถ้ำกว่าเพศผู้ จากข้อมูลดังกล่าวมีความเป็นไปได้อีกทางหนึ่งคือ พลังงานฉับพลันที่ได้จากน้ำตาลในน้ำหวาน เป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการเดินทางไปและกลับระหว่างถ้ำกับแหล่งอาหาร เมื่อค้างคาวเล็บกุดเพศเมียต้องออกหากินไกลจากถ้ำ ย่อมมีความต้องการพลังงานในส่วนนี้มากกว่าเพศผู้ ดังนั้นอาหารที่จะได้รับควรให้ค่าพลังงานฉับพลันที่สูงที่สุดเท่าที่จะหาได้ (มีปริมาณน้ำหวานมาก) และเพื่อให้ได้พลังงานสุทธิ (พลังงานทั้งหมดจากน้ำหวานลบพลังงานที่ใช้ในการเดินทางไปและกลับระหว่างถ้ำกับแหล่งอาหาร) ที่สูงที่สุดสำหรับใช้ในช่วงภาวะสืบพันธุ์ นั่นก็คือน้ำหวานจากดอกพืชกลุ่ม Mass flowering ส่วนค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ก็จะไปหากินกับพืชกลุ่ม Steady state flowering เพราะไม่ต้องการพลังงานในส่วนนี้มากนัก แต่อย่างไรก็ตาม นอกจากความต้องการด้านพลังงานที่แตกต่างกันระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียทั้งในเรื่องของภาวะสืบพันธุ์และระยะทางในการเดินทางไปยังแหล่งอาหารแล้ว ยังจะมีความต้องการด้านสารอาหารที่แตกต่างกันด้วย

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่อยู่ในน้ำหวานของพืชทั้ง 5 ชนิดโดยเลือกวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ โปรตีน (Crude protein) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และแคลเซียม (Ca) ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะเน้นในส่วนของสารอาหารที่จำเป็นต่อค้างคาวเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์เป็นหลัก โดยพบว่า แร่ธาตุที่มีปริมาณสูงสุดในน้ำหวานดอกพืชทุกชนิดคือโพแทสเซียมและมีปริมาณโซเดียมต่ำสุด (ยกเว้นในสะตอและกล้วยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด) ซึ่งอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงและมีโซเดียมต่ำจะให้ประสิทธิภาพสูงในการรักษาสมดุลกรด-เบส รักษาแรงดันออสโมซิสภายในร่างกาย นอกจากนี้โซเดียมยังพบมากในของเหลวในร่างกายและในกระดูก ส่วนโพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบหลักในมัดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อประสาท (He, 1988, in Qingdian *et al.*, 1997) และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ความต้องการโพแทสเซียมในการสร้างน้ำนมของแม่โคมีสูงกว่าแคลเซียมและฟอสฟอรัส เพราะจะให้น้ำนมในปริมาณที่สูงกว่า (Thompson, 1972, in Underwood, 1981)

จากผลการวิเคราะห์น้ำหวานชี้ให้เห็นว่าปริมาณแคลเซียมที่พบในน้ำหวานจากพืชทั้ง 5 ชนิดมีในปริมาณที่มากพอๆกับปริมาณแคลเซียมที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหวานจากดอกไม้ของพืช

ที่ค้างคาวแม่ไก (*Pteropus alecto*) เลือกกิน ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมในน้ำหวานในปริมาณที่สูงกว่าพืชทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ (Barclay, 2002) โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาในเหรียง นุ่นและสะตอ (พืชกลุ่ม Mass flowering) ที่มีปริมาณแคลเซียมในน้ำหวานมากกว่าในเพกาและกล้วย (พืชกลุ่ม Steady state flowering) และเมื่อคิดรวมถึงปริมาณน้ำหวานต่อคืนที่มากกว่า จึงอาจจะเป็นเหตุผลหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้มีค้างคาวเล็บกุดเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์มาหากินกับพืชกลุ่มนี้มาก (นอกจากจะเป็นในเรื่องของความต้องการด้านพลังงาน)

แคลเซียมมีความสำคัญมากต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ เพราะแคลเซียมเป็นแร่ธาตุหลักในกระบวนการสร้างกระดูกและฟันของลูกในท้อง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค้างคาวเพศเมียที่กำลังอยู่ในภาวะสืบพันธุ์ประสบปัญหาในการขาดแคลเซียมในกระดูก โดยเฉพาะในช่วงกำลังให้น้ำนม (Kwiecinski *et al.*, 1987 ; Bernard and Davison, 1996, in Barclay, 2002) จึงมีความเป็นไปได้มากว่า ระดับแคลเซียมในร่างกายมีความสัมพันธ์กับความต้องการของลูกในท้องมากกว่าปริมาณแคลเซียมที่แม่ค้างคาวได้รับ (Stern *et al.*, 1997) นั่นหมายความว่า ไม่ว่าแม่ค้างคาวจะได้รับแร่ธาตุแคลเซียมจากอาหารมากเพียงพอหรือไม่ ร่างกายก็จะมีการดึงแคลเซียมจากกระดูกแม่ค้างคาวไปใช้ในอัตราปกติที่สัมพันธ์กับพัฒนาการในระยะต่างๆของลูกในท้อง ซึ่งจะส่งผลเสียต่อแม่ค้างคาวเพียงเล็กน้อยในช่วงตั้งท้องเมื่อเทียบกับในช่วงกำลังให้น้ำนมที่จะส่งผลรุนแรงกว่ามาก (Zani *et al.*, 2003) อย่างไรก็ตามระดับของความรุนแรงนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการได้รับแคลเซียมจากอาหารที่ไม่เพียงพอเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับการได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมด้วย (Zani *et al.*, 2003) จากการศึกษาในปศุสัตว์พบว่า สัดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของพวกสัตว์เคี้ยวเอื้องจะอยู่ในช่วง 1:1 - 7:1 (Ensminger and Olentine, 1978) ถ้าค้างคาวเล็บกุดมีความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสในสัดส่วนดังกล่าวด้วยแล้ว ก็ถือได้ว่าน้ำหวานจากดอกพืชทุกชนิดที่ศึกษาครั้งนี้เป็นอาหารที่มีความเหมาะสมของแร่ธาตุในส่วนนี้อยู่แล้วในตัว แต่ความสามารถของร่างกายในการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสไปใช้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณวิตามินดีที่มีอยู่อย่างเพียงพอด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตามความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสของค้างคาวกลุ่มนี้ยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน จึงทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่า ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่พบในน้ำหวานเพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวันของค้างคาวเล็บกุดหรือไม่ โดยเฉพาะเพศเมียที่กำลังอยู่ในภาวะสืบพันธุ์ ซึ่งถ้าหากไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ค้างคาวสามารถกินเกสรตัวผู้และใบเพื่อเสริมแคลเซียมได้อีก เพราะใบพืชมักจะมีแคลเซียมสูงกว่าส่วนอื่นๆของต้นพืช (Judd *et al.*, 1996, Ruby *et al.*, 2000, in Barclay, 2002) และจากการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษา

ได้เคยสังเกตเห็นค้างคาวเข้ามากัดกินใบพืชด้วย ส่วนของเกสรตัวผู้แม้มักจะพบว่ามีปริมาณแคลเซียมอยู่น้อย แต่จะมีประโยชน์ในแง่ของการเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกทางหนึ่ง (Law, 1992, in Barclay, 2002) นอกจากโปรตีนที่ได้รับโดยตรงจากน้ำหวาน เพราะจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเกสรตัวผู้ของดอกพืชที่เป็นลักษณะของดอกที่ต้องการผู้ผสมเกสรเป็นค้างคาวมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเกสรตัวผู้จากดอกพืชที่ต้องการผู้ผสมเกสรชนิดอื่น (Howell, 1974) อีกทั้งยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นอีกหลายตัวที่อาจจตรงต่อความต้องการของค้างคาวโดยเฉพาะ (Howell, 1974 ; Gottsberger *et al.*, 1984)

จากการศึกษาความต้องการโปรตีนในกลุ่มค้างคาวกินผลไม้โลกใหม่ 5 ชนิด (New World Frugivorous Bats) พบว่า ค้างคาวสามารถหาอาหารที่มีโปรตีนจากพืชหลายๆชนิดได้เท่าๆกันตลอดทั้งปี และไม่มีความแตกต่างในเรื่องของเพศและภาวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย (Herrera *et al.*, 2002) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามแม้ค้างคาวเล็บกุดเพศผู้จะไปเลือกกินน้ำหวานจากพืชกลุ่ม Steady state flowering มากกว่าจากพืชกลุ่ม Mass flowering ที่มีปริมาณน้ำหวานต่อคืนให้กินน้อยกว่า พลังงานที่ได้รับน้อยกว่า แต่ก็ยังได้รับสารอาหารที่เหมือนกับค้างคาวเพศเมีย และมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความแตกต่างในเรื่องของปริมาณโปรตีนเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ค้างคาวจะได้รับจากการเข้ามาเยือนแต่ละครั้งระหว่างดอกเหรียงและดอกกล้วย พบว่าเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างดอกนุ่นและดอกกล้วย พบว่าการมาเยือนแต่ละครั้งที่ดอกกล้วยจะได้รับปริมาณโปรตีนมากกว่าจากดอกนุ่น (ตารางที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามเพศเมียที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์ก็มีความต้องการโปรตีนมากกว่าเพศผู้ (Jenness and Studier, in Herrera *et al.*, 2002) และความมากน้อยของแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูงอาจจะมีความผันแปรตามฤดูกาล (Heithaus *et al.*, 1975 in Herrera *et al.*, 2002) ดังนั้นในช่วงฤดูที่สะตอออกดอกเราจึงพบค้างคาวเล็บกุดที่อยู่ในภาวะสืบพันธุ์มาเยือนเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด และเนื่องจากสะตอในเขตภาคใต้ตอนล่างออกดอกปีละหลายครั้ง จึงมีความเป็นไปได้ที่ทำให้พบค้างคาวเล็บกุดเพศเมียอยู่ในภาวะสืบพันธุ์ตลอดทั้งปี ซึ่งนอกจากดอกสะตอจะมีปริมาณโปรตีนในน้ำหวานมากที่สุดในพืชกลุ่ม Mass flowering ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้แล้ว ปริมาณแคลเซียมในน้ำหวานก็มีมากเป็นอันดับสองรองจากดอกเหรียง

นอกจากโปรตีนที่ค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ได้รับไม่แตกต่างจากเพศเมีย ในส่วนของแร่ธาตุอื่นที่ไม่ค่อยมีความจำเป็นมากนักสำหรับเพศผู้ จึงไม่มีการได้เปรียบเสียเปรียบกันในเรื่องคุณค่าของอาหารจากแหล่งอาหารที่แตกต่างกันจากความต้องการของร่างกายที่แตกต่างกันระหว่างค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมีย และจากการที่ค้างคาวเล็บกุดเพศเมียมีแนวโน้มที่จะออกหากินไกลจากถ้ำกว่าเพศผู้ (Start,1974) จึงเป็นลักษณะการหาอาหารที่เหมาะสมสำหรับเพศเมีย ทั้งนี้เพื่อ

เป็นการเพิ่มโอกาสในการพบแหล่งน้ำหวานจากพืชชนิดต่างๆให้มากขึ้น เนื่องจากการกินน้ำหวานจากดอกพืชหลายๆชนิดจะเป็นการรักษาสมดุลของความต้องการด้านแร่ธาตุที่มากโดยตลอดของเพศเมีย เพราะจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหวานจากดอกพืชทั้ง 5 ชนิดพบว่ามีความแตกต่างแปรผันในด้านของความเข้มข้นและปริมาณของแร่ธาตุต่างๆอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของแร่ธาตุต่างๆน้ำหวานครั้งนี้ อาจจะมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาและในอนาคต ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างและปริมาณของแร่ธาตุต่างๆที่พบในพืช (น้ำหวาน) นั้นเป็นผลมาจากปัจจัยพื้นฐาน 4 ข้อคือ ความแตกต่างทางพันธุกรรม ชนิดของดินที่ขึ้น สภาพภูมิอากาศหรือสภาวะในแต่ละฤดูกาลระหว่างที่พืชชนิดนั้นๆเจริญเติบโต และระยะของการเจริญเติบโต (Underwood, 1981)

สรุปผลการศึกษา

ความถี่ในการมาเยือนสูงสุดของค้างคาวเล็บกุดตรงกับช่วงเวลาที่ดอกเหรียง นุ่น และสะตอ มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืน เนื่องจากพืชทั้ง 3 ชนิดมีจำนวนดอกบานต่อคืนมาก ลักษณะของดอกที่ไม่มีที่เก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ ทำให้น้ำหวานสัมผัสกับอากาศโดยตรง เมื่อถึงช่วงเวลาที่ดอกมีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงสุดในรอบคืน กลิ่นของน้ำหวานและดอกปริมาณมากๆสามารถดึงดูดค้างคาวให้เข้ามาเยือนได้ และย่อมจะเป็นสิ่งกระตุ้นระดับกิจกรรมการกินน้ำหวานของค้างคาวเล็บกุดได้เป็นอย่างดี ทำให้เกิดการตอบสนองที่ชัดเจน และค้างคาวยังสามารถเรียนรู้ที่จะจดจำอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้ที่เข้าไปเยือนได้ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้พบความถี่การมาเยือนสูงสุดของค้างคาวที่ดอกเพกาตรงกับช่วงเวลาที่ดอกเพกามีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูงด้วยเช่นกัน แม้ว่าดอกเพกาจะมีจำนวนดอกบานต่อคืนน้อย

การเรียนรู้ที่จะจดจำอัตราการหลั่งน้ำหวานของดอกไม้ที่เข้าไปเยือนนั้น ทำให้ค้างคาวสามารถกะประมาณการหลั่งน้ำหวานสะสมภายในดอกเพกาและดอกกล้วยได้ ดังนั้นช่วงเวลาที่มีความถี่การมาเยือนของค้างคาวสูงสุด จึงเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำหวานหลั่งสะสมในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเลือกที่จะมีระดับกิจกรรมการกินน้ำหวานสูงสุด เพราะจะได้รับพลังงาน (น้ำหวาน) ในอัตราที่สูงที่สุดต่อการมาเยือนแต่ละครั้ง

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกบานต่อคืน เวลาที่ดอกไม้เริ่มหลั่งน้ำหวาน อัตราการหลั่งน้ำหวาน ลักษณะของดอกที่ใช้เก็บน้ำหวาน ความถี่การมาเยือนและรูปแบบการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด สามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบดังนี้

1. กล้วย : จำนวนดอกบานต่อคืนน้อย, ดอกไม้เริ่มหลั่งน้ำหวานเร็ว, มีลักษณะของดอกที่ใช้เก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ, มีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่ำ, ความถี่การมาเยือนมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอัตราการหลั่งน้ำหวาน รูปแบบการมาเยือนเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

2. เพกา : จำนวนดอกบานต่อคืนน้อย, ดอกไม้เริ่มหลั่งน้ำหวานเร็ว, มีลักษณะของดอกที่ใช้เก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ, มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูง, ความถี่การมาเยือนมีความสัมพันธ์น้อยกับอัตราการหลั่งน้ำหวาน รูปแบบการมาเยือนเป็นแบบต่อเนื่อง

3. นุ่น : จำนวนดอกบานต่อคืนมาก, ดอกไม้เริ่มหลั่งน้ำหวานช้า, ไม่มีลักษณะของดอกที่ใช้เก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ, มีอัตราการหลั่งน้ำหวานต่ำ, ความถี่การมาเยือนมีความสัมพันธ์ปานกลางกับอัตราการหลั่งน้ำหวาน รูปแบบการมาเยือนเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

4. เหรียงและสะตอ: จำนวนดอกบานต่อคืนมาก, ดอกไม้เริ่มหลั่งน้ำหวานช้า, ไม่มีลักษณะของดอกที่ใช้เก็บน้ำหวานโดยเฉพาะ, มีอัตราการหลั่งน้ำหวานสูง, ความถี่การมาเยือนมีความสัมพันธ์มากกับอัตราการหลั่งน้ำหวาน รูปแบบการมาเยือนเป็นแบบต่อเนื่อง

ดังนั้นจำนวนดอกบานในแต่ละคืนของพืชเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนของค้างคาวเล็บกุดที่เข้ามาเยือนในรอบคืน นั่นคือ พืชในกลุ่ม Mass flowering ได้แก่ เหรียง นุ่น และสะตอ มีจำนวนค้างคาวเข้ามาเยือนมากในแต่ละคืน และพืชในกลุ่ม Steady state flowering มีจำนวนค้างคาวเข้ามาเยือนน้อยในแต่ละคืน ส่วนรูปแบบการเข้ามาเยือนของค้างคาวสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ แบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำหวานที่หลั่งจากแต่ละดอกมากกว่าปริมาณน้ำหวานโดยรวมจากทั้งต้น

สัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้และเพศเมียที่มาเยือนพืชในกลุ่ม Mass flowering และ Steady state flowering มีความแตกต่างกันคือ พบสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศเมียที่มาเยือนพืชในกลุ่ม Mass flowering มากกว่าค้างคาวเล็บกุดตัวผู้ และพบสัดส่วนของค้างคาวเล็บกุดเพศผู้ที่มาเยือนพืชในกลุ่ม Steady state flowering มากกว่าค้างคาวเล็บกุดเพศเมียอย่างชัดเจน ซึ่งเนื่องมาจากพฤติกรรมทางสังคมและชีววิทยาการสืบพันธุ์ ซึ่งทำให้ความต้องการด้านพลังงาน สารอาหารและแร่ธาตุในน้ำหวานที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

Abrol, D. P. 1990. Energetics of nectar production in some apple cultivars as a predictor of floral choice by honeybees. *Trop. Ecol.* 31 (1) : 116 - 122.

Barclay, R. M. R. 1994. Constraints on reproduction by flying vertebrates: energy and calcium. *Amer. Nat.* 144 : 1021 - 1031.

Barclay, R. M. R. 2002. Do plants pollinated by flying fox bats (Megachiroptera) provide an extra calcium reward in their nectar? *Biotropica* 34 (1) : 168 - 171.

Barnard, C. J. 1983. *Animal behaviour ; Ecology and evolution.* Great Britain : Biddles Ltd., Guildford and King 's Lynn. 339 pp.

Bawa, K. S. 1990. Plant – pollinator interactions in tropical rain forests. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21 : 399 - 422.

Beck, A. J. and Lim, B. L. 1973. Reproductive biology of *Eonyeteris spelaea* (Dobson) (Megachiroptera) in west Malaysia. *Acta Tropica* 30 : 251-260.

Dreisig, H. 1995. Ideal free distributions of nectar foraging bumblebees. *Oikos* 72 (2) : 161 - 172.

Elangovan, V. , Marimuthu, G. and Kunz, T. H. 2000. Nectar feeding behavior in the Short – nosed fruit bat *Cynopterus sphinx* (Pteropodidae). *Acta Chiropterologica* 2 (1) : 1 - 5.

Ensminger, M. E. and Olentine, Jr. , C. G. 1978. *Feeds and nutrition – complete.* California : The Ensminger publshing company. 1417 pp.

Feinsinger, P. 1978. Ecological interaction between plants and hummingbirds in a successional tropical community. *Ecol. Monogr.* 48 : 269 – 287.

Fleming, T. H. 1982. Foraging strategies of plant - visiting bats. In Kunz, T. H. (ed.) *Ecology of bats.* New York : Plenum Press. 287 - 325 pp.

Gentry, A. H. 1974. Coevolutionary patterns in Central America Bignoniaceae. *Ann. Mo. Bot. Gdn.* 61 : 728 - 759.

Gottsberger,G. , Schrauwen, J. and Linskens, H. F. 1984. Amino acids and sugars in nectar, and their putative evolutionary significance. *Plant systematics and evolution (Historical Archive)* 145 (1 - 2) : 55 - 77.

Gould, E. 1978. Foraging behaviour of Malaysian Nectar-Feeding Bats. *Biotropica* 10 (3) : 184 - 193.

Helversen, O. von, Winkler, L. and Bestmann, H. J. 2000. Sulphur – containing "perfumes" attract flower – visiting bats. *J. Comp. Physiol. A.* 186 : 143-153.

Herrera, L. G. , Gutierrez, E. , Altube, B. , Diaz, W. G. and Sanchez – Cordero, V. 2002. Sources of assimilated protein in five species of New World fugivorous bats. *Oecologia* (2002) 133 : 280 - 287.

Howell, D. J. 1974. Bats and pollen : Physiological aspects of the syndrome of chiropterophily. *Comp. Biochem. Physiol. A : Physiology* 48 (2) : 263 – 276.

Howell, D. J. 1977. Time sharing and body partitioning in bat - plant pollination systems. *Nature* 270 : 509 - 510.

Kearns, C. A. and Inouye, D. W. 1993. *Techniques for Pollination Biologists.* Niwot, : University of Colorado Press. 153 - 216

Krebs, J. R. and Davies, N. B. 1981. *An Introduction to Behavioural Ecology.* Oxford, London. : Blackwell Scientific Pubblications.

Liu1, A. - Z. , Kress, W. J. , Wang, H. and Li, D. - Z. 2002. Insect pollination of Musella (Musaceae), a monotypic genus endemic to Yunnan, China. *Plant Syst. Evol.* 235 : 135 – 146.

Morse, D. H. 1980. *Animal Behavioral Mechanisms in Ecology.* Cambridge, Massachusetts and London, England : Harvard University Press. 383 pp.

Qingdian, L. , Ying, L. and Jianping, L. 1997. Yield and nutritional value of *Rosa zaxa* Retz pollen. *Scientia Horticulturae* 71 : 43 - 48.

Rahn, J. 1980. *Biology : The science of life.* 2 nd edition. London : Collier Macmillan publishers. 673 pp.

Rathcke, B. J. 1992. Nectar Distributions, Pollinator Behavior, and Plant Reproductive Success. *Effects of Resource Distribution on Animal - Plant Interactions.* Hunter, M. D. ,Ohgushi, T. and Price, P. W. London : Acadamic press, Inc. 114 - 132 pp.

Simmond, N. W. 1966. *Banana, Tropical agriculture series.* 2 nd edition. Singapore : The print house. 512 pp.

Start, A. N. 1974. The feeding biology in relation to food sources of nectarivorous bats (Chiroptera : Macroglosinae) in Malasia. PhD Thesis at the University of Aberdeen. 269 pp.

Start, A. N. and Marshall, A. G. 1976. Nectivorous bats as pollinators of trees in West Malaysia. In Tropical Trees Variation, Breeding and Conservation. J. Burley and B. T. Styles (eds.) Linnean Society Symposium Series No. 2. London : Academic Press, Inc. 141 - 150 pp.

Stephens, D.W. and Krebs, J. R. 1986. *Foraging Theory.* Princeton, MA : Princeton University Press.

Stern, A. A. , Kunz, T. H. , Studier, E. H. and Oftedal, O. T. 1997. Milk composition and lactation output in the greater spear – nosed bat, *Phyllostomus hastatus. J. Comp. Physiol. B.* (1997) 167 : 389 – 398.

Underwood, E. J. 1981. *The mineral nutrition of livestock.* 2 nd edition. England : Printed by Page Bros (Norwich) Ltd. 177 pp.

Voigt, C. C. 2003. Reproductive energetics of the nectar-feeding bat *Glossophaga Soricina* (Phyllostomidae). *J. Comp. Physiol. B.* 173 : 79 – 85.

Wilson, C. L. 1967. *Botany.* 4 th edition. Holt, Reinehart and Winston, Inc. 626 pp.

Zani, S. , Weisstaub, A. , Di Gregorio, S. Ronanre de Ferrer, P. and de Portela, M. L. 2003. Bone Mass Changes In Vivo During the Entire Reproductive Cycle in Rats Feeding Different Dietary Calcium and Calcium/Phosphorus Ratio Content. *Calcif Tissue Int.* 73 : 594 – 600.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1. ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ด้วย Correlation โดยวิธีของ Pearson Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน พลังงานที่ได้รับจากน้ำหวานของดอกเหรียงกับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

เหรียง	อัตราการหลั่งน้ำหวาน	ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	พลังงานจากน้ำหวาน
ความถี่การมาเยือน	0.719	0.354	0.706
อัตราการหลั่งน้ำหวาน	1.000	0.745	0.999
ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	0.745	1.000	0.757
พลังงานจากน้ำหวาน	0.999	0.757	1.000

ตารางผนวกที่ 2. ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ด้วย Correlation โดยวิธีของ Pearson Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน พลังงานที่ได้รับจากน้ำหวานของดอกนุ่นกับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

นุ่น	อัตราการหลั่งน้ำหวาน	ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	พลังงานจากน้ำหวาน
ความถี่การมาเยือน	0.574	0.156	0.156
อัตราการหลั่งน้ำหวาน	1.000	0.782	0.782
ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	0.782	1.000	1.000
พลังงานจากน้ำหวาน	0.782	1.000	1.000

ตารางผนวกที่ 3. ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ด้วย Correlation โดยวิธีของ Pearson Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน พลังงานที่ได้รับจากน้ำหวานของดอกสะตอกับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

สะตอ	อัตราการหลั่งน้ำหวาน	ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	พลังงานจากน้ำหวาน
ความถี่การมาเยือน	0.780	-0.489	0.740
อัตราการหลั่งน้ำหวาน	1.000	-0.750	0.984
ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	-0.750	1.000	0.073
พลังงานจากน้ำหวาน	0.984	0.073	1.000

ตารางผนวกที่ 4. ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ด้วย Correlation โดยวิธีของ Pearson Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน พลังงานที่ได้รับจากน้ำหวานของดอกเพกากับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

เพกา	อัตราการหลั่งน้ำหวาน	ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	พลังงานจากน้ำหวาน
ความถี่การมาเยือน	0.197	0.883	0.306
อัตราการหลั่งน้ำหวาน	1.000	0.425	0.991
ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	0.425	1.000	0.530
พลังงานจากน้ำหวาน	0.991	0.530	1.000

ตารางผนวกที่ 5. ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ด้วย Correlation โดยวิธีของ Pearson Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน พลังงานที่ได้รับจากน้ำหวานของดอกกล้วยกับความถี่การมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด

กล้วย	อัตราการหลั่งน้ำหวาน	ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	พลังงานจากน้ำหวาน
ความถี่การมาเยือน	-0.321	-0.370	-0.326
อัตราการหลั่งน้ำหวาน	1.000	0.927	0.999
ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน	0.927	1.000	0.918
พลังงานจากน้ำหวาน	0.999	0.918	1.000

ตารางผนวกที่ 6. จำนวนครั้งการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุดที่ดอกพืชทั้ง 5 ชนิด (โดยเฉลี่ยครั้ง/ดอก)

พืช\ช่วงเวลา	19.00-20.00 น.	20.0-21.00 น.	21.00-22.00 น.	22.00-23.00 น.	23.00-24.00 น.	24.00-01.00 น.	1.00-2.00 น.	2.00-3.00 น.
เหรียง	5.53 ± 1.65	37.88 ± 3.73	23.63 ± 3.74	5.25 ± 1.10	9.84 ± 1.75	13.41 ± 2.31	10.22 ± 1.63	1.59 ± 0.48
สะตอ	0.00 ± 0.00	18.50 ± 3.25	18.30 ± 1.93	17.90 ± 1.84	11.60 ± 1.29	15.30 ± 1.96	13.00 ± 2.02	3.50 ± 0.28
นุ่น	0.00 ± 0.00	21.00 ± 2.18	14.38 ± 1.17	14.19 ± 1.73	16.63 ± 2.08	13.88 ± 2.38	6.44 ± 0.60	0.00
เพกา	10.90 ± 1.64	18.58 ± 1.80	16.27 ± 1.68	14.31 ± 1.71	12.87 ± 2.01	5.65 ± 1.04	2.31 ± 0.57	0.00
กล้วย	4.50 ± 2.19	4.75 ± 0.72	4.25 ± 2.58	20.00 ± 3.35	0.50 ± 0.50	0.00	0.00	0.00

ข้อมูลอัตราการหลั่งน้ำหวาน ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวานและพลังงานจากน้ำหวาน (*จากการคำนวณ) ของพืชทั้ง 5 ชนิด

*ตามวิธีของ Kearns and Inouye (1993) เพื่อหาปริมาณน้ำตาลในน้ำหวาน (มีหน่วยเป็นกรัม) แล้วนำมาคำนวณตามสูตร

$$E=kCV/100$$

; โดยกำหนดให้ ค่า k = 4 kcal./g. (สำหรับค่าพลังงานที่ได้จากคาร์โบไฮเดรต/กรัม)

C = ค่าความเข้มข้นของน้ำตาล (%sucrose) ที่อ่านได้จาก Refractometer มีหน่วยเป็น w/w

V = ค่าปริมาตรของน้ำหวาน มีหน่วยเป็น ml.

E = ค่าพลังงาน มีหน่วยเป็น kcal.

ตารางผนวกที่ 7. ค่าเฉลี่ยอัตราการหลั่งน้ำหวาน (Vol.) (มล./ชม. ± SE) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน (Conc.) (% น้ำตาลซูโครส w/w ± SE) และพลังงานจากน้ำหวาน (Ener.) (kcal.) ของดอกเหรียง (n=30ดอก, 3 ต้น) แต่ละชั่วโมง

เวลา	Vol.	Conc.	Ener. (kcal.)
19.00 น.	2.14 ± 0.21	15.21 ± 0.12	1.29 ± 0.12
20.00 น.	3.34 ± 0.21	14.62 ± 0.11	1.94 ± 0.12
21.00 น.	3.21 ± 0.27	14.28 ± 0.22	1.82 ± 0.15
22.00 น.	1.13 ± 0.11	14.73 ± 0.29	0.65 ± 0.06
23.00 น.	1.11 ± 0.12	13.59 ± 0.52	0.57 ± 0.06
24.00 น.	0.81 ± 0.11	12.74 ± 0.54	0.42 ± 0.06
01.00 น.	0.50 ± 0.09	12.20 ± 0.67	0.25 ± 0.04
02.00 น.	0.19 ± 0.05	11.43 ± 0.88	0.09 ± 0.02

ตารางผนวกที่ 8. ค่าเฉลี่ยอัตราการหลั่งน้ำหวาน (Vol.) (มล./ชม. ± SE) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน (Conc.) (% น้ำตาลซูโครส w/w ± SE) และพลังงานจากน้ำหวาน (Ener.) (kcal.) ของดอกนุ่น (n = 47 ดอก, 3ต้น) แต่ละชั่วโมง

เวลา	Vol.	Conc.	Ener. (kcal.)
19.00 น.	0.10 ± 0.003	18.67 ± 0.14	0.07 ± 0.003
20.00 น.	0.11 ± 0.004	18.82 ± 0.22	0.08 ± 0.003
21.00 น.	0.10 ± 0.002	17.44 ± 0.27	0.07 ± 0.002
22.00 น.	0.09 ± 0.002	16.83 ± 0.26	0.06 ± 0.002
23.00 น.	0.08 ± 0.003	16.13 ± 0.23	0.05 ± 0.002
24.00 น.	0.06 ± 0.003	15.39 ± 0.15	0.03 ± 0.002
01.00 น.	0.04 ± 0.002	14.67 ± 0.15	0.02 ± 0.009
02.00 น.	0.02 ± 0.002	16.19 ± 2.77	0.01 ± 0.001

ตารางผนวกที่ 9. ค่าเฉลี่ยอัตราการหลั่งน้ำหวาน (Vol.) (มล./ชม. ± SE) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน (Conc.) (% น้ำตาลซูโครส w/w ± SE) และพลังงานจากน้ำหวาน (Ener.) (kcal.) ของดอก สะตอ (n=30ดอก, 3 ต้น) แต่ละชั่วโมง

เวลา	Vol.	Conc.	Ener. (kcal.)
19.00 น.	0.19 ± 0.03	18.97 ± 1.30	0.15 ± 0.03
20.00 น.	0.95 ± 0.10	14.92 ± 0.38	0.57 ± 0.05
21.00 น.	1.00 ± 0.10	15.45 ± 1.22	0.62 ± 0.05
22.00 น.	1.03 ± 0.11	14.37 ± 0.74	0.59 ± 0.05
23.00 น.	0.99 ± 0.10	13.31 ± 0.45	0.53 ± 0.05
24.00 น.	0.76 ± 0.09	12.16 ± 0.62	0.37 ± 0.04
01.00 น.	0.25 ± 0.09	10.46 ± 0.44	0.10 ± 0.02

ตารางผนวกที่ 10. ค่าเฉลี่ยอัตราการหลั่งน้ำหวาน (Vol.) (มล./ชม. ± SE) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน (Conc.) (% น้ำตาลซูโครส w/w ± SE) และพลังงานจากน้ำหวาน (Ener.) (kcal.) ของดอกเพกา (n = 15 ดอก, 3ต้น) แต่ละชั่วโมง

เวลา	Vol.	Conc.	Ener. (kcal.)
19.00 น.	0.94 ± 0.14	17.31 ± 0.68	0.68 ± 0.12
20.00 น.	0.57 ± 0.04	21.44 ± 0.26	0.49 ± 0.04
21.00 น.	0.61 ± 0.04	21.46 ± 0.41	0.52 ± 0.03
22.00 น.	0.52 ± 0.02	20.09 ± 0.54	0.42 ± 0.02
23.00 น.	0.44 ± 0.04	19.92 ± 0.61	0.35 ± 0.02
24.00 น.	0.25 ± 0.02	19.74 ± 0.61	0.20 ± 0.02
01.00 น.	0.08 ± 0.01	17.14 ± 0.59	0.06 ± 0.01
02.00 น.	0.02 ± 0.01	15.61 ± 2.07	0.01 ± 0.01

ตารางผนวกที่ 11. ค่าเฉลี่ยอัตราการหลั่งน้ำหวาน (Vol.) (มล./ชม. ± SE) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวาน (Conc.) (% น้ำตาลซูโครส w/w ± SE) และพลังงานจากน้ำหวาน (Ener.) (kcal.) ของดอกกล้วย (n = 64 ดอก, 3ต้น) แต่ละชั่วโมง

เวลา	Vol.	Conc.	Ener. (kcal.)
19.00 น.	0.21 ± 0.01	23.80 ± 0.40	0.20 ± 0.01
20.00 น.	0.50 ± 0.03	25.40 ± 0.80	0.51 ± 0.03
21.00 น.	0.17 ± 0.01	24.20 ± 0.20	0.16 ± 0.01
22.00 น.	0.08 ± 0.01	20.40 ± 0.20	0.07 ± 0.01
23.00 น.	0.04 ± 0.01	20.40 ± 0.20	0.03 ± 0.01
24.00 น.	0.02 ± 0.01	20.40 ± 0.20	0.02 ± 0.01