โครงสร้างสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในมูลค้างคาว

Community Structure of Arthropod in the Bat Guano

คทาวุธ ไชยเทพ

Katawut Chaiyathape

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิเวศวิทยา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Ecology

Prince of Songkla University

2540

A

เลขหมู่ QL431.2 A36 2540 ฉ.2

Bib Key 130009

ชื่อวิทยานิพนธ์ โครงสร้างสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในมูลค้างคาว

ผู้เขียน นายคทาวุธ ไชยเทพ

สาขาวิชา นิเวศวิทยา

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรไกร เพิ่มคำ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรไกร เพิ่มคำ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเกื้อ วัชรเสถียร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุชิต ชินาจริยวงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิเวศวิทยา

.....
(ดร. ไพรัตน์ สงวนไทร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	โครงสร้างสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในมูลค้างคาว
ผู้เขียน	นายคทาวุธ ไชยเทพ
สาขาวิชา	นิเวศวิทยา
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในกองมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูน 6 แห่งในภาคใต้ของไทย โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลค้างคาว 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 29 เมษายน - 7 พฤษภาคม 2539 และ ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 - 4 ส.ค. 2539 จากถ้ำแต่ละแห่ง แล้วนำมาผ่านกรวยดักแมลงแบบเบอร์ลิส พบองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำเขาหินปูนที่ทำการศึกษา จากจำนวนตัวอย่างสัตว์ที่เก็บได้ทั้งสิ้น 4,430 ตัว สามารถจำแนกลำดับทางอนุกรมวิธานได้ 32 วงศ์ จาก 13 อันดับ ใน 2 ชั้น คือ ชั้น Arachnida ได้แก่ อันดับ Araneae 2 วงศ์ อันดับ Acari 8 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) รวมทั้งอันดับ Pseudoscorpiones (ไม่ได้จำแนกถึงระดับวงศ์) และชั้น Hexapoda หรือแมลงอีก 10 อันดับ ได้แก่ อันดับ Collembola 1 วงศ์ อันดับ Blattaria 1 วงศ์ อันดับ Hemiptera 1 วงศ์ อันดับ Thysanoptera 1 วงศ์ อันดับ Psocoptera 2 วงศ์ อันดับ Neuroptera 1 วงศ์ อันดับ Coleoptera 7 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Diptera 4 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Lepidoptera 1 วงศ์ และ อันดับ Hymenoptera 3 วงศ์ โดยพบเห็บไรและด้วงมากกว่าครึ่งหนึ่งของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดทั้งหมดที่พบในมูลค้างคาว และส่วนใหญ่จะพบในระยะที่เป็นตัวอ่อนมากกว่า 80% ของจำนวนที่พบทั้งหมด

สังคมของสัตว์ที่พบในมูลค้างคาวมีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (regular) ภายในถ้ำแต่ละแห่งจะมีองค์ประกอบของสัตว์ทั้งวงศ์และจำนวนที่แตกต่างกัน ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้ (Megachiroptera bat) อาศัยอยู่จะมีจำนวนวงศ์รวมมากกว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลง (Microchiroptera bat) อาศัยอยู่ แต่มีจำนวนตัวรวมน้อยกว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ โครงสร้างสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวที่ได้จากการศึกษา ประกอบด้วย ผู้กินมูล เช่น ไรวงศ์ Uropodidae ด้วงวงศ์ Tenebrionidae ผู้กินซาก เช่น แมลงสาบวงศ์ Blattellidae ด้วงวงศ์ Dermestidae ผู้ล่า เช่น แมลงช้างวงศ์ Myrmeleontidae ด้วงวงศ์

Carabidae ปรสิต เช่น แมลงวงศ์ Phoridae รวมทั้งแมลงที่ดำรงชีวิตเป็นตัวเบียน เช่น แมลงวงศ์ Chalcididae และ วงศ์ Bethylidae เป็นต้น

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกับปัจจัยทางกายภาพ ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล และความเป็นกรดด่างของมูล ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาว มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.05$) อันดับ Araneae ($P<0.05$) และ Psocoptera ($P<0.05$) นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาว มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนตัวของวงศ์ Blattellidae ($P<0.05$) และ อันดับ Blattaria ($P<0.05$) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาว มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนวงศ์รวม ($P<0.05$) จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.05$) Sphaeropsocidae ($P<0.05$) Liposcelidae ($P<0.05$) Alleculidae ($P<0.01$) Chironomidae ($P<0.05$) และ Formicidae ($P<0.05$) รวมทั้งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวในอันดับ Araneae ($P<0.05$) Psocoptera ($P<0.01$) และ Hymenoptera ($P<0.01$)

จากการศึกษาผลของประเภทของมูลค้างคาว (มูลค้างคาวกินแมลงและมูลค้างคาวกินผลไม้) กับ ปัจจัยของแสง (บริเวณที่ถูกแสงและที่มืด) ต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลของค้างคาว พบว่า ประเภทของมูลมีผลต่อจำนวนวงศ์รวม ($P<0.05$) จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.01$) Laelapidae ($P<0.05$) Blattellidae ($P<0.05$) Sphaeropsocidae ($P<0.01$) Liposcelidae ($P<0.05$) Dermestidae ($P<0.01$) Staphylinidae ($P<0.01$) และ Tineidae ($P<0.05$) รวมทั้งจำนวนตัวในอันดับ Araneae ($P<0.05$) Blattaria ($P<0.05$) Psocoptera ($P<0.01$) Coleoptera ($P<0.01$) Lepidoptera ($P<0.05$) และ Diptera ($P<0.05$) และ แสงมีผลต่อจำนวนตัวของวงศ์ Carabidae ($P<0.05$) และ อันดับ Psocoptera ($P<0.05$) สำหรับอันตกริยา (interaction) ระหว่างประเภทของมูลกับแสงนั้นมีผลเฉพาะต่อจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera ($P<0.05$)

สรุปได้ว่า ปัจจัยทางกายภาพอย่างน้อยหนึ่งปัจจัยมีผลต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด โดยเฉพาะต่อกลุ่มสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร ทั้งนี้มูลค้างคาวเป็นทั้งแหล่งอาหารและแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลของค้างคาวภายในถ้ำเขาหินปูน

Thesis Title	Community Structure of Arthropod in the Bat Guano
Author	Mr. Katawut Chaiyathape
Major Program	Ecology
Academic Year	1997

Abstract

Data are presented on the taxonomic composition of arthropod fauna of bat guano in 6 limestone caves of southern Thailand, collected by Berlese's funnel type trap. There were 2 sampling periods ; the first period (29 April - 7 May 1996) and the second period (1 - 4 August 1996). Combined samples of bat guano comprised 4,430 individuals of 32 families of the following : 13 orders (2 classes ; Arachnida and Hexapoda) Araneae, Acari, Pseudoscorpiones, Collembola, Blattaria, Thysanoptera, Psocoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera and Hymenoptera The two orders Acari and Coleoptera were the largest group of all (> 50%). More than 80% of the arthropods collected were in the immature stage.

Distribution of the arthropod community in bat guano has a regular pattern. There are different families and numbers of arthropods in each cave. The Megachiroptera bats' caves have more families but fewer arthropods than the Microchiroptera bats' caves. Community structure of arthropods in the bat guano comprised of guanophages such as Uropodidae, Tenebrionidae, scavengers such as Blattellidae, Dermestidae, predators such as Myrmeleontidae, Carabidae, parasites such as Phoridae, and also parasitoids such as Chalcididae, Bethylidae.

The relationships between arthropods and physical factors such as cave temperature, relative humidity of the cave, moisture in guano, pH of guano, total nitrogen in guano and organic matters in guano were explored. The results showed that the number of individuals of Leptonetidae ($P<0.05$), Araneae ($P<0.05$) and Psocoptera ($P<0.05$) positively correlates with total nitrogen in guano but numbers of Blattellidae ($P<0.05$) and Blattaria ($P<0.05$)

negatively correlate with total nitrogen in guano. The total numbers of families of arthropods ($P<0.05$) and the number of individuals of Leptonetidae ($P<0.05$), Sphaeropsocidae ($P<0.05$), Liposcelidae ($P<0.05$), Alleculidae ($P<0.01$), Chironomidae ($P<0.05$), Formicidae ($P<0.05$), Araneae ($P<0.05$), Psocoptera ($P<0.01$) and Hymenoptera ($P<0.05$) positively correlate with organic matters in guano. But not all arthropods correlate with cave temperature, relative humidity of the cave, moisture in guano and pH of guano.

Study on the effect of type of bat guano (insectivore or frugivore bat guano) and the light factor (light or dark zone) on arthropods showed that type of bat guano has an effect on total numbers of families ($P<0.05$), the number of individuals of Leptonetidae ($P<0.01$), Laelapidae ($P<0.05$), Blattellidae ($P<0.05$), Sphaeropsocidae ($P<0.01$), Liposcelidae ($P<0.05$), Dermestidae ($P<0.01$), Staphylinidae ($P<0.01$), Tineidae ($P<0.05$), Araneae ($P<0.01$), Blattaria ($P<0.05$), Psocoptera ($P<0.01$), Coleoptera ($P<0.01$), Lepidoptera ($P<0.05$) and Diptera ($P<0.05$). The light factor has an effect on the number of individuals of Carabidae ($P<0.05$) and Psocoptera ($P<0.05$). Interaction between type of bat guano and light affects only the number of individuals of Psocoptera ($P<0.05$).

This study concludes that at least one of these physical factors is important in determining the number of families and the number of individuals in each family, particularly the scavenger or detritivore arthropods, and that bat guano is the food source and larva nursery for arthropods in tropical limestone caves.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรไกร เพิ่มคำ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจแก่ผู้เขียนเป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเกื้อ วัชรเสถียร กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์จากคณะวิทยาศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชิต ซินาจริยวงศ์ กรรมการสอบจากบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์แก่ผู้เขียน ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์สมชัย ยืนนาน ที่ได้ให้คำแนะนำด้านสถิติอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์สาระ บำรุงศรี ที่จุดประกายความคิด และกรุณาช่วยจำแนกตัวอย่างชนิดค้างคาว รวมทั้งมอบข้อมูลภาคสนามบางส่วนแก่ผู้เขียนอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย และผู้เขียนขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ทุกท่าน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เขียนได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย และทุนจากราชกรีฑาสโมสร ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งด้วย

คทาวุธ ไชยเทพ

สารบาญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(3)
Abstract		(5)
กิตติกรรมประกาศ		(7)
สารบาญ		(8)
รายการตาราง		(9)
รายการภาพ		(10)
บทที่		
1 บทนำ		
	บทนำต้นเรื่อง	1
	การตรวจเอกสาร	3
	วัตถุประสงค์	12
	ประโยชน์ที่จะได้รับ	12
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ		
	วัสดุและอุปกรณ์	15
	วิธีการ	16
3 ผลการศึกษา		22
4 วิจารณ์ผลการศึกษา		51
5 สรุป		67
บรรณานุกรม		69
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก.	การสำรวจเบื้องต้น	75
	รายละเอียดเกี่ยวกับถ้ำเขาหินปูนที่ทำการศึกษา	78
ภาคผนวก ข.	แสดงภาพสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่ได้จากการศึกษา	85
ภาคผนวก ค.	แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหารูปแบบการกระจายของสัตว์	96
ประวัติผู้เขียน		97

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	ค่าผลรวมของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม จำนวนตัวของแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว	28
3.2	ค่าเฉลี่ย (mean) และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE.) จำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม จำนวนตัวของแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด	30
3.3	จำนวนวงศ์รวม และจำนวนตัวรวม ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว ของถ้ำที่ใช้ในการศึกษาแต่ละแห่ง	32
3.4	ค่าเฉลี่ย (mean) และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE.) ของอุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้น ความเป็นกรดด่าง ไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูลค้างคาว ของถ้ำที่ใช้ในการศึกษาแต่ละแห่ง	35
3.5	ค่า Spearman rank correlation coefficient ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม จำนวนตัวของแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวกับ อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้น ความเป็นกรดด่าง ไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูลของถ้ำที่ใช้ในการศึกษาแต่ละแห่ง	37
3.6	ค่า F - values สำหรับการวิเคราะห์ 2 - way ANOVA ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม จำนวนตัวของแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว กับประเภทของมูล และ แสง	41

รายการภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	แสดงสายใยอาหาร (food web) ที่เริ่มจากมูลค้างคาว	4
1.2	แสดงตำแหน่งของถ้ำเขาหินปูนที่ทำการศึกษา	14
2.1	แสดงขั้นตอนของวิธีการเก็บตัวอย่าง	17
3.1	จำนวนตัวอ่อน และตัวเต็มวัย (%) ของแมลงที่พบในมูลค้างคาว	33
3.2	แสดงโครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว	34
3.3	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนวงศ์รวมที่พบในมูล	43
3.4	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Laelapidae	43
3.5	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Blattellidae	44
3.6	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Liposcelidae	44
3.7	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Tineidae	45
3.8	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Leptonetidae	45
3.9	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Dermestidae	46
3.10	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Staphylinidae	46
3.11	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัว ของ Sphaeropsocidae	47
3.12	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Diptera	47
3.13	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Araneae	48
3.14	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Psocoptera	48
3.15	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Coleoptera	49
3.16	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Carabidae	49
3.17	ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % ของจำนวนตัวของ Psocoptera	50
3.18	กราฟแสดงอันตกริยา (interaction) ระหว่างประเภทของมูลกับแสง ของจำนวนตัวของ Psocoptera	50

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ความหลากหลายทางชีวภาพ (biological diversity) กำลังเป็นที่สนใจในช่วง 3 - 4 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ความหลากหลายในระดับพันธุกรรมหรือจีน (gene) ขึ้นไปถึงระดับชนิด (species) จนถึงความหลากหลายของกลุ่มสิ่งมีชีวิตเชิงนิเวศวิทยา (ecological community) ซึ่งสรรพสิ่งมีชีวิตทั้งหลายนี้เป็นผลพวงมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการตามเวลาและสถานที่ รวมถึงสภาวะสมดุลของธรรมชาติอันประกอบไปด้วยแหล่งที่อยู่อาศัย (habitat) หลายประเภทที่มีคุณค่ามากมาย โดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นของโลก (วิสุทธิ์ ใบไม้, 2538) ประเทศไทยก็เช่นกัน มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง รวมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัยหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นป่าไม้ แหล่งน้ำ ภูเขา โดยเฉพาะเขาหินปูน (limestone) ซึ่งพบอยู่ในหลายภาคของประเทศ โดยพบมากในจังหวัดทางภาคใต้ ภายในเขาหินปูนประกอบไปด้วยถ้ำเขาหินปูน (limestone cave) หลายแห่งที่มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันออกไป แต่เนื่องจากยังมีการศึกษากันน้อยและอยู่ในวงจำกัด ทั้งในด้านธรณีวิทยาโบราณคดี และชีววิทยา ขณะที่ประเทศมาเลเซียมีการศึกษาทางด้านชีววิทยาของถ้ำเขาหินปูนมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1898 (Bullock, 1971)

เขาหินปูนแต่ละทิวเขามีอายุทางธรณีวิทยาแตกต่างกันออกไป คือ เขาหินปูนในภาคเหนือลงไปตามแนวทิศตะวันตกจนถึงภาคใต้เป็นเขาที่มีอายุอยู่ในช่วงยุคออโดวิเซียน (Ordovician) จนถึงยุคซิลูเลียน (Silurian) ในขณะที่เขาหินปูนบริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์และเขาหินปูนในจังหวัดราชบุรีอยู่ในยุคเพอร์เมียน (Permian) (สาขาวิจัยนิเวศวิทยา, 2536)

ลักษณะทั่วไปและการเกิดถ้ำเขาหินปูน

เขาหินปูนทุกแห่งจะมีลักษณะเป็นรูพรุน และประกอบด้วยถ้ำขนาดต่างๆ มีช่องทางน้ำไหลกับลำธารน้ำใต้ดินเชื่อมต่อกันคดเคี้ยวไปมา ถ้ำบางแห่งภายในกว้างมาก ประกอบไปด้วยหินงอกหินย้อยรูปร่างสีสันแปลกตาอันเกิดจากน้ำหยดและน้ำไหลใต้ดิน (สาขาวิจัยนิเวศวิทยา, 2536) และจากการศึกษาด้านธรณีวิทยาของถ้ำเขาหินปูนในประเทศมาเลเซียโดย Gobbett (1965) พบว่าถ้ำเขาหินปูนเกิดจากสองปัจจัยหลักคือ

1. เกิดจากการกัดเซาะ และการชะล้างของกระแสน้ำ ทั้งใต้ดินและบนดินเป็นเวลานานๆ ทำให้เกิดเป็นโพรงถ้ำ

2. เกิดจากน้ำรวมตัวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลายเป็นกรดคาร์บอนิกไปละลายหินปูนจนเกิดเป็นโพรงถ้ำ

แต่ก็พบว่ามีถ้ำเขาหินปูนหลายแห่งมีสภาพค่อนข้างแห้งไม่มีลำธารไหลผ่าน ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอดีตทำให้ระดับน้ำลดลง รวมทั้งเกิดจากการยกตัวของชั้นหินใต้ภูเขาหินปูน

ปัจจุบันพบว่ามนุษย์เข้าไปรบกวนและทำลายถ้ำเขาหินปูนกันมาก ไม่ว่าจะเป็นการเข้าไปจับจองทำเป็นวัดหรือสำนักสงฆ์ การท่องเที่ยวภายในถ้ำ การให้สัมปทานขุดเก็บมูลค้างคาวซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีธาตุฟอสฟอรัสสูง และปัญหาที่รุนแรงที่สุดคือการระเบิดเขาหินปูนเพื่อนำหินไปใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ภายในถ้ำเขาหินปูนยังเป็นที่อยู่อาศัยของค้างคาว การทำลายถ้ำเขาหินปูนจึงมีผลกระทบต่อค้างคาวโดยตรง นอกจากนี้การใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการลดจำนวนลงของค้างคาว เนื่องจากค้างคาวเป็นสัตว์ที่กินอาหารพวกแมลงและผลไม้ (สาขาวิจัยนิเวศวิทยา, 2536) ซึ่งสาเหตุต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นล้วนแต่มีผลต่อการแพร่กระจายของค้างคาวและสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่อาศัยหากินอยู่ภายในถ้ำเขาหินปูนตามไปด้วย (Bullock, 1971) ดังนั้นจึงควรที่จะเร่งรีบศึกษาวิจัยทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ภายในถ้ำเขาหินปูน ก่อนที่ถ้ำเขาหินปูนเหล่านี้จะถูกทำลายหรือเสื่อมโทรมลง จนไม่สามารถศึกษาวิจัยกันได้อีกต่อไป

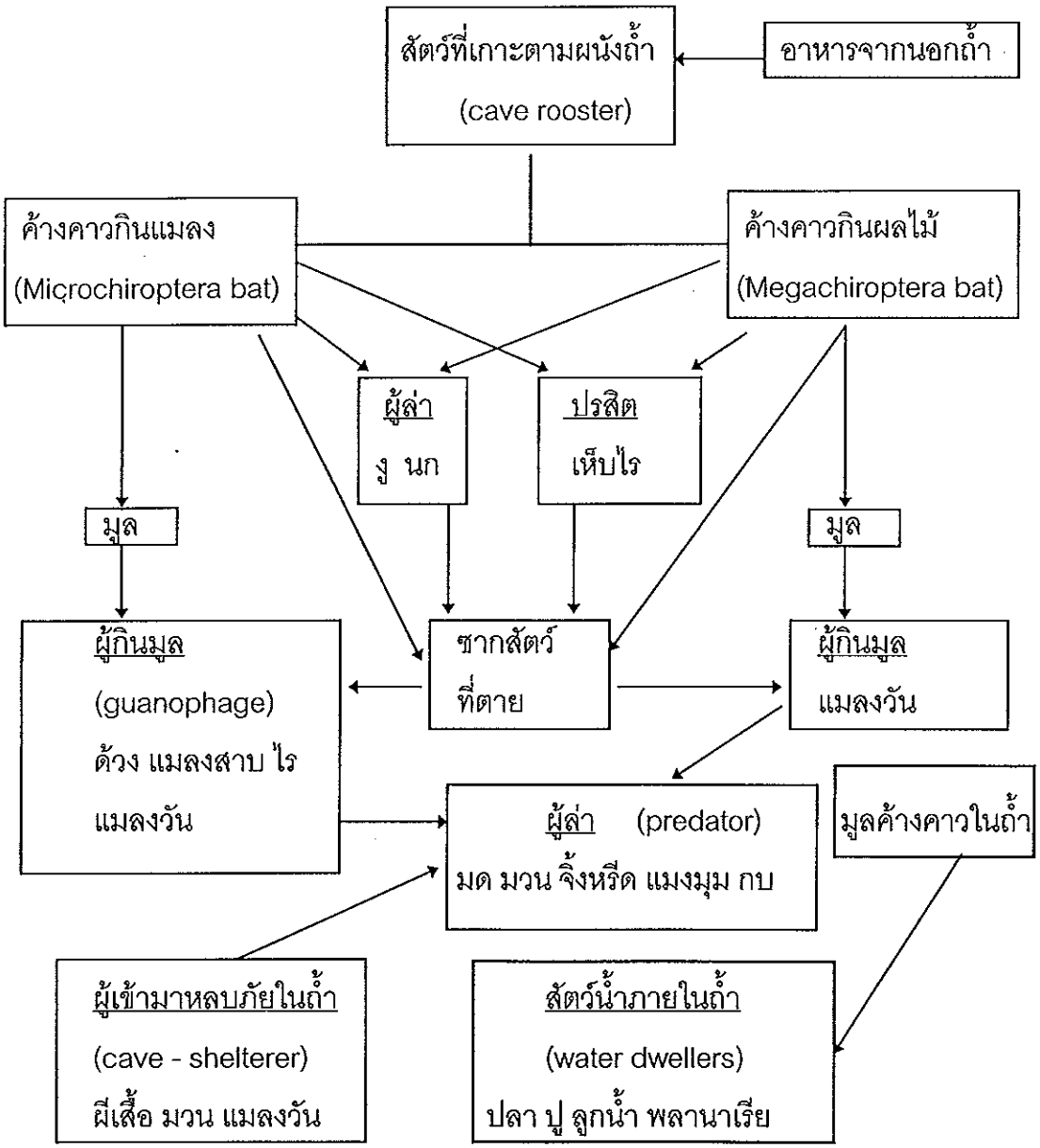
การตรวจเอกสาร

1. นิเวศวิทยาของถ้ำเขาหินปูน

ถ้ำเขาหินปูนมีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างคงที่ แต่ก็มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเช่นกัน (Bullock, 1965) ด้วยสภาพที่มืดทำให้ไม่มีพืชสีเขียวภายในถ้ำ สภาพทั่วๆ ไปจึงคล้ายกับในดินลึก สัตว์ที่ดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ภายในถ้ำมีชื่อเรียกเฉพาะว่า troglobite สัตว์ส่วนใหญ่ที่พบ โดยเฉพาะกลุ่มอาร์โทรพอดจะคล้ายกับที่พบตามกองใบไม้และผิวดิน แต่เนื่องจากความจำกัดทางด้านกายภาพหลายด้าน ทำให้สัตว์ที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำต้องปรับตัวเพื่อที่จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ภายในถ้ำได้ (Daly และคณะ, 1978) สัตว์ที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำนอกจากค้างคาวและนกนางแอ่น แล้วยังพบสัตว์ชนิดอื่นๆ ซึ่งเกือบทั้งหมดอาศัยหากินอยู่ในมูลค้างคาวเรียกว่า guanophages หรือ coprophages ทั้งที่กินมูลค้างคาวโดยตรงกับชนิดที่กินเห็ดราและแบคทีเรียที่เจริญในมูลค้างคาวเป็นอาหาร บางชนิดจะกินซากสัตว์ที่ตาย (scavenger) เป็นอาหารเรียกว่า necrophages บางชนิดดำรงชีวิตเป็นปรสิต (parasite) ต่อตัวค้างคาว บางชนิดล่าสัตว์อื่นกินเป็นอาหาร (predator) ดังนั้นห่วงโซ่อาหารภายในถ้ำจึงเป็นแบบห่วงโซ่อาหารในมูลค้างคาว (guano food-chain) คือเริ่มจากมูลค้างคาวที่ทับถมภายในถ้ำเป็นหลักเท่านั้น (ภาพประกอบ 1.1) ส่วนลักษณะทางกายภาพภายในถ้ำเช่น ความชื้น อุณหภูมิ และการไหลเวียนของอากาศ เป็นต้น ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการแพร่กระจายและการเกาะของค้างคาว ทำให้มีผลต่อการแพร่กระจายมูลค้างคาวภายในถ้ำตามไปด้วย (Bullock, 1965 ; Tuttle และ Stevenson, 1977)

2. การปรับตัวของสัตว์ภายในถ้ำเขาหินปูน

มีสมมติฐานที่เกี่ยวกับการปรับตัวเข้าไปอยู่ในถ้ำของสัตว์บางกลุ่ม เช่น แมลง ว่าอาจเกิดจากการหนีสภาพอากาศที่หนาวเย็นในยุคน้ำแข็งพลีสโตซีน (Pleistocene) ทำให้แมลงบางส่วนหนีเข้าไปอยู่ในถ้ำ ต่อมาเมื่อน้ำแข็งละลาย แมลงเหล่านี้จึงปรับตัวอาศัยอยู่ภายในถ้ำ การขาดแคลนอาหารและสภาพอุณหภูมิที่ต่ำภายในถ้ำ เป็นแรงผลักดันให้เกิดมี



ภาพประกอบ 1.1 แสดงสายใยอาหาร (food web) ที่เริ่มจากมูลค้างคาวของสัตว์ที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำเขาหินปูน (ดัดแปลงจาก Bullock, 1963)

การใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพที่อัตราเมตาบอลิซึม (metabolic rate) ต่ำ และเนื่องจากถ้ำไม่ได้เชื่อมต่อกัน จึงทำให้มีวิวัฒนาการเป็นอิสระต่อกัน และทำให้ลักษณะต่างๆ ลดลง เช่น ขนาดของตา ปีก กล้ามเนื้อที่ใช้ในการบิน ปริมาณเม็ดสี และจำนวนลูก สัตว์กลุ่ม troglobite ในเขตร้อนจะพบได้ยากกว่าในเขตอบอุ่น เนื่องจากในเขตร้อนมีอาหารภายนอกถ้ำอุดมสมบูรณ์กว่า ทำให้แรงผลักดันในการปรับตัวมีน้อย แมลงในถ้ำโดยเฉลี่ยจะมีขนาดตัวค่อนข้างใหญ่กว่าแมลงที่อยู่นอกถ้ำในกลุ่มเดียวกันเช่น จิ้งโคร่ง (cave cricket) และด้วงบางชนิดในวงศ์ Carabidae จะมีรูปร่างที่เรียวกว่าและมีระยางค์ที่ยาวกว่า โดยทั่วไปหนวดจะยาว บางครั้งจะยาวกว่าลำตัวมาก อาจมีขนยาวปกคลุมลำตัว สัตว์กลุ่ม troglobite ส่วนใหญ่จะเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมหนีแสง ระบบท่อหายใจเล็ก บางชนิดใช้ส่วนผิวของท้องหายใจแทน ทนต่อสภาพอากาศชื้นได้ดี ทนต่อการขาดอาหารได้นาน การเจริญเติบโตช้า กิจกรรมต่างๆ ของแมลงเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาในแต่ละวัน แต่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Daly และคณะ, 1978)

อย่างไรก็ตามมีสัตว์บางกลุ่มที่สามารถปรับตัวให้อยู่ได้ทั้งภายในถ้ำและภายนอกถ้ำ เช่น แมลงสาบ และตะขาบ เป็นต้น สำหรับค้างคาวและนกนางแอ่น เป็นสัตว์ที่ไม่สามารถมองเห็นภายในถ้ำได้ จึงต้องมีการปรับตัวมาใช้ระบบเสียงสะท้อน (echo) เพื่อใช้ในการนำร่อง (navigation) กำหนดทิศทางภายในถ้ำ โดยที่ค้างคาวพัฒนาระบบนี้ไปได้มากกว่าสามารถใช้กำหนดตำแหน่งและขนาดของเหยื่อ แต่ยังไม่มีหลักฐานยืนยันเกี่ยวกับการใช้เสียงสะท้อนของแมลงที่อาศัยภายในถ้ำ (Bullock, 1965)

3. โครงสร้างสังคมของสัตว์ภายในถ้ำเขาหินปูน

สัตว์ที่พบภายในถ้ำเขาหินปูนส่วนใหญ่เป็นสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ซึ่งหมายถึงสัตว์ที่ถูกจัดให้อยู่ในไฟลัม (Phylum) อาร์โทรพอดา (Arthropoda) มีลักษณะที่เด่นๆ คือ มีลำตัวและระยางค์เป็นข้อปล้องชัดเจน ประกอบไปด้วยสัตว์ในกลุ่ม Chelicerata ได้แก่ แมงดาทะเล กลุ่ม Arachnida ได้แก่ แมงมุม แมงป่อง เห็บไร กลุ่ม Crustacea ได้แก่ กุ้ง ปู Isopod กลุ่ม Diplopoda ได้แก่ กิ้งกือ กลุ่ม Chilopoda ได้แก่ ตะขาบ และ กลุ่ม Hexapoda ได้แก่ แมลงทั้งหมด ซึ่งเป็นสัตว์กลุ่มที่ใหญ่ที่สุดในไฟลัมนี้ (Borror และคณะ, 1989) และมีมากที่สุดในโลก ประมาณกันว่าอยู่ในช่วง 10 - 30 ล้านชนิด สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดจะเพิ่มมาก

ขึ้นเมื่อเข้าใกล้เส้นศูนย์สูตร ประมาณ 75 - 90 % ของทั้งหมดพบว่าอยู่ในเขตร้อนชื้น (Collins และ Thomas, 1991)

Bullock (1963) และ McClure (1965) ได้สำรวจพบแมลงในถ้ำเขาหินปูนของประเทศมาเลเซีย ได้แก่ แมลงเหาหนังสือ (Psocoptera) *Parasoa haploneura* แมลงหางดีด (Collembola) แมลงสาบ (roaches) จิ้งโคร่งวงศ์ย่อย Rhaphidophorinae แมลงกระชอน (mole crickets) ด้วงก้นกระดก (Staphylinidae) ด้วงขนสัตว์ (Dermestidae) ด้วงวงศ์ Scarabaeidae วงศ์ย่อย Troginae ผีเสื้อหนอนเจาะผ้า (moth) วงศ์ Tineidae มวนท้องแบนวงศ์ Aradidae มวนเพชฌฆาต (assasin bug) วงศ์ Reduviidae เพลี้ย (butterflybug) วงศ์ Flatidae แตนเบียน (parasitic wasps) วงศ์ Ichneumonidae มด (Formicidae) แมลงหางหนีบ (black earwig) วงศ์ Chelisochidae แมลงวันแมงมุม (crane fly) วงศ์ Tipulidae และ แมลงหวี่ขน (sand fly) วงศ์ Psychodidae

แมลงที่เป็นปรสิตบนตัวค้างคาว ซึ่งพบเกาะอาศัยตามผนังถ้ำหรือบนกองมูล เช่น แมลงวันในวงศ์ Arixeniidae ; *Arixenia esau* วงศ์ Polyctenidae ; *Eoctenes spasmae* วงศ์ Nycteribiidae ; *Basilla hispida* วงศ์ Streblidae ; *Emchytarsina amboinensis* หมัด (Ischnopsyllidae) *Ascodipteron phyllorhinae* และ เรือด (Cimicidae) *Cimex lectularius* เป็นต้น (Bullock, 1963 ; Marshall, 1982)

Netto (1989) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวในถ้ำของประเทศบราซิล พบสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดหลายกลุ่ม ได้แก่ เพลี้ยไฟ (Thysanoptera) ด้วง (Coleoptera) วงศ์ Dermestidae และ วงศ์ Leiodidae วงศ์ย่อย Catopinae แมลงวัน (Diptera) วงศ์ Scenopinidae รวมไปถึงผีเสื้อหนอนเจาะผ้า วงศ์ Tineidae อีกทั้งยังพบสัตว์ในอันดับ Pseudoscorpiones และเห็บไร (Acari) วงศ์ Haplomegistidae Laelapidae และ Uropodidae ส่วน Bullock (1963) พบเห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ในซอกหลืบตามผนังถ้ำและในมูลค้างคาว รวมทั้งไรวงศ์ Spinturnicidae และ Trombiculidae ที่เป็นปรสิตบนตัวค้างคาว

นอกจากนี้ยังพบ sow-bugs (Isopoda) วงศ์ Oniscidae กิ้งกือ วงศ์ Polydesmosidae ตะขาบ วงศ์ Scutigeridae แมงมุมวงศ์ Clubionidae แมงมุม Whip-scorpion วงศ์ Charontidae และแมงป่อง ดังนั้นประเภทของมูลค้างคาวอาจมีผลต่อจำนวนชนิดและจำนวนสัตว์ที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำเขาหินปูน (Bullock, 1963 ; 1965 ; McClure, 1965 ; Netto, 1989) สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำหลายชนิดมักจะเป็นสัตว์ที่พบเฉพาะถิ่น (endemic species) เนื่องจากถ้ำแต่ละแห่งไม่ได้เชื่อมต่อเป็นแนวเดียวกัน (Collins และ Thomas, 1991) ถ้ำบางแห่งที่มีธารน้ำไหลอยู่ภายในถ้ำ อาจพบพลานาเรีย ลูกน้ำ ปู และปลาหลายชนิด ส่วนสัตว์เลื้อยคลานที่พบ ได้แก่ งูใบ้ (*Elaphe taeniura*) ซึ่งอาศัยอยู่ตามผนังถ้ำกินค้างคาวเป็นอาหาร สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibian) ที่พบ ได้แก่ กบ (*Rana macrodo, R. glandulosa, R. signata*) และ จงโคร่ง (*Bufo asper*) เป็นต้น นกที่พบในถ้ำ ได้แก่ นกกระเบื้องผา (*Monticolo solitarius*) มักจะหากินและทำรังตามซอกหลืบของผนังถ้ำรวมทั้งนกนางแอ่นซึ่งพบทั่วไปตามถ้ำเขาหินปูน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นอกจากค้างคาวหลายชนิดแล้วยังพบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่นๆ อีก ได้แก่ เม่น ซึ่งเข้ามาอาศัยหลบภัยภายในถ้ำ ถ้ำที่อยู่สูงจากระดับพื้นดินมากๆ อาจพบร่องรอยของเลียงผา รอยเท้าของเสือดาว หรือแม้แต่มูลของช้าง (Bullock, 1963 ; 1971)

สำหรับในประเทศไทยนั้น Deharveng (1990) พบแมลงหางดีด (Collembola) จำนวน 4 ชนิด วงศ์ Entomobryidae ภายในถ้ำเชียงดาวทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ *Troglopedetes leclerci, Pseudosinella chiangdaoensis, Coecobrya guanopphila* และ *Coecobrya similis* นอกจากนี้ Sedgwick และ Schwendinger (1990) พบแมงมุมชนิดใหม่ วงศ์ Liphistiidae คือ *Liphisitius tham* ในถ้ำเขาหินปูนทางภาคกลางของประเทศไทย นอกจากนี้ Lekagul และ McNeely (1988) ยังพบค้างคาวอีกอย่างน้อย 92 ชนิด จากทั่วโลกที่พบมากกว่า 800 ชนิด สัตว์หลายกลุ่มที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำ มักจะออกไปหากินไม่ไกลจากถ้ำมากนัก ในบรรดาสัตว์กลุ่มนี้มีสัตว์ป่าที่ใกล้จะสูญพันธุ์หลายชนิดและพบเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น เช่น ค้างคาวกิตติ (*Craseonycteris thonglongyai*) ค้างคาวหน้ายักษ์แผ่นจมูกกลม (*Hipposideros halophyllus*) หนูหินปูน (*Niviventer hinpoon*) และ หนูถ้ำ (*Leopoldamys nielli*) รวมทั้งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ยังไม่รู้จักกันดี และแทบจะไม่รู้เลยอีกมาก (สาขาวิจัยนิเวศวิทยา, 2536)

4. โครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกับปัจจัยทางกายภาพ

Pearson และ Derr (1986) ได้ศึกษาความชุกชุมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยตามพื้นป่าที่ราบต่ำของประเทศเปรู เปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายกาพ 4 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในดินที่ระดับความลึกประมาณ 5 เซนติเมตร โดยวางกับดักแบบหลุม (pitfall trap) ตามพื้นป่า พบว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดส่วนใหญ่ที่พบเป็นด้วง และยังพบสัตว์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมวลชีวภาพโดยรวมในฤดูฝนจะมากกว่าในฤดูร้อน นอกจากนี้ความชุกชุมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดยังเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่ทำการศึกษาด้วย

Leakey และ Proctor (1987) ได้สำรวจสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในดินและในกองใบไม้ที่ร่วงหล่น ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน 6 ระดับ คือ 280 330 480 610 790 และ 870 เมตร ในป่าดิบชื้นของรัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย โดยการสุ่มด้วยกล่องโลหะขนาด 25 x 25 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร พบมดและแมลงหางดีดมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบปลวก ด้วง แมลงสาบ แมงมุม ตะขาบ กิ้งกือ และ Isopod แต่กลุ่มของสัตว์ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล

Whitaker และคณะ (1991) ได้ศึกษาองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาว *Nycticeius humeralis* ที่เกาะอาศัยในโบสถ์ มลรัฐอินเดียน่า ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ส่วนใหญ่เป็นด้วง ได้แก่ ด้วงวงศ์ Tenebrionidae ; *Tenebrio molitor, Tribolium ferrugineum* และ *Neatus tenebrioides* วงศ์ Histeridae ; *Carcinops quattuordecimstriata* วงศ์ Dermestidae ; *Attagenus piceus* และ วงศ์ Staphylinidae ; *Oxypoda sagulata* รวมทั้งตัวอ่อนแมลงวันวงศ์ Muscidae ; *Stomoxys calcitrans* วงศ์ Anthomyiidae ; *Fannia canicularis* ตัวเต็มวัยของแมลงวันวงศ์ Milichiidae ; *Leptometopa latipes* และ ต่อแตนวงศ์ Bethylidae ; *Cephalonomia waterstoni*

Paoletti และคณะ (1991) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของชนิดสัตว์ที่อยู่ในดินตามพื้นป่าดิบเขา เปรียบเทียบกับที่อยู่ในดินบนพืชวงศ์สับปะรด (Bromeliaceae) ซึ่งเป็นพืชที่เกาะอาศัย (epiphyte) อยู่ตามเรือนยอดของต้นไม้ (canopy) ในป่าของประเทศเวเนซูเอล่า พบว่า ดินที่อยู่บนพืชวงศ์สับปะรดจะมีความหลากหลายของชนิดสัตว์มากกว่าในดินตามพื้นป่าในปริมาตรที่เท่ากัน โดยพบด้วงมากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระยะตัวอ่อน ทำให้เชื่อว่าด้วงมีส่วนสำคัญคือ เป็นผู้กินซากเน่าเปื่อยขนาดเล็ก (detritivore) ในกระบวนการย่อยสลาย (decomposition process) นอกจากนี้ยังพบปลวก ได้แก่ *Ischoscia variegata* ซึ่งเป็นปลวกที่พบมากที่สุด มดซึ่งดำรงชีวิตเป็นทั้งผู้ล่าและผู้กินซาก แมลงหางดีด รวมทั้งไร oribatid และ mesostigmatid ซึ่งดำรงชีวิตเป็นผู้กินซากเน่าเปื่อยขนาดเล็ก และยังพบไส้เดือนหลายชนิดด้วย แต่สัดส่วนของสัตว์ที่ดำรงชีวิตเป็นผู้ล่าในดินที่พบบนพืชวงศ์สับปะรดจะน้อยกว่าในดินตามพื้นป่าเป็นอย่างมาก ส่วนอัตราการย่อยสลายของใบไม้ที่ร่วงหล่นลงมาในดินบนพืชวงศ์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับบนดินตามพื้นป่าจะคล้ายกัน แต่ดินที่พบบนพืชวงศ์สับปะรดจะมีความเข้มข้นของแร่ธาตุสูงกว่าดินตามพื้นป่า

Lasinio และ Zapparoli (1993) ได้ทำการศึกษาสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในดินในสวนมะกอก (olive) ประเทศอิตาลี โดยใช้กับดักแมลงแบบหลุม ระหว่างปี ค.ศ.1987 - 1988 พบด้วงในวงศ์ Carabidae มากที่สุด รองลงมาเป็นมด ซึ่งพบได้ตลอดทั้งปี และด้วงในวงศ์ Staphylinidae นอกจากนี้ยังพบด้วงในวงศ์ Silphidae Hysteridae Tenebrionidae และสัตว์ชนิดอื่นๆ อาทิ แมลงสาบ มวน แมลงหางดีด แมลงหางหนีบ เพลี้ยไฟ ไร แมงมุม กิ้งกือ ตะขาบ isopod pseudoscorpions และ opilions ซึ่งส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแบบผู้กินซากเน่าเปื่อยขนาดเล็ก จำนวนชนิดและจำนวนสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและความชื้นในดิน

Watanabe และ Ruaysoongnern (1989) ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่บนต้นไม้ในป่าดิบแล้ง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการพ่นด้วยสารฆ่าแมลง เปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน พบสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด 5 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ด้วง แมลงหางดีด เพลี้ยไฟ มด และ มวน นอกจากนี้ยังพบว่า ความหนาแน่นและโครงสร้างของกลุ่มสัตว์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน มีเพียงเพลี้ยไฟเท่านั้นที่พบมากในฤดูร้อน อาจเป็นผลมาจากการตัดไม้และเผาป่าในบริเวณนั้น

Novotny (1992) ได้ศึกษาโครงสร้างสังคมของแมลงในอันดับย่อย Auchenorrhyncha อันดับ Homoptera ได้แก่ เพลี้ยจั๊กจั่นวงศ์ Cicadellidae บริเวณป่าดิบชื้น ประเทศเวียดนาม โดยใช้สวิงจับแมลงทั้งสิ้น 4,300 ครั้ง ได้ตัวอย่างแมลงดังกล่าว 1,132 ตัว จำแนกได้ 223 ชนิด ใน 16 วงศ์ และไม่พบแมลงชนิดใดเกิน 5 % ของตัวอย่างแมลงทั้งหมด แมลงที่พบจะมีการแพร่กระจายแบบเป็นกลุ่มๆ (clump) อย่างชัดเจน และมีโครงสร้างสังคมแบบ mosaic - like structure เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ป่า พื้นที่รอยต่อระหว่างป่ากับทุ่งหญ้า และพื้นที่ทุ่งหญ้า พบว่า มีสังคมแมลงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีความแตกต่างกันน้อยภายในพื้นที่ศึกษาแบบเดียวกัน ในพื้นที่ป่ามีองค์ประกอบของแมลงมากที่สุด และยังพบว่า ถ้าจำนวนตัวอย่างมากขึ้นก็จะพบชนิดของแมลงมากขึ้นตามไปด้วย

นอกจากนั้น Novotny (1993) ยังได้ทำการศึกษาสังคมของแมลงในอันดับย่อย Auchenorrhyncha อันดับ Homoptera ที่พบในพื้นที่ป่าดิบเขา ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 - 1,000 เมตร ในประเทศเวียดนาม พบว่ามีความหลากหลายสูง คือพบถึง 328 ชนิด จากตัวอย่างแมลงจำนวน 1,611 ตัว และพบว่า องค์ประกอบของแมลงมีความแตกต่างกันมากระหว่างต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน การสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดพบว่า มีองค์ประกอบของแมลงแตกต่างกัน แม้ว่าจะสุ่มเก็บจากพื้นที่ป่าบริเวณเดียวกันก็ตาม แสดงว่าช่วงเวลาและแหล่งที่อยู่อาศัยมีผลต่อความหลากหลายของแมลงเช่นกัน

Gannon และ Willic (1995) ได้ทำการศึกษาปรสิตที่เกาะบนตัวของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้และเกสรดอกไม้ ที่อาศัยในป่าเขตร้อนของประเทศเปอร์โตริโก 3 ชนิด ได้แก่ ค้างคาว *Stenoderma rufum*, *Artibeus jamaicensis* และ *Monophyllus redmani* พบเห็บไรและแมลงที่เป็นปรสิต ได้แก่ ไรวงศ์ Spinturnicidae ; *Periglischrus iheringi* และ Spelaeorhynchidae ; *Spelaeorhynchus praecursor* เห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ; *Ornithodoros sp.* แมลงวันวงศ์ Streblidae ; *Megistopoda aranea*, *Nycterophilia parnelli*, *Aspidoptera phyllostomatus* และ *Trichobius intermedius* นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนปรสิตที่พบไม่มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศของค้างคาว แต่กลับมีความแตก

ต่างกันระหว่างวัยของค้างคาว จำนวนปรสิตที่พบบนตัวอ่อนของค้างคาวมากกว่าที่พบบนตัวเต็มวัย อย่างไรก็ดีค้างคาวแต่ละชนิดจะมีกลุ่มของปรสิตที่เกาะเฉพาะตัวแตกต่างกัน

ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์ (2538) ได้ศึกษาองค์ประกอบของแมลงในบริเวณป่าพรุ จังหวัดภูเก็ต โดยใช้สวิงจับแมลง พบว่า ในช่วงฤดูฝนพบแมลงน้ำ 30 วงศ์ ใน 8 อันดับ และช่วงฤดูร้อนพบ 27 วงศ์ ใน 6 อันดับ ส่วนแมลงบกในช่วงฤดูฝนพบ 48 วงศ์ ใน 12 อันดับ และในช่วงฤดูร้อนพบ 53 วงศ์ ใน 9 อันดับ สำหรับแมลงที่จับโดยใช้กับดักประเภทใช้แสง (light trap) ในฤดูฝนพบ 46 วงศ์ ใน 12 อันดับ และในช่วงฤดูร้อนพบ 14 วงศ์ ใน 7 อันดับ นอกจากนี้ยังพบว่า แมลงที่เก็บโดยใช้สวิงน้ำ ในบริเวณพรุที่เปลี่ยนสภาพแล้ว มีจำนวนแมลงในอันดับ Trichoptera มากกว่าบริเวณพรุที่ยังคงสภาพเดิม ฤดูฝนพบจำนวนวงศ์ จำนวนแมลงในอันดับ Trichoptera และในอันดับ Ephemeroptera มากกว่าในฤดูร้อน ส่วนแมลงที่เก็บโดยใช้สวิงบก ในบริเวณพรุที่ยังคงสภาพเดิมจะพบจำนวนแมลงในอันดับ Odonata Lepidoptera Hymenoptera และ Thysanoptera มากกว่าบริเวณพรุที่เปลี่ยนสภาพแล้ว และในฤดูร้อนจะพบจำนวนแมลงในอันดับ Coleoptera และ Hymenoptera มากกว่าในฤดูฝน ขณะที่ฤดูร้อนพบแมลงในอันดับ Collembola มากกว่าในฤดูฝน ส่วนแมลงที่เก็บโดยใช้กับดักประเภทใช้แสง พบว่าในช่วงฤดูฝนพบจำนวนอันดับ จำนวนวงศ์ และจำนวนแมลงรวมทั้งหมดมากกว่าในฤดูร้อน

จากการศึกษาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นได้ว่า ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง และสภาพของแหล่งที่อยู่อาศัย ล้วนมีผลต่อองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง และมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้และเกสรดอกไม้

2. เพื่อศึกษาชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ เปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่ถูกแสงและบริเวณที่มืด

3. เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ

4. เพื่อเขียนโครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ

5. เพื่อจัดทำฐานข้อมูล สำหรับใช้ในการศึกษาสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันถ้ำเขาหินปูนส่วนใหญ่ถูกรบกวนและถูกทำลายกันมาก ทั้งๆ ที่ยังมีการศึกษาวิจัยกันน้อยมาก งานวิจัยครั้งนี้เป็นครั้งแรกของภาคใต้ที่มีการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาของสัตว์ที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำเขาหินปูน โดยเน้นการศึกษาชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ซึ่งเกือบทั้งหมดอาศัยและหากินอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

สถานที่ทำการวิจัย

1. ถ้ำเขาหินปูนในเขตจังหวัดสงขลาและจังหวัดตรังรวม 6 แห่ง ดังนี้

1.1 ถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ ได้แก่

1.1.1 ถ้ำเขารักเกียรติ อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

1.1.2 ถ้ำเขานุ้ยบน อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

1.1.3 ถ้ำหลังเขา อ.สะเดา จ.สงขลา

1.2 ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ ได้แก่

1.2.1 ถ้ำระเด่น อ.สะบ้าย้อย จ.สงขลา

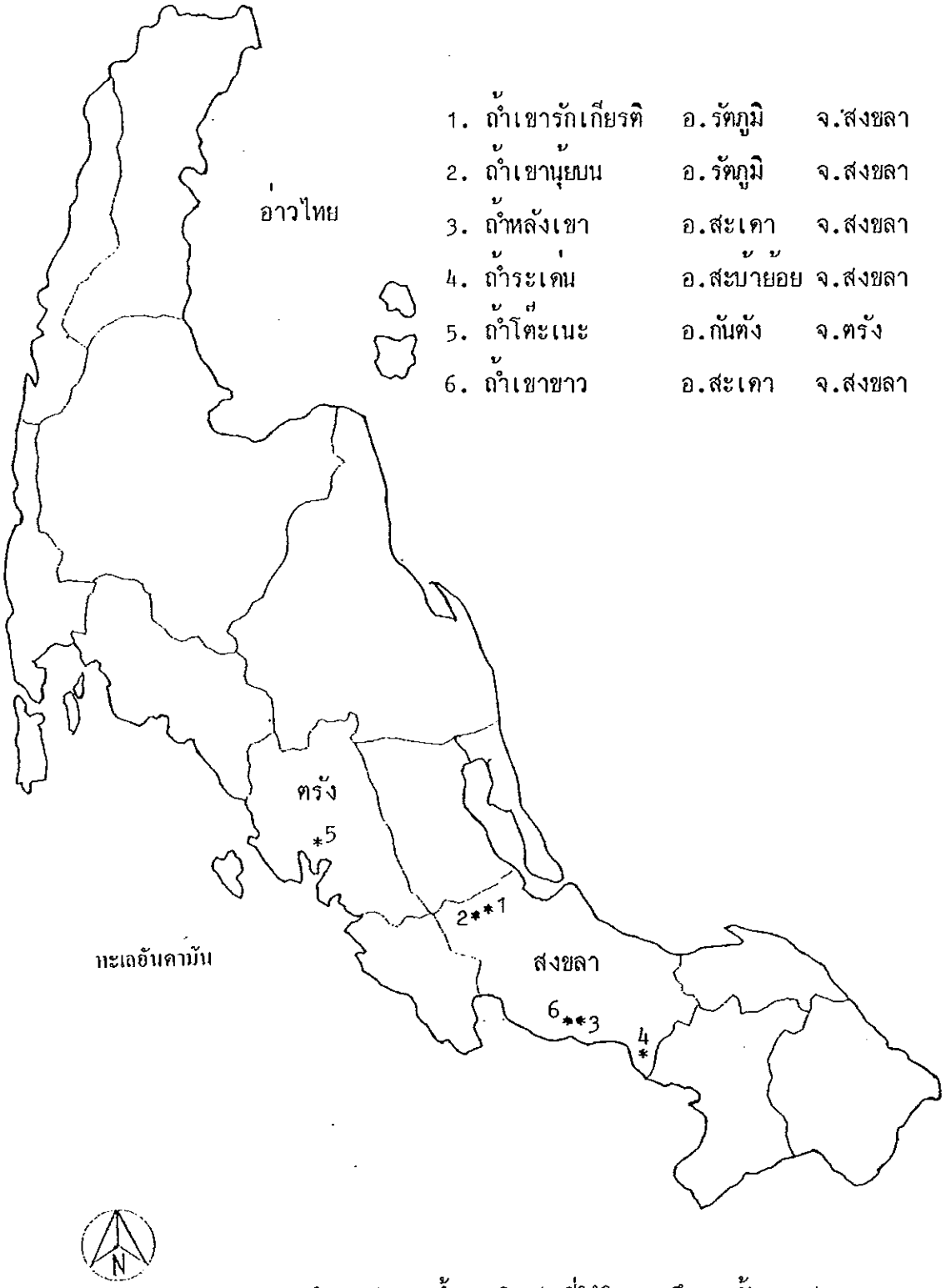
1.2.2 ถ้ำโต๊ะเนะ อ.กันตัง จ.ตรัง

1.2.3 ถ้ำเขาขาว อ.สะเดา จ.สงขลา

ตำแหน่งของถ้ำแต่ละแห่งดูในภาพประกอบ 1.2 และดูรายละเอียดเกี่ยวกับถ้ำที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมในภาคผนวก ก.

2. ห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. ห้องปฏิบัติการกลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบ 1.2 แสดงตำแหน่งของถ้ำเขาหินปูนที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 6 แห่ง ในภาคใต้ของประเทศไทย

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บมูลค้างคาว ได้แก่ ถุงมือ ช้อนตักดิน quadrat โลหะขนาด 15 x 15 เซนติเมตร และถุงพลาสติกใสขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม

2. อุปกรณ์ที่ใช้สำรวจภายในถ้ำ ได้แก่ ไฟฉายติดศีรษะ ไฟฉายแบบมือถือ ตะเกียงถ่านไฟฉาย เทอร์โมมิเตอร์ เครื่อง digital thermohygrometer หน้ากากป้องกันฝุ่นและก๊าซพิษ หมวกนิรภัย เชือกไนล่อน กล้องถ่ายรูป เข็มทิศ ตลับเมตร และแผนที่

3. อุปกรณ์ในการจำแนกและจัดเก็บแมลง ได้แก่ ป้ายบันทึก สไลด์และกระจกปิดสไลด์ พู่กัน จานแก้ว บิกเกอร์ ขวดใส่น้ำกลั่น ปากคีบ ขวดแก้วแบบมีฝาปิดขนาดเล็ก ขวดปากกว้างฝาเกลียวขนาดกลาง กรวยดักแมลงแบบเบอร์ลิส (Berlese funnel type-trap) กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาและแบบสเตอริโอ

4. แอลกอฮอล์ 70 % สำหรับเก็บดองตัวอย่างสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

5. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับใช้วิเคราะห์หาสารต่างๆ ของมูลค้างคาว ได้แก่ กรด H_2SO_4 เข้มข้น กรด H_3BO_3 สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ สารละลาย Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) Catalyst tablet (1 กรัม ประกอบด้วย 1 % selenium) น้ำมันก๊าด ขวด flask หลอดหยด ตู้อบ เครื่อง pH meter และเครื่อง vertex mixer

6. วัสดุทั่วไป ได้แก่ สมุดบันทึก ปากกา และดินสอ

7. เครื่องวัดพิกัดแผนที่ (GPS) และนาฬิกาวัดระดับความสูง

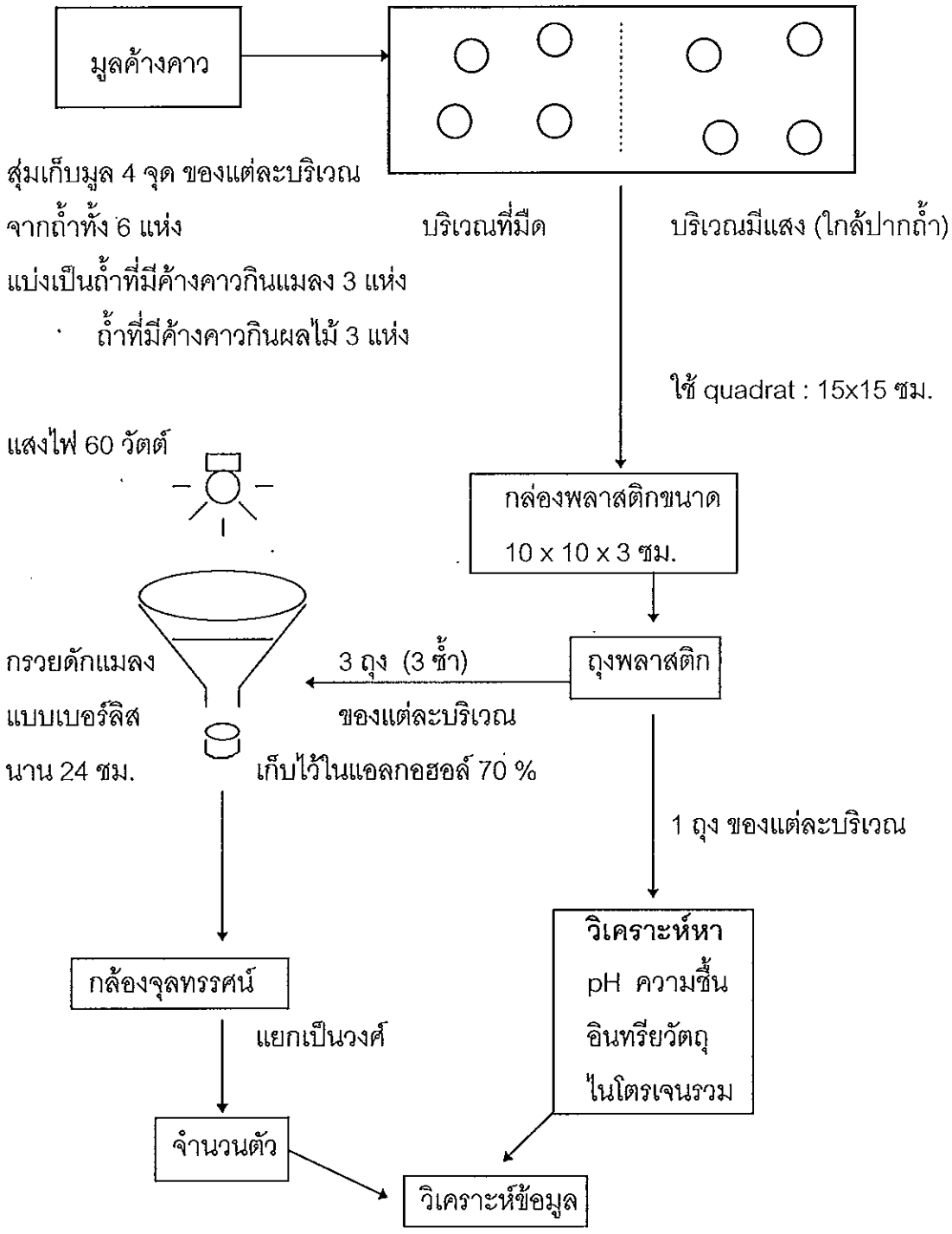
8. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ แบบ Camera lucida ยี่ห้อ Olympus รุ่น SZH 10 ใช้สำหรับวาดรูปตัวอย่างสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพ่อดที่ได้จากการศึกษา

วิธีการ

1. ทำการสำรวจถ้ำต่างๆ ในภาคใต้ ตามข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำในประเทศไทย ซึ่งสำรวจโดย Dunkley (1995) แล้วเลือกถ้ำที่มีค้างคาวอาศัยอยู่จำนวนมากเพียงพอและไม่มีธารน้ำอยู่ภายในเท่านั้นสำหรับการวิจัย 6 แห่ง แบ่งเป็นถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ 3 แห่ง และถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ 3 แห่ง โดยดูจากลักษณะของมูลค้างคาว มูลของค้างคาวกินแมลงมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ ส่วนมูลของค้างคาวกินผลไม้จะมีลักษณะเป็นกากเส้นหยาบๆ (ดูภาพประกอบ 3 และ 4 ในภาคผนวก ข.) และตรวจสอบดูชนิดของค้างคาวโดยดูจากกระโหลกของซากค้างคาวที่พบในกองมูลค้างคาวบริเวณเดียวกัน โดยอ้างอิงตาม Lekagul และ McNeely (1988)

2. การเก็บข้อมูลในภาคสนาม แบ่งเก็บข้อมูลสองครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เก็บระหว่างวันที่ 29 เดือนเมษายน ถึงวันที่ 4 เดือนพฤษภาคม 2539 และครั้งที่ 2 เก็บระหว่างวันที่ 1 ถึงวันที่ 4 เดือนสิงหาคม 2539 การเก็บข้อมูลของถ้ำทั้ง 6 แห่ง จะเก็บในระหว่างเวลา 11.00 น. ถึง 13.00 น.เหมือนกันทั้งสองครั้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การเก็บตัวอย่างมูลค้างคาว เก็บตัวอย่างมูลค้างคาวภายในถ้ำแต่ละแห่ง โดยใช้ตารางเลขสุ่ม สุ่ม (sampling) เลือกบริเวณที่จะตักเก็บตัวอย่างมูลค้างคาว หลังจากนั้นใช้ quadrat ที่มีลักษณะเป็นกล่องโลหะสี่เหลี่ยมจัตุรัสหัวท้ายเปิด (Southwood, 1978) ขนาด 15 x 15 เซนติเมตร ซึ่งได้จากการสำรวจเบื้องต้น (ดูในภาคผนวก ก.) วางลงบนบริเวณที่สุ่มแล้ว ทำการตักเก็บมูลค้างคาวที่ระดับความลึกจากผิวของกองมูลที่เก็บไม่เกิน 5 เซนติเมตร แล้วเทใส่ในกล่องพลาสติกขนาด 10 x 10 x 3 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แน่นอนก่อนเทเก็บในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 2 กิโลกรัม ปิดให้แน่น สุ่มเก็บตัวอย่างมูลค้างคาวภายในถ้ำเขาหินปูนแต่ละแห่งๆ ละ 8 ถุง โดยเก็บจากภายในถ้ำบริเวณที่ถูกแสง 4 ถุง และบริเวณที่มืด 4 ถุง จากนั้นนำ 3 ถุงแรกของแต่ละบริเวณ ไปแยกหาจำนวนชนิดและนับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ส่วนอีก 1 ถุง ที่เหลือของแต่ละบริเวณ นำไปตรวจวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ (ดูในภาพประกอบ 2.1)



ภาพประกอบ 2.1 แสดงขั้นตอนของวิธีการเก็บตัวอย่าง แยกตัวอย่าง และวิเคราะห์

2.2 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับมูลค้างคาว ดังนี้

- มูลค้างคาวเป็นของค้างคาวประเภทใดและชนิดใด
- ความชื้นและความเป็นกรดด่าง (pH) ของมูลค้างคาว
- ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ของมูลค้างคาว
- ปริมาณไนโตรเจนรวม (total N) ของมูลค้างคาว

2.3 บันทึกข้อมูลทั่วไปของถ้ำ ดังนี้

- ความสูงจากระดับน้ำทะเล
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ
- รูปทรงภายในและความลึกของถ้ำ
- สภาพพื้นที่รอบๆ ถ้ำ เช่น สวนผลไม้ ทุ่งนา ป่าดงดิบ เป็นต้น

3. นำตัวอย่างมูลค้างคาวที่ได้มายังห้องปฏิบัติการ นำมูลค้างคาวใน 3 ถุงแรกไปใส่ในกรวยดักแมลงแบบเบอร์ลิส (หลอดไฟ 60 วัตต์) เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อแยกสัตว์ออกมาจากมูลค้างคาว เก็บตัวอย่างสัตว์ที่ได้ไว้ในแอลกอฮอล์ 70 % แล้วนำไปจำแนกหาชนิด และนับจำนวนสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่แยกได้จากมูลค้างคาว ส่วนการจำแนกประเภทของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดจะแยกถึงเพียงระดับวงศ์ (Family) เท่านั้น โดยอ้างอิงตามหนังสือดังนี้

- Borror และคณะ (1989) และ CSIRO (1970) สำหรับตัวเต็มวัยของแมงมุมและแมลง
- Chu และ Cutkomp (1992) สำหรับตัวอ่อนของแมลง
- Krantz (1978) สำหรับตัวเต็มวัยของเห็บไร

สำหรับชนิดของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่ไม่ทราบชื่อจะใส่ unknown ไว้ ส่วนอีก 1 ถุง ที่เหลือ นำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ของมูลค้างคาวดังนี้

3.1 หาปริมาณความชื้นโดยวิธีการอบแห้งมูลค้างคาวประมาณ 5 กรัม แล้วชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบก่อนหลังจนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง (McLean, 1982)

3.2 หาค่าความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวโดยการละลายมูลในน้ำกลั่นอัตราส่วน 1 ต่อ 5 แล้วใช้ pH meter วัดค่าความเป็นกรดด่าง (McLean, 1982)

3.3 หาปริมาณของอินทรียวัตถุด้วยวิธีการ Walkley & Black titration (Nelson และ Sommers, 1982) โดยใช้ตัวอย่างมูลค้างคาว 2 กรัม และใช้ 1 N $K_2Cr_2O_7$ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เป็นสารออกซิไดซ์ ในสภาพที่เป็นกรด โดยเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นปริมาณ 10 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 30 นาที แล้วล้างสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่ติดอยู่ตามข้าง flask ลงไปให้หมดด้วยน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 75 มิลลิลิตร ไตเตรตหาปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วย ammonium ferrous sulfate ความเข้มข้น 0.5 N ซึ่งหาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยการ standardize ด้วยสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ คำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในมูลค้างคาว โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อินทรียวัตถุ (\%)} = \frac{(\text{me}K_2Cr_2O_7 - \text{me } FeSO_4)\ 0.003 \times 100 \times 1.33 \times 1.72}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างมูล (กรัม)}}$$

โดยที่ me = มิลลิกรัมสมมูลย์

3.4 หาปริมาณของไนโตรเจนรวม (Total N) ด้วยวิธีการ Kjeldahl method (Bremner และ Mulraney, 1982) โดยย่อยตัวอย่างมูลค้างคาว 5 กรัม ด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้นที่ผสมสารเคมีเร่งปฏิกิริยาแล้ว (Acid mixture ; H_2SO_4 : K_2SO_4 : Se metal อัตราส่วน 100 : 10 : 1) เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนในตัวอย่างมูลให้เป็นแอมโมเนียมซัลเฟต กลั่นสารละลายตัวอย่างและให้ทำปฏิกิริยากับด่าง จับก๊าซแอมโมเนียด้วยกรด H_3BO_3 ความเข้มข้น 2 % ไตเตรตหาปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในกรด H_3BO_3 ด้วย 0.01 N H_2SO_4 คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ไนโตรเจนทั้งหมด (\%)} = \frac{(A - B)N \times 1.4}{W}$$

โดยที่ A = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรตตัวอย่างมูล

B = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรต Blank

N = ความเข้มข้นกรดเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างมูลค้างคาว (กรัม)

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

4. สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่แยกได้นำมาจัดทำตัวอย่างเปรียบเทียบ สำหรับอ้างอิง (reference collection) โดยจัดทำบัตรประจำตัวของตัวอย่างสัตว์ที่พบและเก็บไว้ในพิพิธภัณฑ์ทางกีฏวิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. หาสหสมพันธ์ (Correlation) ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว ในถ้ำทั้ง 6 แห่ง กับตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล และปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาว โดยใช้วิธี Spearman rank correlation coefficient (r_s) ในโปรแกรม SPSS for Windows V.6

2. ตรวจสอบความสม่ำเสมอของค่าความแปรปรวน (homogeneity of variance) โดยใช้วิธี Levene test และหากค่าความแปรปรวนไม่มีความสม่ำเสมอ จะทำการแปลงข้อมูลโดยใช้ Log (x+1) ในโปรแกรม SPSS for Windows V.6

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวชนิดที่กินแมลง และชนิดที่กินผลไม้ บริเวณที่มีแสงและบริเวณที่มืด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ 2 - way ANOVA ในโปรแกรม SPSS for Windows V.6

4. หารูปแบบการกระจายของสังคมสัตว์ (distribution pattern) โดยใช้ค่า variance / mean ratio (Poole, 1974)

บทที่ 3

ผลการศึกษา

1. องค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

จากการศึกษาองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บได้จากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง ในระหว่างวันที่ 29 เมษายน ถึง 4 พฤษภาคม 2539 และระหว่างวันที่ 1 ถึง 4 สิงหาคม 2539 พบสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดรวมทั้งสิ้น 4,430 ตัว และสามารถจำแนกลำดับทางอนุกรมวิธานได้ 32 วงศ์ จาก 13 อันดับ ใน 2 ชั้น (class) โดยแบ่งเป็น ชั้น Arachnida 3 อันดับ ได้แก่ อันดับ Araneae หรือแมงมุม 2 วงศ์ อันดับ Acari หรือเห็บไร 8 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) รวมทั้งอันดับ Pseudoscorpiones ซึ่งไม่ได้จำแนกถึงระดับวงศ์ และ ชั้น Hexapoda หรือแมลง 10 อันดับได้แก่ อันดับ Collembola หรือแมลงหางดีด 1 วงศ์ อันดับ Blattaria หรือแมลงสาบ 1 วงศ์ อันดับ Hemiptera หรือมวน 1 วงศ์ อันดับ Thysanoptera หรือเพลี้ยไฟ 1 วงศ์ อันดับ Psocoptera หรือเหาหนังสือ 2 วงศ์ อันดับ Neuroptera หรือแมลงช้าง 1 วงศ์ อันดับ Coleoptera หรือด้วง 7 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Diptera หรือแมลงวัน 4 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Lepidoptera หรือผีเสื้อ 1 วงศ์ และ อันดับ Hymenoptera หรือต่อแตน 3 วงศ์ ดังแสดงผลรวมของจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ที่พบในตาราง 3.1 และค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวของแต่ละวงศ์ที่พบในตาราง 3.2 รวมทั้งแสดงภาพสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวในภาคผนวก ข.

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในมูลค้างคาว ส่วนใหญ่จะพบในระยะที่เป็นตัวอ่อน โดยเฉพาะกลุ่มแมลง ซึ่งพบมากกว่า 80% ทั้งในการเก็บครั้งที่ 1 และ 2 (ภาพประกอบ 3.1) และพบองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มเห็บไรมากที่สุด รองลงมาเป็นแมลงในกลุ่มด้วง และทั้งสองกลุ่มมีจำนวนตัวรวมกันมากกว่า 80% ของจำนวนที่พบทั้งหมด นอกจากนั้นทั้งสองกลุ่มมีจำนวนวงศ์รวมกันเกือบ 50% ของจำนวนวงศ์ที่พบทั้งหมด และจำนวนตัวรวมทั้งหมดในมูลของค้างคาวกินผลไม้จะน้อยกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง แต่จำนวนวงศ์รวมทั้งหมดที่พบในมูลของค้างคาวกินผลไม้กลับมากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง (ตาราง 3.1)

ถึงแม้ว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีจำนวนวงศ์รวมทั้งหมดมากกว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ แต่มีจำนวนตัวรวมทั้งหมดน้อยกว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ (ตาราง 3.3)

2. โครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวทั้ง 32 วงศ์ จาก 13 อันดับ สามารถนำมาเขียนโครงสร้างสังคมตามแนวทางของ Bullock (1963) เป็นสายใยอาหารที่เริ่มต้นจากมูลค้างคาว สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่ดำรงชีวิตแบบกินมูลและกินเชื้อราในมูลค้างคาว ได้แก่ ไรวงศ์ Uropodidae Laelapidae Prothoplophoroidea และ Ctenacaroidea แมลงหางดีดวงศ์ Entomobryidae เพลี้ยไฟวงศ์ Phlaeothripdae เหาหนังสือวงศ์ Sphaeropsocidae และ Liposcelidae ด้วงวงศ์ Dermestidae Staphylinidae Scarabaeidae Tenebrionidae และ Alleculidae ตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนเจาะผ้า (Tineidae) และ มด (Formicidae) ถูกสัตว์ที่ดำรงชีวิตแบบเป็นผู้ล่ากินเป็นอาหาร ได้แก่ ตัวอ่อนของแมลงช้างวงศ์ Myrmeleontidae ด้วงวงศ์ Carabidae Pseudoscorpiones มด และ ตัวอ่อนของแมลงที่พบจะมีปรสิตภายนอก ได้แก่ แตนเบียนวงศ์ Chalcididae และ Bethylidae รวมทั้งแมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Phoridae และ Ceratopogonidae ส่วนไรวงศ์ Smarididae เห็บอ่อนวงศ์ Argasidae และ แมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Chironomidae จะดูดกินเลือดค้างคาวเป็นอาหาร สำหรับซากสัตว์ที่ตายจะถูกแมลงสาบวงศ์ Blattellidae และด้วงวงศ์ Dermestidae กินเป็นอาหาร ดังแสดงในภาพประกอบ 3.2 จากการศึกษาการกระจายของสังคมสัตว์ พบว่า มีค่า variance / mean ratio ของจำนวนตัวรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.51 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า สังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวภายในถ้ำทั้ง 6 แห่ง มีการกระจายเป็นแบบสม่ำเสมอ (regular) (ดูข้อมูลในภาคผนวก ค.)

3. ผลของอุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล และอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่สุ่มเก็บได้จากกองมูลค้างคาว ในถ้ำเขาหินปูนที่ทำการศึกษาทั้ง 6 แห่ง เมื่อนำมาหาค่าสหสัมพันธ์กับอุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล และอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่วัดได้ แสดงผลดังนี้

3.1 อุณหภูมิของถ้ำเขาหินปูน จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง อยู่ในช่วง 24.90 - 29.40^{o}C โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.72^{o}C และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE.) เท่ากับ $\pm$ 0.29 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.64^{o}C และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\pm$ 0.41 (ตาราง 3.4) และพบว่า อุณหภูมิของถ้ำและจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 3.5)

3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำเขาหินปูน จากการศึกษาพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง อยู่ในช่วง 74 - 95% โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\pm$ 1.65 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.73% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\pm$ 1.71 (ตาราง 3.4) และพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำและจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 3.5)

3.3 ความชื้นของมูล จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บได้จากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง อยู่ในช่วง 14.61 - 48.98% โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีปริมาณความชื้นของมูลค้างคาวเฉลี่ย 26.12% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 3.14 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีปริมาณความชื้นของมูลค้างคาวเฉลี่ย 31.49% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 2.80 (ตาราง 3.4) และพบว่า ปริมาณความชื้นของมูลค้างคาวและจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตาราง 3.5)

3.4 ความเป็นกรดด่างของมูล จากการศึกษาพบว่า ความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง มีค่าอยู่ในช่วง 4.67 - 7.81 โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีค่าความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวเฉลี่ย 5.63 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.24 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีค่าความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวเฉลี่ย 6.33 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.27 (ตาราง 3.4) และพบว่า ความเป็นกรดด่างที่สุ่มวัดได้จากมูลค้างคาวและจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตาราง 3.5)

3.5 ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง อยู่ในช่วง 1.62 - 8.97% โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวเฉลี่ย 4.24% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.52 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวเฉลี่ย 4.80% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ ± 0.62 (ตาราง 3.4) และพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวและจำนวนตัวของแมลงสาบวงศ์ Blattellidae มีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมกับจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนรวมกับจำนวนตัวในแต่ละอันดับ กลับพบว่า อันดับ Araneae และ Psocoptera เท่านั้น ที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รวมทั้ง

กับอันดับ Blattaria มีความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับวงศ์และอันดับของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่เหลือ ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 3.5)

3.6 ปริมาณอินทรียวัตถุของมูล จากการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง อยู่ในช่วง 8.08 - 49.54% โดยที่ถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ มีปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวเฉลี่ย 20.53% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\pm$ 3.15 สำหรับถ้ำเขาหินปูนที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ มีปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวเฉลี่ย 29.89% และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\pm$ 3.50 (ตาราง 3.4) และพบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวกับจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวของเหาหนังสือวงศ์ Liposcelidae และ Sphaeropsocidae รวมทั้งแมงมุมวงศ์ Leptonetidae แมลงวงศ์ Chironomidae ในอันดับ Diptera และมด มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวกับจำนวนตัวของไรวงศ์ Laelapidae และด้วงวงศ์ Alleculidae และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวกับจำนวนตัวในแต่ละอันดับ กลับพบว่า อันดับ Araneae มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รวมทั้งอันดับ Psocoptera และ Hymenoptera ที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สำหรับวงศ์และอันดับของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่เหลือ ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกันจนถึงระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 3.5)

4. ผลของประเภทของมูลค้างคาว และแสงต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว

ผลของประเภทของมูลค้างคาว (ชนิดที่กินแมลงและชนิดที่กินผลไม้) และ แสง (บริเวณที่มีแสงและที่มืด) ที่มีต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวของแต่ละวงศ์ ดังแสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวที่พบในตาราง 3.2 โดยแสดงผลดังนี้

4.1 ประเภทของมูลค้างคาวมีผลต่อจำนวนวงศ์รวม (ภาพประกอบ 3.3) จำนวนตัวของไรวงศ์ Laelapidae (ภาพประกอบ 3.4) แมลงสาบวงศ์ Blattellidae (ภาพประกอบ 3.5) เหาหนังสือวงศ์ Liposcelidae (ภาพประกอบ 3.6) รวมทั้งตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนเจาะผ้าวงศ์ Tineidae (ภาพประกอบ 3.7) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนั้นยังมีผลต่อแมงมุมวงศ์ Leptonetidae (ภาพประกอบ 3.8) ด้วงวงศ์ Dermestidae (ภาพประกอบ 3.9) และวงศ์ Staphylinidae (ภาพประกอบ 3.10) รวมทั้งมีผลต่อเหาหนังสือวงศ์ Sphaeropsocidae (ภาพประกอบ 3.11) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อดูผลของประเภทของมูลค้างคาวต่อจำนวนตัวของแต่ละอันดับ กลับพบว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลเฉพาะต่ออันดับ Blattaria (ภาพประกอบ 3.5) Lepidoptera (ภาพประกอบ 3.7) และ Diptera (ภาพประกอบ 3.12) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รวมทั้งมีผลต่ออันดับ Araneae (ภาพประกอบ 3.13) Psocoptera (ภาพประกอบ 3.14) และ Coleoptera (ภาพประกอบ 3.15) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตาราง 3.6)

4.2 แสงมีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Carabidae (ภาพประกอบ 3.16) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อดูผลของแสงต่อจำนวนตัวของแต่ละอันดับ กลับพบว่า แสงมีผลเฉพาะต่ออันดับ Psocoptera (ภาพประกอบ 3.17) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 3.6)

4.3 อันตกริยา (interaction) ระหว่างประเภทของมูลค้างคาวกับแสง มีผลเฉพาะต่ออันดับ Psocoptera (ภาพประกอบ 3.18) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 3.6)

ตาราง 3.1 ค่าผลรวมของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวมทั้งหมด และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ที่สุ่มเก็บได้จากมูลของค้างคาวที่กินแมลง (n = 18) และมูลของค้างคาวที่กินผลไม้ (n = 18) ภายในถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง เปรียบเทียบระหว่างการเก็บครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2539) และครั้งที่ 2 (สิงหาคม 2539)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		รวม
	มูลค้างคาว		มูลค้างคาว		
	กินแมลง	กินผลไม้	กินแมลง	กินผลไม้	
จำนวนวงศ์รวม*	15	27	11	20	32
จำนวนตัวรวม	1,691	1,191	801	747	4,430
ชั้น Arachnida					
อันดับ Araneae	0	8	0	16	24
วงศ์ Clubionidae	0	2	0	0	2
วงศ์ Leptonetidae	0	6	0	16	22
อันดับ Pseudoscorpiones	35	13	11	0	59
อันดับ Acari	1,213	884	358	416	2,871
วงศ์ Uropodidae	944	170	255	141	1,510
วงศ์ Laelapidae	0	213	0	56	269
วงศ์ Cheyletidae	0	35	0	0	35
วงศ์ Smarididae	0	2	0	0	2
วงศ์ Argasidae	216	99	31	205	551
วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea	53	120	72	8	253
วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea	0	31	0	0	31
unknown family	0	214	0	6	220
ชั้น Hexapoda					
อันดับ Collembola	0	3	0	13	16
วงศ์ Entomobryidae	0	3	0	13	16
อันดับ Blattaria	1	5	0	3	9
วงศ์ Blattellidae	1	5	0	3	9
อันดับ Hemiptera	0	3	0	0	3
วงศ์ Anthocoridae	0	3	0	0	3

* หมายถึง มีวงศ์ซ้ำกัน

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		รวม
	มูลค้างคาว		มูลค้างคาว		
	กินแมลง	กินผลไม้	กินแมลง	กินผลไม้	
อันดับ Thysanoptera	1	0	0	0	1
วงศ์ Phlaeothripidae	1	0	0	0	1
อันดับ Psocoptera	0	68	1	30	99
วงศ์ Sphaeropsocidae	0	28	1	29	58
วงศ์ Liposcelidae	0	40	0	1	41
อันดับ Neuroptera	0	0	3	0	3
วงศ์ Myrmeleontidae	0	0	3	0	3
อันดับ Coleoptera	323	179	391	54	947
วงศ์ Dermestidae	114	64	165	14	357
วงศ์ Staphylinidae	187	71	182	21	461
วงศ์ Carabidae	1	3	0	10	14
วงศ์ Scarabaeidae ?	9	0	43	0	52
วงศ์ Tenebrionidae	6	7	0	1	14
วงศ์ Alleculidae	2	12	0	1	15
unknown family	4	22	1	7	34
อันดับ Diptera	1	4	12	6	23
วงศ์ Phoridae	0	1	0	1	2
วงศ์ Chironomidae	0	2	0	0	2
วงศ์ Ceratopogonidae	0	1	0	0	1
unknown family	1	0	12	5	18
อันดับ Lepidoptera	6	88	25	182	301
วงศ์ Tineidae	6	88	25	182	301
อันดับ Hymenoptera	18	12	0	11	41
วงศ์ Formicidae	18	6	0	11	35
วงศ์ Bethylidae	0	5	0	0	5
วงศ์ Chalcididae	0	1	0	0	1

ตาราง 3.2 ค่าเฉลี่ย (mean) และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (± SE.) ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่สุ่มเก็บได้จากมูลของค้างคาวที่กินแมลง 3 แห่ง และมูลของค้างคาวที่กินผลไม้ 3 แห่ง ระหว่างบริเวณที่มีแสง (n = 18) และบริเวณที่มืด (n = 18) ไม่คิดรวม unknown family

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	มูลของค้างคาวที่กินแมลง		มูลของค้างคาวที่กินผลไม้	
	บริเวณที่มีแสง	บริเวณที่มืด	บริเวณที่มีแสง	บริเวณที่มืด
	mean ± SE.	mean ± SE.	mean ± SE.	mean ± SE.
จำนวนวงศ์รวม	3.67 ±0.62	4.94 ±0.64	6.39 ±1.21	5.11 ±0.84
จำนวนตัวรวม	82.72 ±33.49	55.72 ±19.16	50.50 ±14.73	44.94 ±16.27
<u>ชั้น Arachnida</u>				
อันดับ Araneae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	1.11 ±0.73	0.22 ±0.17
วงศ์ Clubionidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.11 ±0.07	0.00 ±0.00
วงศ์ Leptonetidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	1.00 ±0.56	0.22 ±0.17
อันดับ Pseudoscorpiones	0.56 ±0.41	2.00 ±1.31	0.67 ±0.34	0.06 ±0.06
อันดับ Acari	63.50 ±13.56	23.73 ±13.77	34.99 ±18.32	27.50 ±14.29
วงศ์ Uropodidae	54.78 ±28.14	11.83 ±6.40	6.17 ±3.34	11.11 ±6.37
วงศ์ Laelapidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	12.67 ±7.10	2.28 ±1.40
วงศ์ Cheyletidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	1.94 ±1.08	0.00 ±0.00
วงศ์ Smarididae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.11 ±0.07	0.00 ±0.00
วงศ์ Argasidae	6.44 ±3.01	7.28 ±4.06	4.44 ±1.53	12.44 ±5.50
วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea	2.28 ±1.31	4.67 ±3.32	5.44 ±3.48	1.67 ±1.02
วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	1.72 ±1.72	0.00 ±0.00
<u>ชั้น Hexapoda</u>				
อันดับ Collembola	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.11 ±0.11	0.78 ±0.72
วงศ์ Entomobryidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.11 ±0.11	0.78 ±0.72
อันดับ Blattaria	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.11 ±0.11	0.33 ±0.02
วงศ์ Blattellidae	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.11 ±0.11	0.33 ±0.02
อันดับ Hemiptera	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.17 ±0.12	0.00 ±0.00
วงศ์ Anthocoridae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.17 ±0.12	0.00 ±0.00

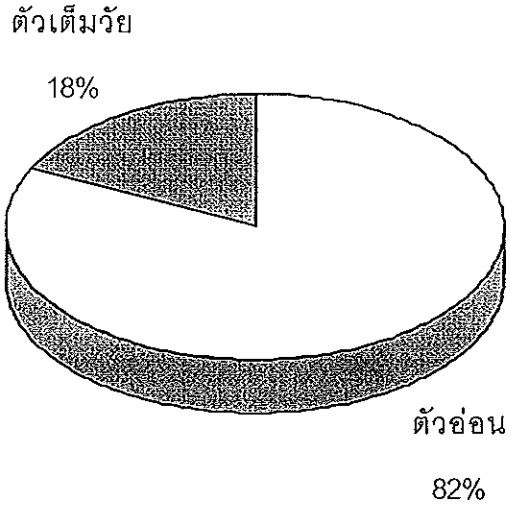
ตาราง 3.2 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	มูลของค้างคาวที่กินแมลง		มูลของค้างคาวที่กินผลไม้	
	บริเวณที่มีแสง	บริเวณที่มืด	บริเวณที่มีแสง	บริเวณที่มืด
	mean ± SE.	mean ± SE.	mean ± SE.	mean ± SE.
อันดับ Thysanoptera	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
วงศ์ Phlaeothripidae	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
อันดับ Psocoptera	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00	4.11 ±2.23	1.34 ±0.79
วงศ์ Sphaeropsocidae	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00	2.39 ±1.18	0.78 ±0.46
วงศ์ Liposcelidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	1.72 ±1.05	0.56 ±0.33
อันดับ Neuroptera	0.00 ±0.00	0.17 ±0.08	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
วงศ์ Myrmeleontidae	0.00 ±0.00	0.17 ±0.08	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
อันดับ Coleoptera	17.11 ±7.96	22.27 ±10.71	9.27 ±5.08	2.05 ±1.46
วงศ์ Dermestidae	5.22 ±2.31	10.28 ±3.85	3.33 ±1.69	1.00 ±0.72
วงศ์ Staphylinidae	11.17 ±4.98	9.33 ±5.14	5.11 ±2.83	0.00 ±0.00
วงศ์ Carabidae	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00	0.72 ±0.46
วงศ์ Scarabaeidae ?	0.67 ±0.67	2.22 ±1.37	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00
วงศ์ Tenebrionidae	0.00 ±0.00	0.33 ±0.23	0.33 ±0.23	0.11 ±0.11
วงศ์ Alleculidae	0.06 ±0.06	0.06 ±0.06	0.50 ±0.32	0.22 ±0.17
อันดับ Diptera	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.12 ±0.12	0.17 ±0.17
วงศ์ Phoridae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.11 ±0.11
วงศ์ Chironomidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.06 ±0.06
วงศ์ Ceratopogonidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00
อันดับ Lepidoptera	0.67 ±0.47	1.06 ±0.74	2.89 ±1.58	12.11 ±6.78
วงศ์ Tineidae	0.67 ±0.47	1.06 ±0.74	2.89 ±1.58	12.11 ±6.78
อันดับ Hymenoptera	0.61 ±0.33	0.39 ±0.33	0.51 ±0.41	0.78 ±0.50
วงศ์ Formicidae	0.61 ±0.33	0.39 ±0.33	0.17 ±0.13	0.78 ±0.50
วงศ์ Bethylidae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.28 ±0.22	0.00 ±0.00
วงศ์ Chalcididae	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	0.06 ±0.06	0.00 ±0.00

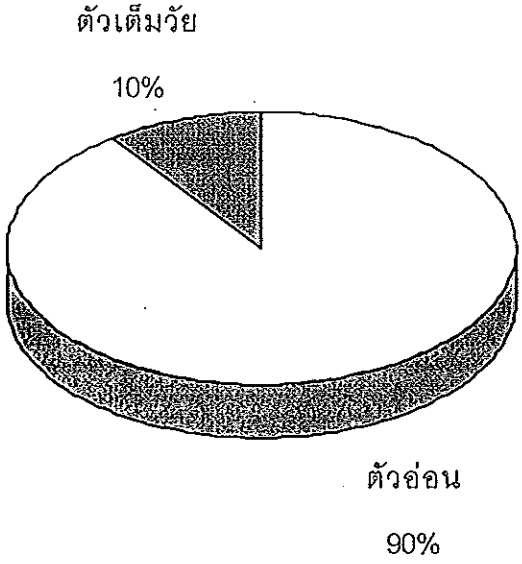
ตาราง 3.3 จำนวนวงศ์และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่สุ่มเก็บจากกองมูลค้างคาว ภายในถ้ำเขาหินปูนแต่ละแห่ง เปรียบเทียบระหว่างการเก็บครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2539) และครั้งที่ 2 (สิงหาคม 2539) โดยไม่รวม unknown family

		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	n	จำนวนวงศ์	จำนวนตัว	จำนวนวงศ์	จำนวนตัว
ถ้ำค้างคาวกินแมลง					
ถ้ำเขารักเกียรติ	6	10	1,078	6	240
ถ้ำเขานุ้ยบน	6	10	499	6	127
ถ้ำหลังเขา	6	8	114	10	434
ถ้ำค้างคาวกินผลไม้					
ถ้ำระเด่น	6	14	201	12	137
ถ้ำโต๊ะเนะ	6	16	320	6	64
ถ้ำเขาขาว	6	22	670	12	546

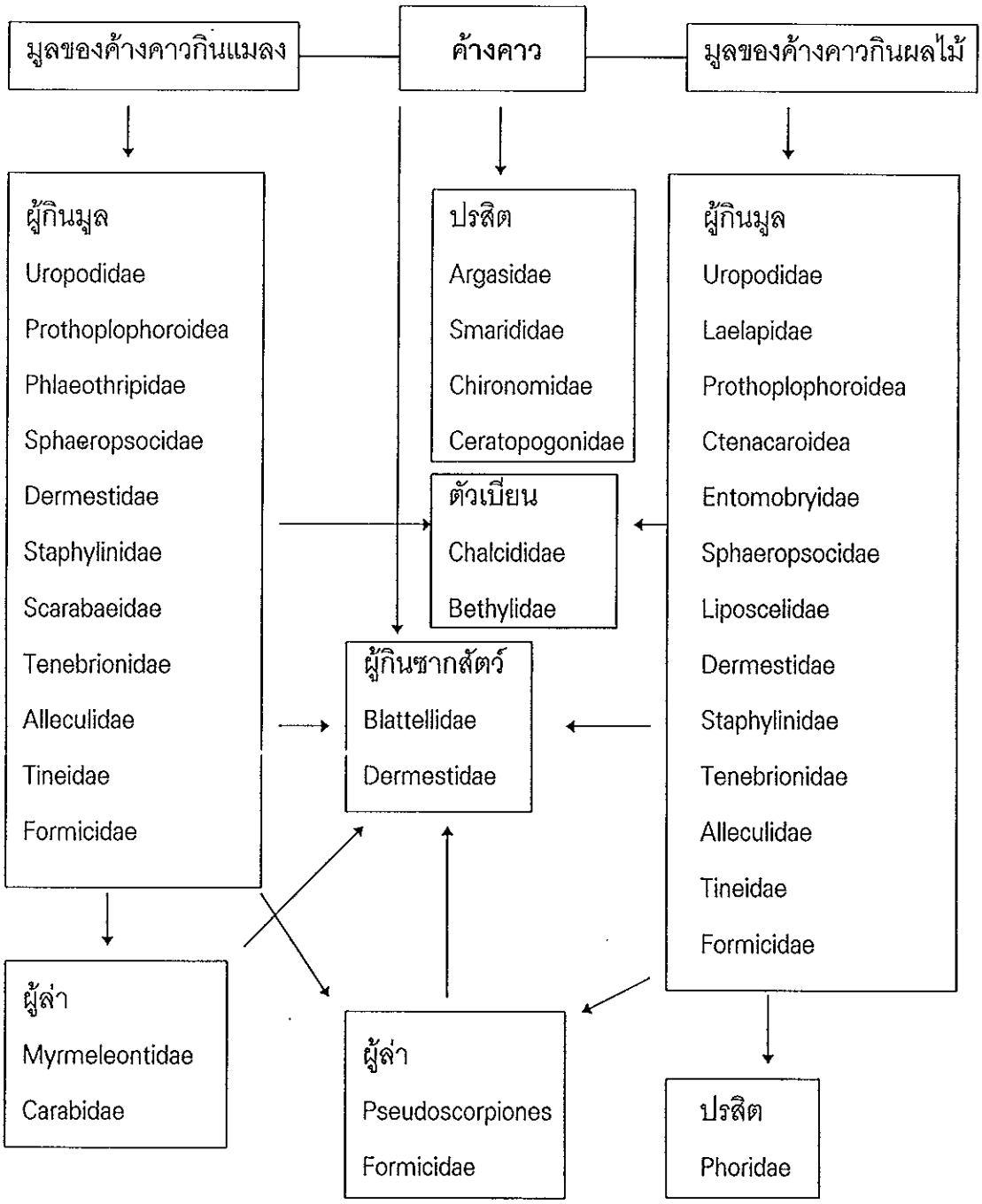
ก.เก็บครั้งที่ 1



ข.เก็บครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 3.1 จำนวนตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของแมลง (%) ที่พบในมูลค้างคาว ในถ้ำเขาหินปูนที่ทำการศึกษาทั้ง 6 แห่ง ระหว่างการเก็บครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2539, ภาพ ก.) และครั้งที่ 2 (สิงหาคม 2539, ภาพ ข.)



ภาพประกอบ 3.2 แสดงโครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลของค้างคาวภายในถ้ำที่น่าจะเป็นไปได้

ตาราง 3.4 ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (±S.E.) ของอุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวม และปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาว ในบริเวณที่มีแสงและบริเวณที่มืด ที่สุ่มเก็บจากถ้ำทั้ง 6 แห่ง ในการเก็บครั้งที่ 1 (พฤษภาคม 2539) และครั้งที่ 2 (สิงหาคม2539)

ถ้ำ	แสง	ครั้งที่	อุณหภูมิของถ้ำ(°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ(%)	ความชื้นของมูล(%)	pH ของมูล	ไนโตรเจนรวมของมูล (%)	อินทรียวัตถุของมูล(%)
ถ้ำค้างคาวกินแมลงถ้ำเขารักเกียรติ								
	มีแสง	1	28.50	84.00	21.74	4.83	6.81	41.48
	มีแสง	2	28.10	79.00	48.20	5.04	6.22	30.77
	มืด	1	27.20	86.00	21.59	6.43	6.93	39.35
	มืด	2	29.40	74.00	15.98	6.86	4.02	21.07
ถ้ำเขานุ้ยบน	มีแสง	1	27.30	85.00	24.71	4.67	2.71	15.29
	มีแสง	2	28.30	84.00	20.39	5.89	2.47	17.34
	มืด	1	27.10	93.00	19.94	6.21	2.87	12.51
	มืด	2	28.10	84.00	46.75	4.88	5.07	14.56
ถ้ำหลังเขา	มีแสง	1	26.30	91.00	18.87	6.83	2.04	10.01
	มีแสง	2	28.90	77.00	25.01	5.44	2.68	10.28
	มืด	1	26.20	91.00	17.44	5.77	3.29	12.91
	มืด	2	27.20	86.00	32.84	4.74	5.75	20.84
mean (n = 12)			27.72	84.50	26.12	5.63	4.24	20.53
±S.E.			0.29	1.65	3.14	0.24	0.52	3.15

ตาราง 3.4 (ต่อ)

ถ้ำ	แสง	ครั้งที่	อุณหภูมิของถ้ำ(°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ(%)	ความชื้นของมูล(%)	pH ของมูล	ไนโตรเจนรวมของมูล (%)	อินทรียวัตถุของมูล(%)
ถ้ำค้างคาวกินผลไม้								
ถ้ำระเด่น	มีแสง	1	25.00	95.00	30.37	5.90	4.42	33.51
	มีแสง	2	27.20	86.00	38.59	5.80	5.13	29.39
	มืด	1	24.90	94.00	30.75	5.20	4.60	31.25
	มืด	2	26.90	88.80	37.23	4.72	2.46	22.84
ถ้ำโต๊ะเนะ	มีแสง	1	28.40	82.00	14.61	7.29	5.96	44.21
	มีแสง	2	28.10	85.00	38.71	6.80	5.01	24.36
	มืด	1	28.10	82.00	27.81	6.19	7.98	49.54
	มืด	2	28.50	86.00	48.98	5.54	8.97	36.84
ถ้ำเขาขาว	มีแสง	1	29.20	75.00	21.78	7.00	5.32	38.24
	มีแสง	2	28.90	77.00	24.47	7.40	3.25	11.63
	มืด	1	28.30	83.00	40.94	7.81	2.85	28.82
	มืด	2	28.20	83.00	23.67	6.30	1.62	8.08
mean (n = 12)			27.64	84.73	31.49	6.33	4.80	29.89
±S.E.			0.41	1.71	2.80	0.27	0.62	3.50

ตาราง 3.5 ค่า Spearman rank correlation coefficient (r_s) ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และ จำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ที่พบในมูลค้างคาว ในถ้ำทั้ง 6 แห่ง สัมพันธ์กับ อุณหภูมิของถ้ำ(°C) ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ(%) ความชื้นของมูล(%) ความเป็นกรดด่างของมูล (pH) ปริมาณไนโตรเจนรวม(%) และ อินทรียวัตถุ(%) ของมูลค้างคาว โดยไม่คิดรวม unknown family (*= P<0.05, **= P<0.01, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ)

การเปรียบเทียบค่า r_s	อุณหภูมิของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นของมูล (n = 24)	pH ของมูล (n = 24)	ไนโตรเจนรวมของมูล (n = 24)	อินทรียวัตถุของมูล (n = 24)
จำนวนวงศ์รวม	- 0.04ns	0.04ns	- 0.26ns	0.17ns	0.39ns	0.49*
จำนวนตัวรวม	0.12ns	- 0.15ns	- 0.36ns	0.02ns	- 0.05ns	0.21ns
ชั้น Arachnida						
อันดับ Araneae	0.21ns	- 0.12ns	0.34ns	0.19ns	0.45*	0.40*
วงศ์ Clubionidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
วงศ์ Leptonetidae	0.21ns	- 0.12ns	0.34ns	0.18ns	0.45*	0.40*
อันดับ Pseudoscorpiones	0.06ns	- 0.14ns	- 0.17ns	- 0.01ns	- 0.01ns	0.01ns
อันดับ Acari	- 0.04ns	0.12ns	- 0.32ns	- 0.06ns	- 0.12ns	0.15ns
วงศ์ Uropodidae	0.03ns	- 0.03ns	- 0.17ns	- 0.02ns	0.04ns	0.05ns
วงศ์ Laelapidae	- 0.16ns	0.07ns	0.13s	0.16ns	0.12ns	0.53**
วงศ์ Cheyletidae	0.02ns	0.00ns	- 0.03ns	0.20ns	0.09ns	0.28ns
วงศ์ Smarididae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
วงศ์ Argasidae	- 0.29ns	0.25ns	- 0.38ns	- 0.16ns	- 0.06ns	0.14ns

ตาราง 3.5 (ต่อ)

การเปรียบเทียบค่า r_s	อุณหภูมิของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นของมูล (n = 24)	pH ของมูล (n = 24)	ไนโตรเจนรวมของมูล (n = 24)	อินทรียวัตถุของมูล (n = 24)
วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea	- 0.18ns	0.24ns	- 0.25ns	- 0.02ns	0.30ns	0.19ns
วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea	0.17ns	- 0.18ns	- 0.35ns	0.29ns	0.19ns	0.32ns
ชั้น Hexapoda						
อันดับ Collembola	0.15ns	- 0.29ns	- 0.23ns	- 0.27ns	- 0.07ns	0.18ns
วงศ์ Entomobryidae	0.15ns	- 0.29ns	- 0.23ns	- 0.27ns	- 0.07ns	0.18ns
อันดับ Blattaria	- 0.37ns	0.37ns	0.15ns	0.08ns	- 0.43*	- 0.09ns
วงศ์ Blattellidae	- 0.37ns	0.37ns	0.15ns	0.08ns	- 0.43*	- 0.09ns
อันดับ Hemiptera	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
วงศ์ Anthocoridae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
อันดับ Thysanoptera	- 0.19ns	0.29ns	- 0.23ns	0.08ns	- 0.14ns	- 0.23ns
วงศ์ Phlaeothripidae	- 0.19ns	0.29ns	- 0.23ns	0.08ns	- 0.14ns	- 0.23ns
อันดับ Psocoptera	0.12ns	- 0.08ns	0.18ns	0.23ns	0.42*	0.55**
วงศ์ Sphaeropsocidae	- 0.04ns	0.09ns	0.25ns	0.11ns	0.37ns	0.47*
วงศ์ Liposcelidae	0.27ns	- 0.37ns	- 0.09ns	0.40ns	0.38ns	0.49*

ตาราง 3.5 (ต่อ)

การเปรียบเทียบค่า r_s	อุณหภูมิของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นของมูล (n = 24)	pH ของมูล (n = 24)	ไนโตรเจนรวมของมูล (n = 24)	อินทรียวัตถุของมูล (n = 24)
อันดับ Neuroptera	0.17ns	- 0.18ns	- 0.14ns	- 0.03ns	- 0.08ns	- 0.09ns
วงศ์ Myrmeleontidae	0.17ns	- 0.18ns	- 0.14ns	- 0.03ns	- 0.08ns	- 0.09ns
อันดับ Coleoptera	- 0.19ns	0.13ns	- 0.26ns	- 0.33ns	0.17ns	0.09ns
วงศ์ Dermestidae	- 0.03ns	- 0.03ns	- 0.23ns	- 0.23ns	0.37ns	0.24ns
วงศ์ Staphylinidae	- 0.23ns	0.21ns	- 0.24ns	- 0.31ns	0.02ns	- 0.05ns
วงศ์ Carabidae	- 0.07ns	- 0.02ns	0.09ns	0.17ns	- 0.30ns	- 0.05ns
วงศ์ Scarabaeidae ?	- 0.09ns	0.07ns	- 0.06ns	- 0.14ns	- 0.21ns	- 0.36ns
วงศ์ Tenebrionidae	0.05ns	- 0.19ns	- 0.24ns	0.18ns	0.02ns	0.03ns
วงศ์ Alleculidae	- 0.23ns	0.28ns	0.00ns	- 0.02ns	0.32ns	0.52**
อันดับ Diptera	0.05ns	- 0.18ns	- 0.02ns	0.15ns	0.07ns	0.22ns
วงศ์ Phoridae	- 0.19ns	0.14ns	0.02ns	- 0.04ns	- 0.24ns	- 0.13ns
วงศ์ Chironomidae	0.23ns	- 0.36ns	- 0.04ns	0.22ns	0.33ns	0.41*
วงศ์ Ceratopogonidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns

ตาราง 3.5 (ต่อ)

การเปรียบเทียบค่า r_s	อุณหภูมิของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ (n = 24)	ความชื้นของมูล (n = 24)	pH ของมูล (n = 24)	ไนโตรเจนรวมของมูล (n = 24)	อินทรียวัตถุของมูล (n = 24)
อันดับ Lepidoptera	0.14ns	- 0.09ns	- 0.08ns	0.09ns	0.12ns	0.26ns
วงศ์ Tineidae	0.14ns	- 0.09ns	- 0.08ns	0.09ns	0.12ns	0.26ns
อันดับ Hymenoptera	- 0.08ns	0.12ns	- 0.20ns	- 0.00ns	0.30ns	0.54**
วงศ์ Formicidae	- 0.24ns	0.27ns	- 0.16ns	- 0.11ns	0.26ns	0.47*
วงศ์ Bethylidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
วงศ์ Chalcididae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns

ตาราง 3.6 ค่า F - values และ ระดับค่าความแตกต่างทางสถิติ (P) ในระดับต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง (2 way ANOVA) ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด เปรียบเทียบระหว่างประเภทของมูลค้างคาว (ชนิดที่กินแมลงและชนิดที่กินผลไม้) กับแสง (บริเวณที่ถูกแสง และบริเวณที่มืด) จากถ้ำเขาหินปูนทั้ง 6 แห่ง

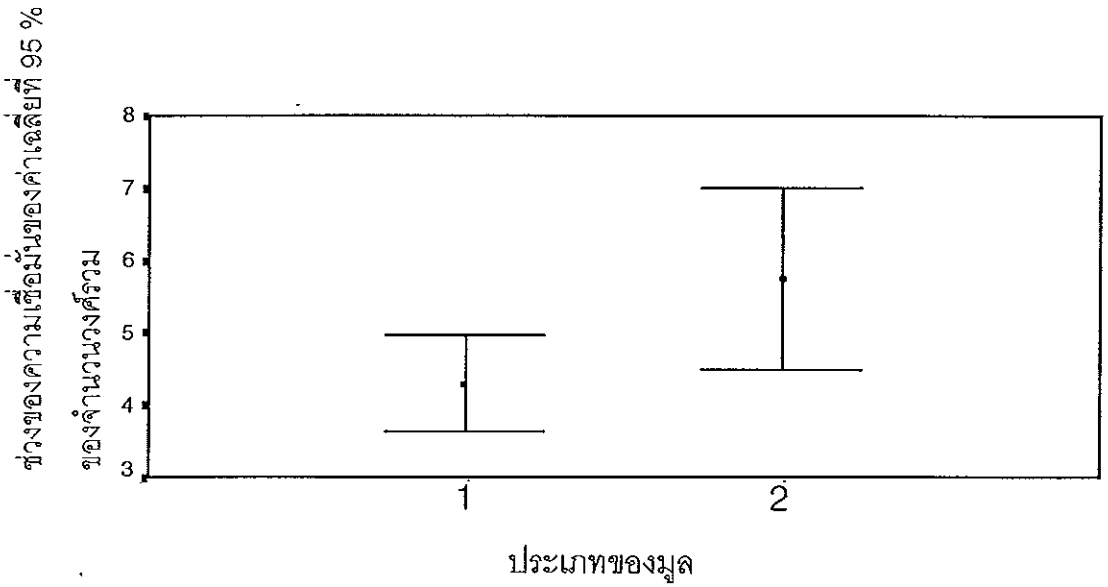
(* = P < 0.05, ** = P < 0.01, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	แหล่งของความแปรปรวน		
	ประเภทของมูล	แสง	ประเภทของมูล x แสง
จำนวนวงศ์รวม	4.37*	0.00ns	3.42ns
จำนวนตัวรวม	1.11ns	0.64ns	0.28ns
ชั้น Arachnida			
อันดับ Araneae	11.51**	3.47ns	3.47ns
วงศ์ Clubionidae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
วงศ์ Leptonetidae	7.24**	2.93ns	2.39ns
อันดับ Pseudoscorpiones	2.36ns	0.00ns	2.36ns
อันดับ Acari	0.15ns	0.08ns	0.40ns
วงศ์ Uropodidae	2.91ns	1.73ns	2.74ns
วงศ์ Laelapidae	5.32*	2.57ns	2.57ns
วงศ์ Cheyletidae	2.89ns	2.89ns	2.89ns
วงศ์ Smarididae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
วงศ์ Argasidae	0.18ns	1.43ns	0.94ns
วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea	0.00ns	0.09ns	1.90ns
วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea	1.00ns	1.00ns	1.00ns
ชั้น Hexapoda			
อันดับ Collembola	1.74ns	0.98ns	0.98ns
วงศ์ Entomobryidae	1.74ns	0.98ns	0.98ns
อันดับ Blattaria	4.44*	2.92ns	1.05ns
วงศ์ Blattellidae	4.44*	2.92ns	1.05ns

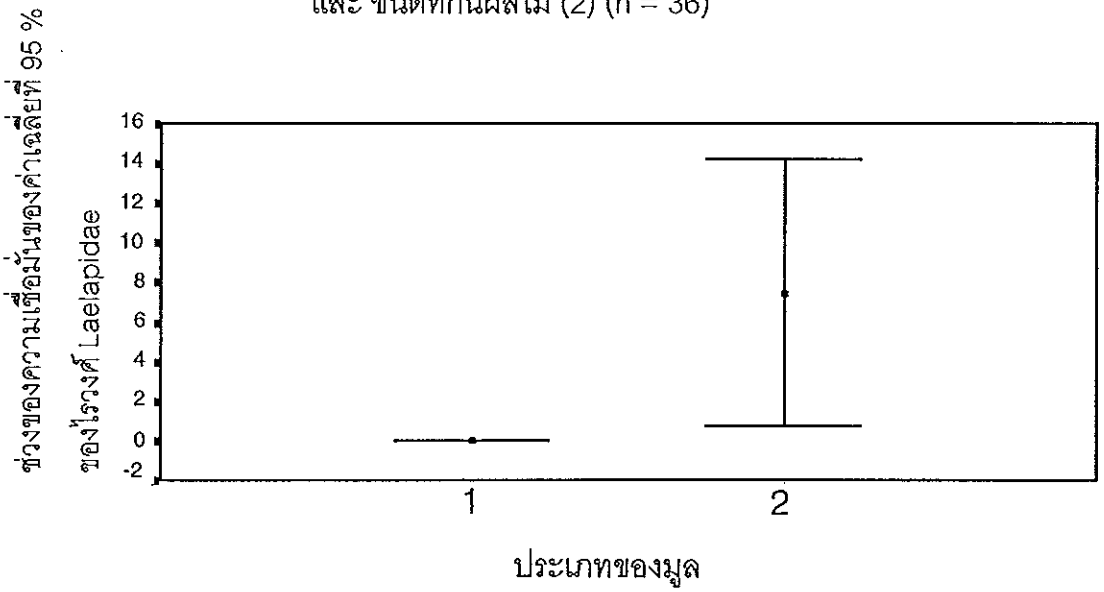
หมายเหตุ ข้อมูลทั้งหมดได้ผ่านการแปลงค่าแล้วในรูป Log (x + 1) ยกเว้นจำนวนวงศ์รวม เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีการกระจายของ variance ไม่สม่ำเสมอ และข้อมูลที่คิดไม่รวม unknown family (n = 18)

ตาราง 3.6 (ต่อ)

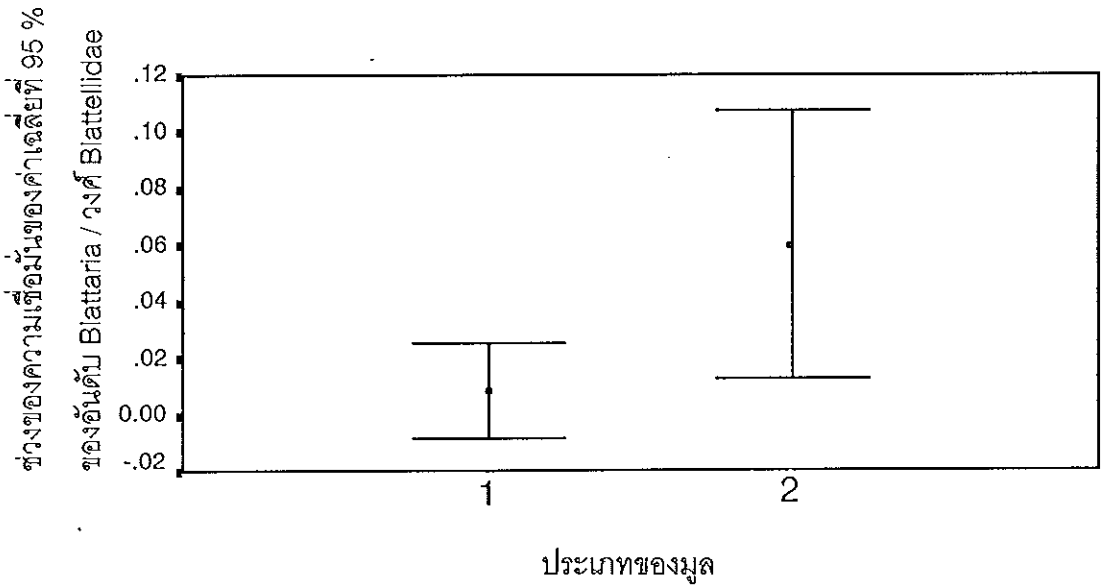
ลำดับทางอนุกรมวิธาน	แหล่งของความแปรปรวน		
	ประเภทของมูล	แสง	ประเภทของมูล x แสง
อันดับ Hemiptera	1.89ns	1.89ns	1.89ns
วงศ์ Anthocoridae	1.89ns	1.89ns	1.89ns
อันดับ Thysanoptera	1.00ns	1.00ns	1.00ns
วงศ์ Phlaeothripidae	1.00ns	1.00ns	1.00ns
อันดับ Psocoptera	29.44**	6.15*	4.93*
วงศ์ Sphaeropsocidae	11.55**	3.32ns	2.89ns
วงศ์ Liposcelidae	4.29*	1.13ns	1.13ns
อันดับ Neuroptera	3.40ns	3.40ns	3.40ns
วงศ์ Myrmeleontidae	3.40ns	3.40ns	3.40ns
อันดับ Coleoptera	18.38**	0.29ns	3.77ns
วงศ์ Dermestidae	8.83**	0.53ns	3.87ns
วงศ์ Staphylinidae	7.67**	1.56ns	0.35ns
วงศ์ Carabidae	3.72ns	5.06*	3.72ns
วงศ์ Scarabaeidae ?	3.57ns	1.04ns	1.04ns
วงศ์ Tenebrionidae	0.24ns	0.24ns	2.00ns
วงศ์ Alleculidae	3.22ns	0.67ns	0.67ns
อันดับ Diptera	4.08*	0.39ns	0.39ns
วงศ์ Phoridae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
วงศ์ Chironomidae	2.00ns	0.00ns	0.00ns
วงศ์ Ceratopogonidae	1.00ns	1.00ns	1.00ns
อันดับ Lepidoptera	4.78*	2.51ns	2.12ns
วงศ์ Tineidae	4.78*	2.51ns	2.12ns
อันดับ Hymenoptera	0.68ns	0.01ns	0.49ns
วงศ์ Formicidae	0.01ns	0.39ns	1.83ns
วงศ์ Bethylidae	1.51ns	1.51ns	1.51ns
วงศ์ Chalcididae	1.00ns	1.00ns	1.00ns



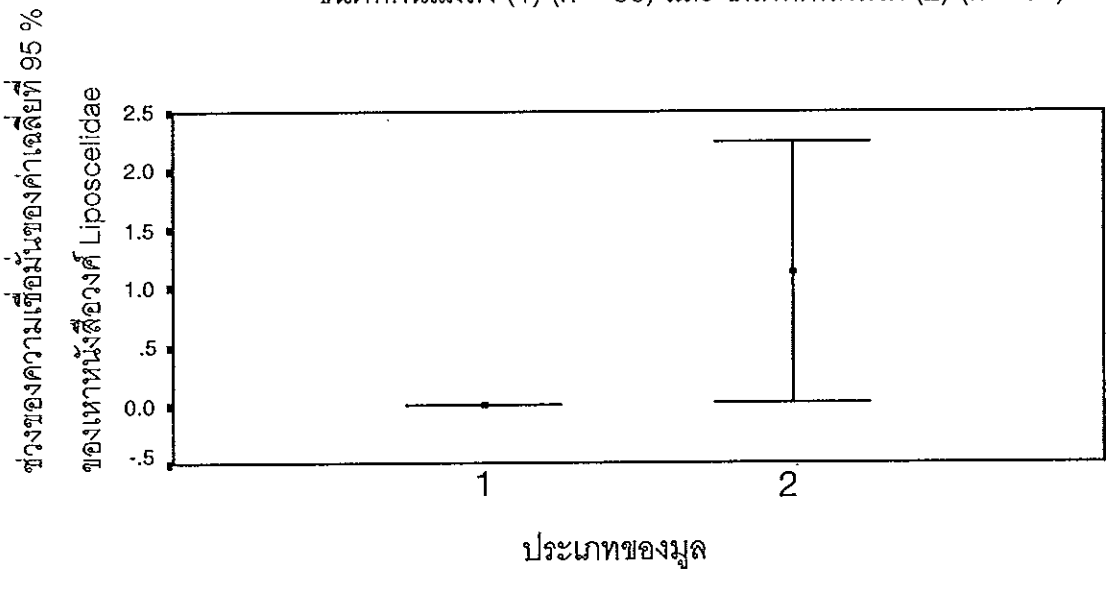
ภาพประกอบ 3.3 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนวงศ์รวมที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



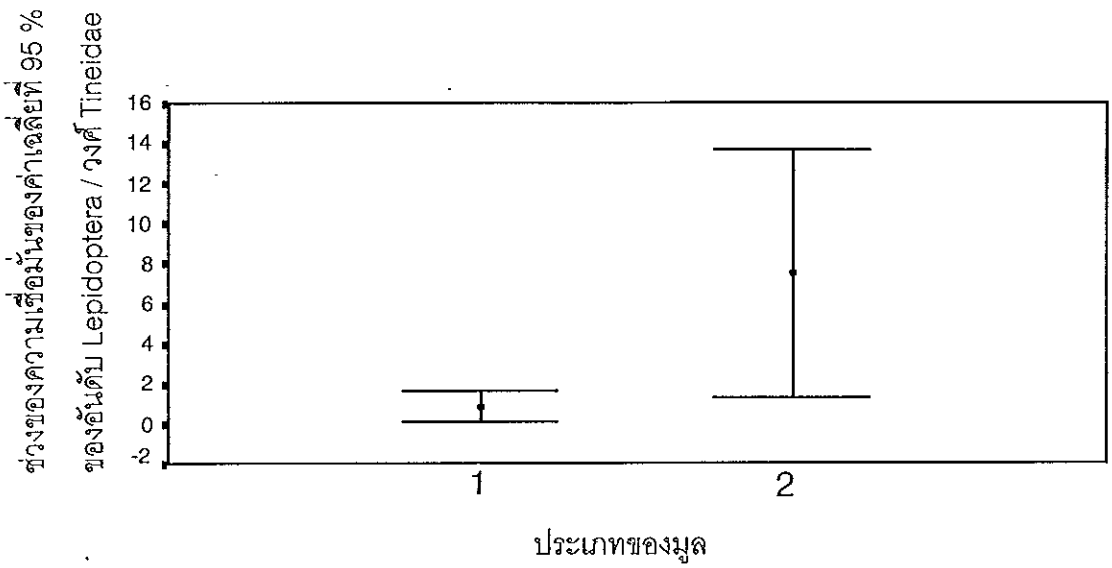
ภาพประกอบ 3.4 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของไรวงศ์ Laelapidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



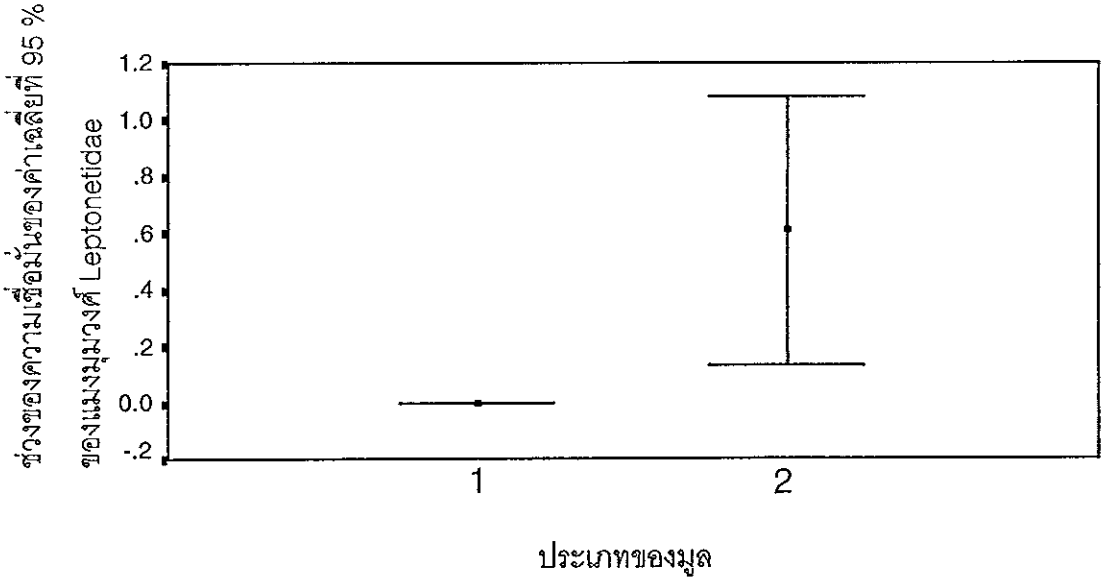
ภาพประกอบ 3.5 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของ อันดับ Blattaria และ วงศ์ Blattellidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาว ชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



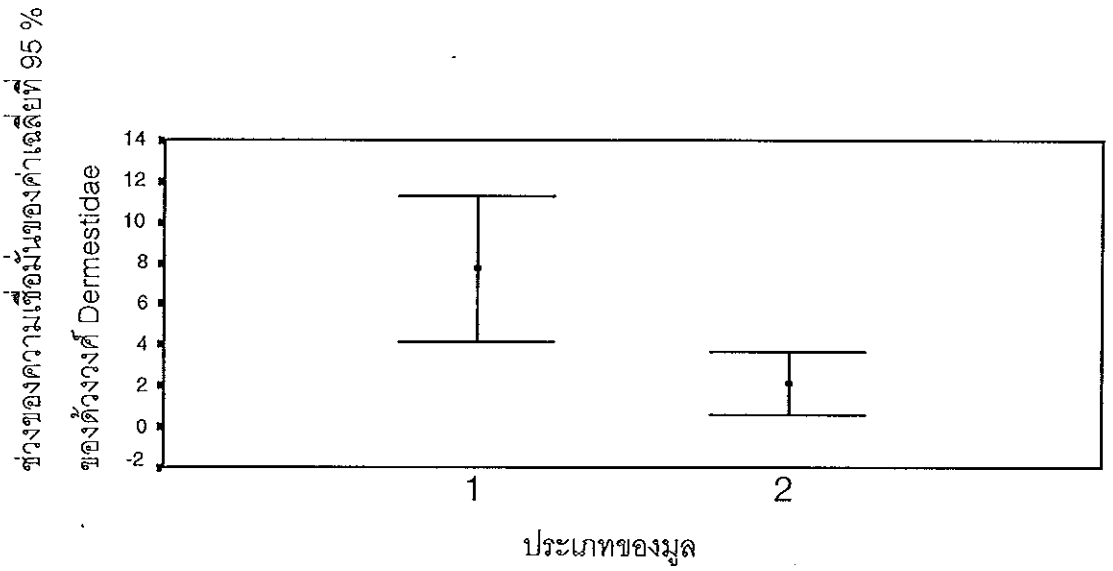
ภาพประกอบ 3.6 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของเหาหนังสือวงศ์ Liposcelidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาว ชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



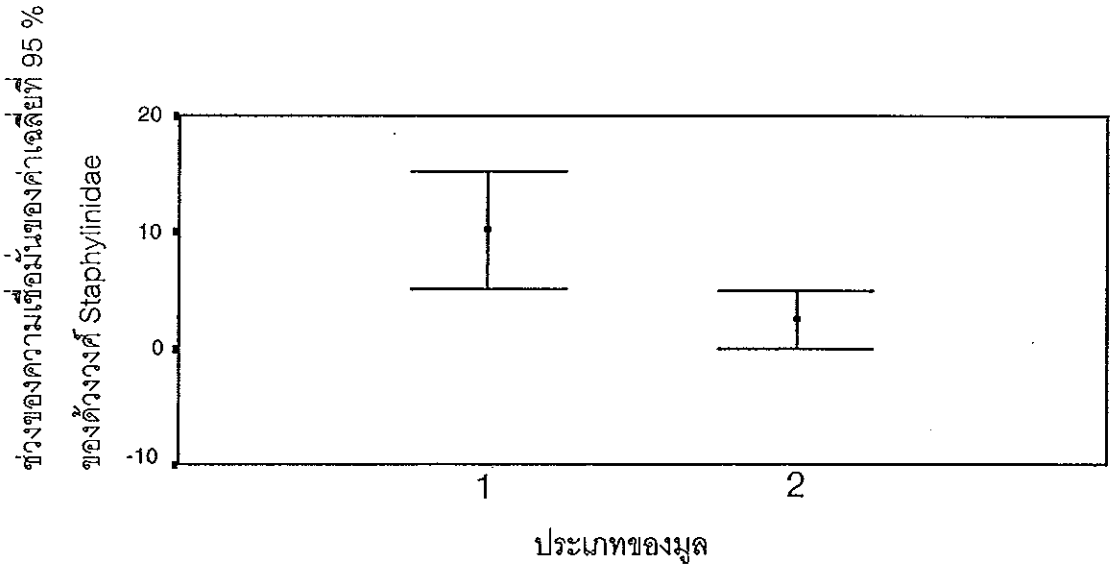
ภาพประกอบ 3.7 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของ อันดับ Lepidoptera และวงศ์ Tineidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาว ชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



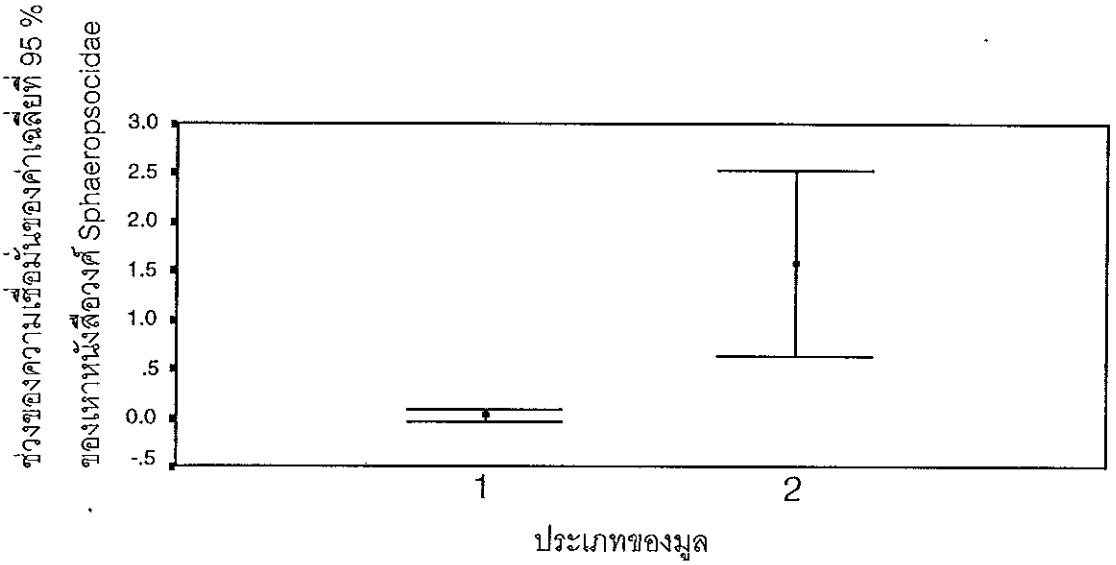
ภาพประกอบ 3.8 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาว ชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



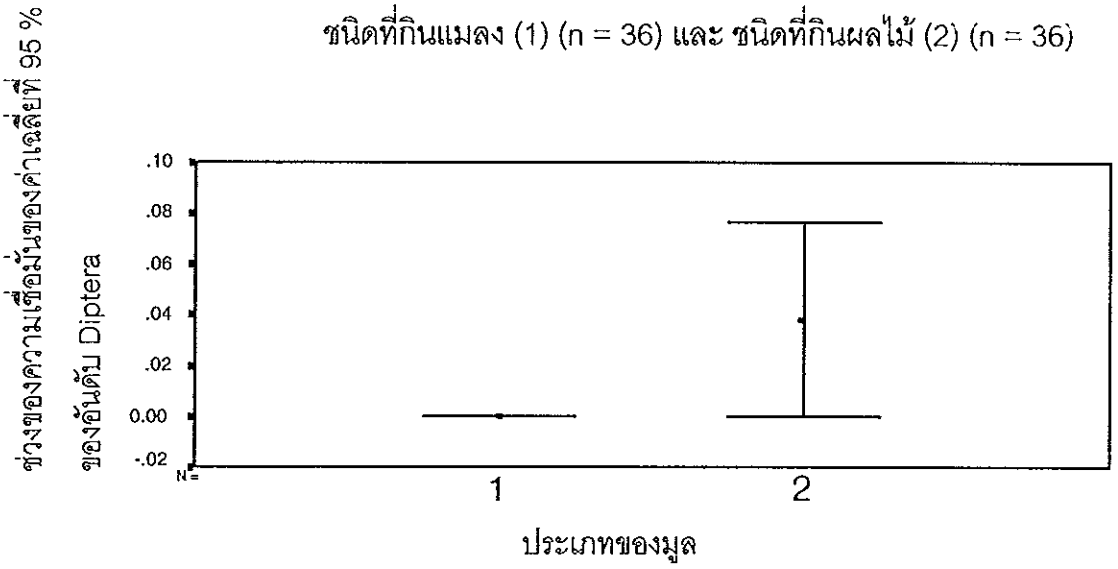
ภาพประกอบ 3.9 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Dermestidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



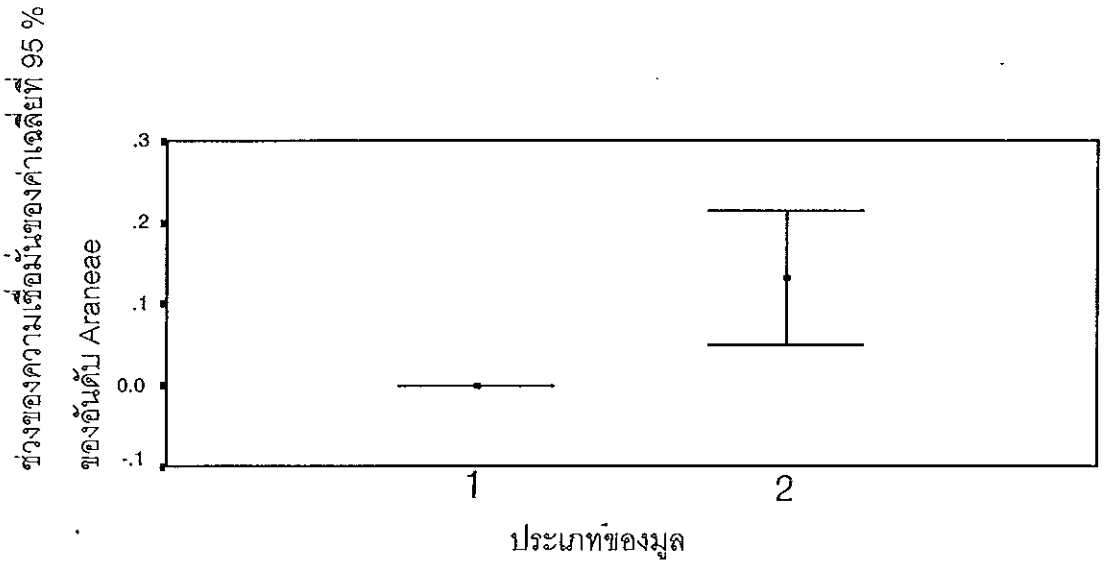
ภาพประกอบ 3.10 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Staphylinidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



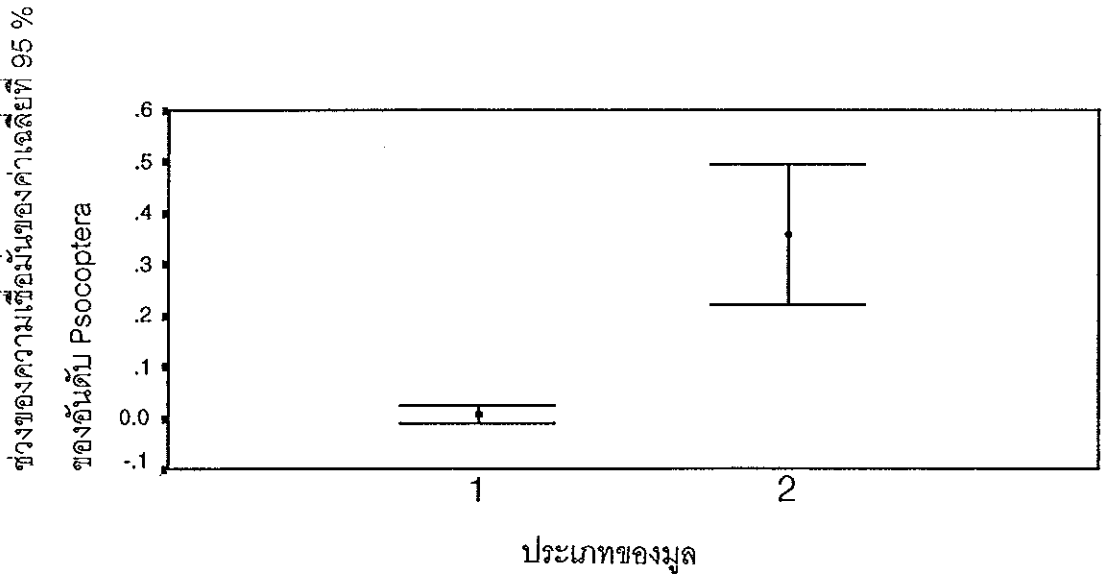
ภาพประกอบ 3.11 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของเหาหนังสือวงศ์ Sphaeropsocidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



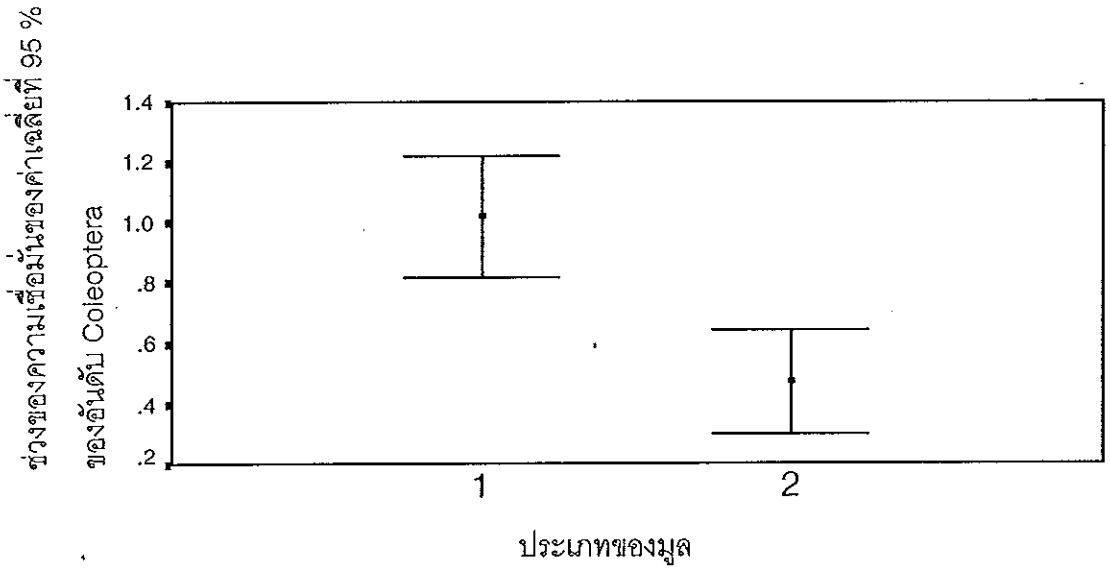
ภาพประกอบ 3.12 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของอันดับ Diptera ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



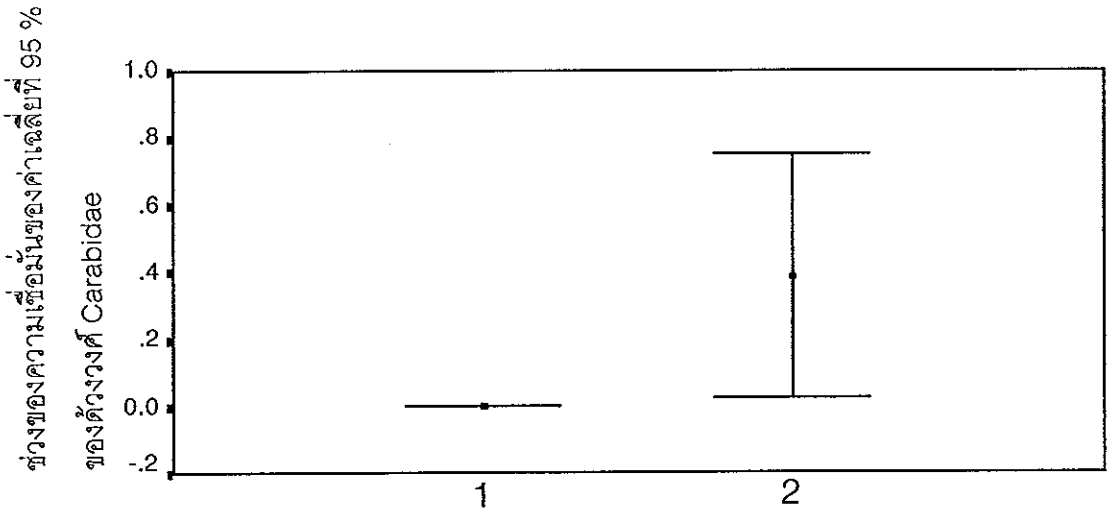
ภาพประกอบ 3.13 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของอันดับ Araneae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



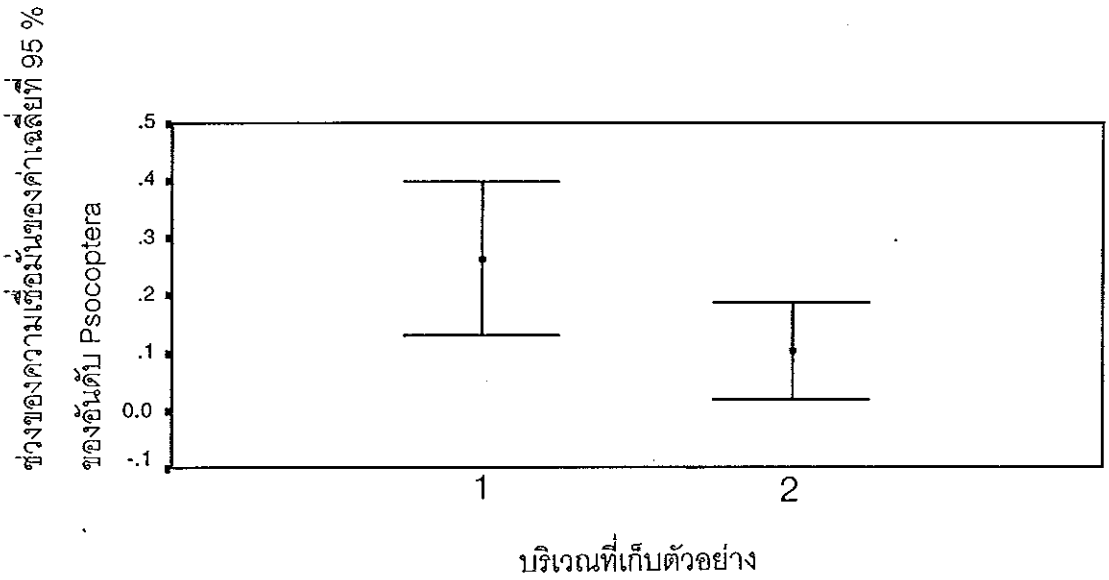
ภาพประกอบ 3.14 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 %(Confidence Interval) ของจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



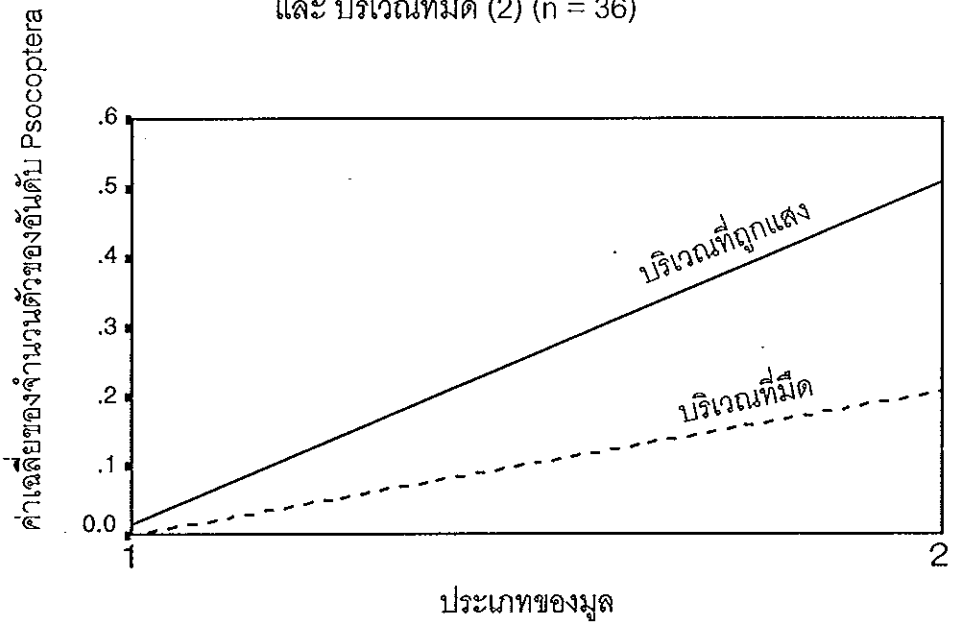
ภาพประกอบ 3.15 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของอันดับ Coleoptera ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 36) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 36)



ภาพประกอบ 3.16 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 %(Confidence Interval) ของจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Carabidae ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่ถูกแสง (1) (n = 36) และ บริเวณที่มืด (2) (n = 36)



ภาพประกอบ 3.17 ช่วงของความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ 95 % (Confidence Interval) ของจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่ถูกแสง (1) (n = 36) และ บริเวณที่มืด (2) (n = 36)



ภาพประกอบ 3.18 กราฟแสดงอันตกริยา (interaction) ของค่าเฉลี่ยจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera ที่พบในมูลค้างคาว เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง (1) (n = 18) และ ชนิดที่กินผลไม้ (2) (n = 18) ในแต่ละบริเวณ

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษา

1. องค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

จากการศึกษาสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว พบว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ อันดับ Acari หรือเห็บไร และ อันดับ Coleoptera หรือด้วง รวมทั้งสัตว์กลุ่มอื่นๆ รวมทั้งสิ้น 32 วงศ์ (ตาราง 3.1 และตาราง 3.2) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Thompson (1984) ซึ่งพบว่า ในซากอินทรีย์และมูลสัตว์จะพบความหลากหลายของแมลงสูง เช่น ในมูลของวัว พบว่า มีแมลงที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากมูลมากถึง 97 ชนิด และที่พบเป็นตัวอ่อนเพียงอย่างเดียวถึง 24 ชนิด สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบอาศัยอยู่ในมูลค้างคาวส่วนใหญ่จะพบในระยะที่เป็นตัวอ่อน (ภาพประกอบ 3.1) โดยเฉพาะด้วงที่พบตามพื้นดิน เช่น วงศ์ Carabidae ซึ่งมีระยะเวลาในการพัฒนาจากไข่จนถึงตัวเต็มวัยส่วนใหญ่ไม่เกิน 1 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่รุนแรงอาจนานถึง 4 ปีได้ และวางไข่มากกว่า 1 ครั้ง ใน 1 ปี บางชนิดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำอาจมีอายุยืนนาน 6.5 ปี เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในถ้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าภายนอกถ้ำ (Lovei และ Sunderland, 1996) จึงพบในระยะที่เป็นตัวอ่อนเป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มโอกาสในการอยู่รอดจนถึงตัวเต็มวัยได้มากขึ้น ดังนั้นกองมูลค้างคาวจึงเป็นทั้งแหล่งอาหาร แหล่งวางไข่ แหล่งอนุบาลตัวอ่อนและที่หลบภัยของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยภายในถ้ำ เช่นเดียวกับสังคมของสัตว์ที่พบในกองใบไม้ มูลสัตว์ และซากอินทรีย์อื่นๆ (Mason, 1976)

ผลการศึกษาครั้งนี้คล้ายกับรายงานการศึกษาของ Bullock (1963), Netto (1989) และ Whitaker และคณะ (1991) ซึ่งพบเห็บไรและด้วงเป็นกลุ่มหลักเช่นกัน เพียงแต่พบในวงศ์ที่แตกต่างกันเท่านั้น และมีแมลงบางกลุ่มที่ไม่พบในรายงานของ Bullock (1963) และ Netto (1989) ได้แก่ เพลี้ยไฟ (Thysanoptera) ซึ่งสามารถพบได้ในดินลึก 10 - 30 เซนติเมตร เช่นเดียวกับรายงานของ Ananthakrishnan (1993) ที่พบเพลี้ยไฟภายในถ้ำ และแมลงในอันดับ Hemiptera หรือมวน ซึ่งสามารถพบได้ตามพื้นดินที่มีความชื้นสูง (Lattin, 1989) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้กลับไม่พบแมลงในอันดับ Thysanura หรือตัวสามง่ามเลย เช่นเดียวกับราย

งานของ Bullock (1963) นอกจากนี้จากการสำรวจตามพื้นถ้ำ ยังพบสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกลุ่มอื่นๆ อาทิ Isopod และแมลงในอันดับ Dermaptera หรือแมลงหางหนีบ ซึ่งไม่สามารถสุ่มเก็บได้จากวิธีการดังภาพประกอบ 2.1 ทั้งนี้อาจเพราะสัตว์กลุ่มดังกล่าวเคลื่อนที่แทรกไปตามกองมูลและเคลื่อนที่ค่อนข้างว่องไว หรืออาจมีขนาดลำตัวใหญ่เกินไปไม่สามารถเล็ดลอดออกมาจากกรวยดักแบบเบอร์ลิสได้ เนื่องจากกรวยดักแบบนี้ใช้ได้ดีกับแมลงบางกลุ่มเท่านั้น อีกทั้งประสิทธิภาพในการหาจำนวนตัวไม่ดีเท่าที่ควร ขึ้นอยู่กับความร้อนจากดวงไฟและระยะเวลาที่ใช้ดักแมลง (Southwood, 1978) นอกจากนี้ตามซอกหลืบของผนังถ้ำยังพบกิ้งกือ Whip-scorpion Whip-spider จิ้งโคร่ง และแมลงสาบ โดยเฉพาะในถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ เป็นถ้ำที่มีขนาดใหญ่และลึกมาก เช่น ถ้ำระเด่น (ภาคผนวก ก.) ซึ่งพบสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดไม่น้อยกว่า 14 วงศ์ (ตาราง 3.3) จากทั้งหมดที่สำรวจพบ 32 วงศ์ สำหรับถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ จะมีขนาดเล็ก เช่น ถ้ำเขานุ้ยบน (ภาคผนวก ก.) ซึ่งพบว่ามีสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดเพียง 8 วงศ์เท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ กลับมีจำนวนตัวรวมทั้งหมดมากกว่าในถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ (ตาราง 3.3) ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ขนาดของถ้ำ ความลึกของถ้ำ รูปทรงของถ้ำ (Bullock, 1963 ; McClure, 1965) และจำนวนของปากถ้ำ ซึ่งอาจจะมีผลต่อองค์ประกอบและการแพร่กระจายของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดภายในถ้ำได้

ข้อสังเกตที่น่าสนใจอีกประการหนึ่ง ก็คือ ปริมาณของมูลค้างคาวในถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่จะมีมากกว่าในถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่หลายเท่า ดังนั้นเป็นไปได้ว่าปริมาณและความหนาของกองมูลค้างคาว อาจมีผลต่อองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดภายในถ้ำได้เช่นกัน (Bullock, 1963)

2. โครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในถ้ำเขาหินปูนส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแบบ สายใยอาหารประเภทกินซากอินทรีย์ (detritus food web) ซึ่งได้จากการกินมูลของค้างคาวเป็นหลัก (Bullock,1963) ดังภาพประกอบ 3.2 จากการศึกษาสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในมูลค้างคาว พบว่า สังคมสัตว์มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (regular) เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีผลต่อสมาชิกแต่ละตัว มากกว่าต่อประชากรทั้งหมด นอกจากนี้สังคมสัตว์ภายในถ้ำอาจมีการแข่งขันอย่างรุนแรง เนื่องจากอาหารมีจำกัด และสัตว์มีการอพยพเข้าออกตลอดเวลา ทำให้มีการกระจายเป็นแบบสม่ำเสมอ (Begon และคณะ, 1990) ซึ่งแตกต่างจากสังคมของสัตว์ส่วนใหญ่ในธรรมชาติที่มีการกระจายแบบเป็นกลุ่มๆ (clump หรือ patchy) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง วิธีการในการเก็บ และสภาพพื้นที่ (Novotny, 1992)

ถ้ำแต่ละแห่งพบวงศ์และจำนวนที่แตกต่างกัน เนื่องจากถ้ำแต่ละแห่งไม่ได้เชื่อมต่อกัน ทำให้มีวิวัฒนาการของสังคมสัตว์ในถ้ำแต่ละแห่งแตกต่างกันไป (Collins และ Thomas, 1989) ดังนั้นมูลของค้างคาวจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสังคมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำเขาหินปูน (Mason, 1976)

3. ผลของอุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล และอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว

3.1 อุณหภูมิภายในถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมด ค่อนข้างต่ำ มีความผันแปรน้อย กล่าวคือ ถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.72 $\pm$ 0.29°C ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.4 $\pm$ 0.41°C และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บครั้งที่ 1 (27.21°C) และครั้งที่ 2 (28.15°C) (ตาราง 3.4) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bullock (1963) และ Ashmole และคณะ (1992) ซึ่งพบว่า ถ้ำเขาหินปูนมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ และไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันมากนัก แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลบ้าง โดยเฉพาะบริเวณที่ถูกแสง ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากถ้ำ จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.85°C สูงกว่าบริเวณที่มืด ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.51°C ทั้งนี้อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกถ้ำ เช่น กระแสลม (Gobbett, 1965) ทำให้อุณหภูมิบริเวณดังกล่าว มีความผันแปรสูงกว่าบริเวณที่มืดที่อยู่ลึกเข้าไปภายในถ้ำได้

จากการศึกษา พบว่า อุณหภูมิภายในถ้ำ ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (ตาราง 3.5) อาจเป็นเพราะว่า อุณหภูมิภายในถ้ำมีความผันแปรน้อยดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิก็เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อสัตว์ โดยเฉพาะกลุ่มเห็บไร อุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยตรงต่อเห็บไร ถึงแม้ว่าเห็บไรจะเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิแตกต่างกันมากก็ตาม แต่เห็บไรทุกชนิดก็จะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแต่ละชนิด อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปเห็บไรก็จะตายหรือแม้แต่อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดก็ทำให้เห็บไรตายได้เช่นกัน ตามปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเห็บไรจะมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นและผลิตลูกหลานได้มากขึ้น จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งการเจริญเติบโตจึงจะเริ่มช้าลง (Krantz, 1978) เช่น เห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ซึ่งทนต่อเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้น้อย จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เห็บกลุ่มนี้วางไข่จำนวนมาก เนื่องจากวางไข่ปีละครั้งเท่านั้น ทำให้ตัวอ่อนเหลือรอดและดำรงชีวิตต่อไปได้ (อังศุมาลย์, 2535)

นอกจากนั้น Villani และ Wright (1990) ยังพบว่า อุณหภูมิยังมีอิทธิพลมากต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกลุ่มอื่นๆ ด้วย อาทิ แมลงในอันดับ Psocoptera วงศ์ Liposcelidae ซึ่งเป็นแมลงศัตรูในโรงเก็บ กินซากอินทรีย์และเชื้อราเป็นอาหาร เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย การสูญเสียน้ำออกจากร่างกายมากที่อุณหภูมิสูง ยังมีผลกระทบต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์สัตว์ทำให้สัตว์ตายได้ แต่ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ไม่สามารถกำจัดน้ำส่วนเกินที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซมของเซลล์สัตว์ได้ ทำให้สัตว์ตายได้เช่นกัน (Begon และคณะ, 1990) อย่างไรก็ดีปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญที่สุดที่กำหนดการแพร่กระจาย และความหลากหลายของแมลง คือ ภูมิอากาศในระดับจุลภาค (microclimate) ได้แก่ อุณหภูมิภายในกองมูล (Mason, 1976 ; Thompson, 1984)

3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมด ค่อนข้างสูงมาก มีความผันแปรน้อย กล่าวคือ ถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50 $\pm$ 1.65% ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.73 $\pm$ 1.71% แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาบ้าง (ครั้งที่ 1 $\bar{x}$= 86.75% และ ครั้งที่ 2 $\bar{x}$= 82.48%) (ตาราง 3.4) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bullock (1963) ซึ่งพบว่า ถ้ำเขาหินปูนมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงและไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันมากนัก แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลบ้าง โดยเฉพาะบริเวณที่ถูกแสง ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากถ้ำ จะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 83.33% ต่ำกว่าบริเวณที่มืด ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85.90% อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกถ้ำ เช่น ปริมาณน้ำฝนและกระแสลม (Gobbett, 1965) ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลเช่นเดียวกับอุณหภูมิ (Pearson และ Derr, 1986)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (ตาราง 3.5) อาจเนื่องมาจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในถ้ำค่อนข้างคงที่ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ก็อยู่ในช่วงที่สัตว์สามารถทนได้ จึงไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำซึ่งสามารถทนต่อความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ ได้ (Daly และคณะ, 1978) อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์มักให้ผลร่วมกับอุณหภูมิเสมอ แต่เป็นไปในลักษณะที่ตรงข้ามกัน เพราะทั้งความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิมีผลต่อการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายของสัตว์ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและอุณหภูมิสูง จะมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายมาก

หากความชื้นสัมพัทธ์สูงและอุณหภูมิต่ำแล้ว จะทำให้ไม่สามารถกำจัดน้ำส่วนเกินได้ ดังนั้นจึงทำให้สัตว์ตายได้ (Begon และคณะ, 1990) ดังที่ อังศุมาลย์ (2535) กล่าวไว้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเห็บไร เมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้เห็บไรอายุสั้นลงและวางไข่ได้น้อย นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อเหาหนังสือ วงศ์ Liposcelidae ซึ่งสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เฉพาะบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงระหว่าง 58 - 85% เท่านั้น (Villani และ Wright, 1990) รวมทั้ง Pearson และ Derr (1986) ยังรายงานว่า ความชุกชุมของสัตว์นั้นเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นแม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์จะไม่มีผลโดยตรงต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยภายในถ้ำ แต่ก็อาจมีผลในทางอ้อมต่อสัตว์ได้

3.3 ความชื้นของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บได้จากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรสูง กล่าวคือ ความชื้นของมูลค้างคาวกินแมลงเฉลี่ย 26.12 $\pm$ 3.14% และ ความชื้นของมูลค้างคาวกินผลไม้เฉลี่ย 31.49 $\pm$ 2.80% (ตาราง 3.4) อาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องก็ได้ เช่น ความชื้นในดิน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำฝน (Tauber และคณะ, 1984) อาจจะส่งผลต่อความชื้นในมูลค้างคาวก็เป็นได้ นอกจากนั้นความชื้นในดินยังมีผลต่อความชุกชุมของสัตว์ด้วย (Pearson และ Derr, 1986) อย่างไรก็ดีความชื้นของมูลค้างคาวมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลาในการเก็บเช่นกัน (ครั้งที่ 1 $\bar{x}$= 24.21% และ ครั้งที่ 2 $\bar{x}$= 33.40%) (ตาราง 3.4)

จากการศึกษา พบว่า ความชื้นของมูลค้างคาวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (ตาราง 3.5) แม้ว่าความชื้นของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บได้ จะมีความผันแปรสูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่อาจจะอยู่ในช่วงที่สัตว์สามารถทนได้ จึงไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำซึ่งสามารถทนต่อสภาพที่มีความชื้นสูงๆ ได้ (Daly และคณะ, 1978) อย่างไรก็ตาม Mason (1976) และ Thompson (1984) กล่าวว่า ความชื้นในกองซากอินทรีย์มีผลต่อการแพร่กระจายและความหลากหลายของแมลง รวมทั้ง Tauber และคณะ (1994) ได้รายงานว่าความชื้นที่ระดับผิวดินระหว่าง 0 - 15 เซนติเมตร เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนของด้วงวงศ์ Chrysomelidae ซึ่งเป็นด้วงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ด้วงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร ได้แก่ ด้วงวงศ์ Dermestidae Scarabaeidae Staphylinidae Tenebrionidae และ Alleculidae กลับไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับความชื้น

ของมูลเลย ทั้งนี้อาจจะมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลมากกว่า เช่น ปริมาณของธาตุอาหาร และปัจจัยทางชีวภาพ เช่น ปรสิต ผู้ล่า และโรค เป็นต้น (Begon และคณะ, 1990)

3.4 ความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บมาจากถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมด พบว่ามูลของค้างคาวกินแมลงมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดมากกว่า (pH $\bar{x}$= 5.63 $\pm$ 0.24) สำหรับมูลของค้างคาวกินผลไม้มีสภาพค่อนข้างเป็นกลางมากกว่า (pH $\bar{x}$= 6.33 $\pm$ 0.27) และความเป็นกรดด่างจากมูลค้างคาวที่วัดได้ทั้งหมดมีความผันแปรน้อย (ตาราง 3.4) เนื่องจากไนโตรเจนที่สูงทำให้ไปเพิ่มค่าความเป็นด่างมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้น และอุณหภูมิ (Mason, 1976)

จากการศึกษาพบว่า ความเป็นกรดด่างของมูลค้างคาวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (ตาราง 3.5) อาจเพราะว่า ความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงที่ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป สัตว์จึงสามารถทนอยู่ได้ แม้ว่าความเป็นกรดด่างจะมีผลต่อกิจกรรมของเซลล์สัตว์ก็ตาม เช่น ลดประสิทธิภาพของเอนไซม์หรือลดความสามารถในการควบคุมน้ำเข้าออกจากเซลล์ เป็นต้น หรือไปเพิ่มความเป็นพิษของธาตุบางชนิดได้ ทำให้ความหลากหลายของสัตว์ลดลงตามไปด้วย (Seastedt, 1984 ; Begon และคณะ, 1990) แต่อย่างไรก็ตาม Mason (1976) กล่าวไว้ว่า ความเป็นกรดด่างของพื้นดินที่อาศัยมีผลต่อโครงสร้างของสังคมสัตว์ (Mason, 1976) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มูลของค้างคาวกินแมลงที่มีสภาพค่อนข้างเป็นกรด พบจำนวนวงศ์รวม 18 วงศ์ น้อยกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ที่มีสภาพค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งพบจำนวนวงศ์รวม 30 วงศ์ (ตาราง 3.1)

3.5 ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรพอควร กล่าวคือ มูลของค้างคาวกินแมลงมีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 4.24 $\pm$ 0.52% มูลของค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 4.80 $\pm$ 0.62% (ตาราง 3.4) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายซากอินทรีย์ และ mineralization ของจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน (Seastedt, 1984)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก กับจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae (ตาราง 3.5) ซึ่งเป็นแมงมุมขนาดเล็ก หากินโดยการจับเหยื่อขนาดเล็กบริเวณบนกองมูลเท่านั้น และปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลยังมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนตัวของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ Blattellidae (ตาราง 3.5) ซึ่งกินซากอินทรีย์และกินไข่ของแมลงเป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) ดังนั้นในมูลค้างคาวที่กินผลไม้ซึ่งมีไนโตรเจนสูง จึงพบองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดมาก ทำให้มีสัตว์ที่เป็นผู้ล่าเช่น แมงมุมมากด้วย (22 ตัว) และเมื่อมีสัตว์มาก ทำให้มีซากสัตว์มากตามไปด้วย · ฉะนั้นจึงพบสัตว์ที่กินซากสัตว์เป็นอาหาร อาทิ แมลงสาบมากเช่นกัน (8 ตัว) (ตาราง 3.1) และจากการศึกษาของ อังศุมาลย์ (2535) Mason (1976) และ Seastedt (1984) พบว่า ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน โปตัสเซียม ฟอสฟอรัส มักนีเซียม และ แคลเซียม จะมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเห็บไร ช่วยทำให้เห็บไรเติบโตเร็วขึ้น วงชีวิตสั้นลง วางไข่ได้มากขึ้น และยังมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์กลุ่มอื่นๆ ด้วย

นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกลุ่มอื่นๆ เลย (ตาราง 3.5) อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวไม่สูงจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความทนต่อความเป็นพิษของไนโตรเจนของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดซึ่งแต่ละชนิดไม่เท่ากัน

3.6 ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรสูง มูลของค้างคาวกินผลไม้มีอินทรียวัตถุ ($\bar{x}$= 29.89 $\pm$ 3.50%) สูงกว่ามูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 20.53 $\pm$ 3.15%) (ตาราง 3.4) อาจเพราะผลไม้มีคาร์บอนและกากใยมากกว่าแมลง แต่ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายซากอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปริมาณความชื้นและอุณหภูมิ (Mason, 1976)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนวงศ์รวมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด (ตาราง 3.5) เนื่องจากมูลค้างคาวเป็นอาหารหลักของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยภายในถ้ำ (Bullock, 1965 ; Daly และคณะ, 1978) เพราะอินทรียวัตถุที่สูงจะมีธาตุคาร์บอนมาก และธาตุคาร์บอนก็เป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อการสร้างคาร์โบไฮเดรตซึ่งจำเป็นต่อสัตว์ ดังนั้นจึงพบองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดสูง เมื่อมีปริมาณอินทรียวัตถุมาก โดยเฉพาะในมูลของค้างคาวกินผลไม้

(ตาราง 3.1) สอดคล้องกับ Seastedt (1984) ที่พบว่า ความหนาแน่นของจำนวนสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยตามพื้นดินจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ และคุณภาพของแหล่งอาหาร นอกจากนั้นปริมาณอินทรียวัตถุของมูลยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับไรวงศ์ Laelapidae ซึ่งกินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Krantz, 1978) ยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงในอันดับ Psocoptera วงศ์ Liposcelidae และ Sphaeropsocidae ซึ่งกินซากอินทรีย์และเชื้อราเป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) รวมทั้งยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Alleculidae แมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Chironomidae และ มด (ตาราง 3.5) จากการศึกษาของ Brust และ House (1990) พบว่า ด้วงวงศ์ Chrysomelidae ชอบวางไข่ในดินมีอินทรียวัตถุสูง เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารของตัวอ่อนและมีแมลงที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากมูลสัตว์ โดยใช้เป็นแหล่งอาหารและแหล่งอนุบาลตัวอ่อน ได้แก่ ด้วง มด และแมลงในอันดับ Diptera (Thompson ,1984)

อย่างไรก็ดีข้อสังเกตประการหนึ่งก็คือ ปัจจัยของอุณหภูมิของถ้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ รวมทั้งความชื้นและความเป็นกรดด่างของมูล ไม่มีความสัมพันธ์กับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ นอกจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น อาจเป็นเพราะชุดตัวอย่างและระยะเวลาที่ใช้สุ่มน้อยเกินไป เมื่อนำไปคำนวณหาค่าสหพันธ์ จึงให้ผลที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์กับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ จึงสนับสนุนให้เห็นว่า คุณภาพและปริมาณของอาหาร เป็นปัจจัยทางกายภาพในระดับจุลภาคที่สำคัญต่อสัตว์ (Mason, 1976) ส่วนปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่น่าสนใจศึกษาเช่น กระแสลมที่เข้าออกจากถ้ำ เพราะมีผลต่อการกระจายของสัตว์ (Romoser และ Stoffolana, 1994 ; Lovei และ Sunderland, 1996)

4. ผลของประเภทของมูลค้างคาว และ แสงต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว

4.1 จำนวนวงศ์รวมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ประเภทของมูลค้างคาวเพียงอย่างเดียวมีผลต่อจำนวนวงศ์รวมทั้งหมด (ตาราง 3.6) จากการศึกษาพบว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่ไม่พบในมูลของค้างคาวกินแมลง ได้แก่ แมงมุมวงศ์ Clubionidae แมงมุมวงศ์ Leptonetidae ไรวงศ์ Laelapidae ไรวงศ์ Cheyletidae ไรวงศ์ Smarididae ไรวงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea แมลงหางดีดวงศ์ Entomobryidae มวนวงศ์ Anthocoridae แมลงในอันดับ Psocoptera วงศ์ Liposcelidae แมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Phoridae วงศ์ Chironomidae และวงศ์ Ceratopogonidae รวมทั้งแตนเบียนวงศ์ Bethylidae และ Chalcididae (ตาราง 3.1) อาจเนื่องจาก มูลของค้างคาวกินแมลงมีอินทรียวัตถุและไนโตรเจนน้อยกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ จึงทำให้มีจำนวนวงศ์น้อยกว่าในมูลของค้างคาวที่กินผลไม้ (ตาราง 3.1 และ ตาราง 3.3) จะเห็นได้ว่า มีอย่างน้อย 8 วงศ์ ที่ไม่พบในมูลค้างคาวกินแมลง

จากการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดของ Netto (1989) ก็พบว่า ไรวงศ์ Laelapidae ด้วงในวงศ์ Dermestidae วงศ์ Leiodidae และผีเสื้อกลางคืนวงศ์ Tineidae จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้ และมูลของค้างคาวชนิดที่กินเลือดบางชนิดจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้เพียงอย่างเดียว และบางชนิดจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินเลือดเพียงอย่างเดียว โดยไม่พบในมูลของค้างคาวประเภทอื่นเลย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ก็แสดงผลคล้ายกัน กล่าวคือ มูลค้างคาวเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการกระจายวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

4.2 จำนวนตัวรวมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ปัจจัยของประเภทของมูลค้างคาวและแสงไม่มีผลต่อจำนวนตัวรวมทั้งหมด (ตาราง 3.6) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3.2) เป็นไปได้ว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดมีการเคลื่อนย้ายเข้าออกจากถ้ำตลอดเวลา (Daly และคณะ, 1978) ทำให้ไม่แสดงผลแตกต่างทางสถิติ

4.3 อันดับ Aranaea พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae เท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อวงศ์ Clubionidae (ตาราง 3.6) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแมงมุมวงศ์ Leptonetidae เป็นแมงมุมขนาดเล็ก สร้างใยแมงมุมเป็นโพรงเล็กๆ ตามพื้นดินไว้ดักเหยื่อ และสามารถพบได้ตามถ้ำ (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาพบว่า แมงมุมวงศ์นี้พบเฉพาะในมูลของค้างคาวกินผลไม้ (ตาราง 3.2) เนื่องจากในมูลค้างคาวที่กินผลไม้มีองค์ประกอบของเหยื่อที่เป็นอาหารมากกว่า แสดงให้เห็นว่า ประเภทของมูลมีผลต่อแมงมุมวงศ์ Leptonetidae จริง สำหรับแมงมุมวงศ์ Clubionidae ซึ่งเป็นแมงมุมขนาดเล็ก หากินบนพื้นดินทั่วไป และตามซอกหิน ไม่สร้างใยแมงมุม แต่ใช้วิธีการวิ่งจับหรือคอยเหยื่อ พบได้ทั่วโลก (Preston, 1984) แต่เนื่องจากพบจำนวนน้อย และมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3.2) ดังนั้นจึงไม่แสดงผลแตกต่างทางสถิติ

4.4 อันดับ Pseudoscorpiones พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของอันดับ Pseudoscorpiones โดยทั่วไปดำรงชีวิตเป็นผู้ล่าเหยื่อ ได้แก่ ไร และแมลงขนาดเล็กๆ รวมทั้งย้ายแหล่งหากินโดยใช้วิธีการเกาะติดไปกับแมลงขนาดใหญ่ เช่น แมลงสาบ ซึ่งสามารถพบได้ตามพื้นดินทั่วไป (Borror และคณะ, 1989) และพบในมูลของค้างคาว (Netto, 1989) (ตาราง 3.6) จากการศึกษาพบ Pseudoscorpiones ในมูลค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 2.65 ตัว) มากกว่าในมูลค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 1.27 ตัว) เพียงเล็กน้อย (ตาราง 3.2) และพบเพียงบางถ้ำเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงผลความแตกต่างทางสถิติได้

4.5 อันดับ Acari พบว่า ประเภทของมูล มีผลต่อจำนวนตัวของไรวงศ์ Laelapidae (ตาราง 3.6) โดยทั่วไปไรวงศ์นี้ดำรงชีวิตแบบกินซากอินทรีย์เป็นอาหาร เนื่องจากไรวงศ์ Laelapidae จะพบเฉพาะในมูลค้างคาวที่กินผลไม้เท่านั้น (ตาราง 3.1 และ ตาราง 3.2) แสดงว่าประเภทของมูลเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อไรวงศ์นี้

สำหรับไรกลุ่มที่เหลือ ได้แก่ วงศ์ Uropodidae วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea ซึ่งเป็นกลุ่มไรที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร พบได้ทั่วไปตามพื้นดิน และวงศ์ Smaridídae ซึ่งจัดเป็นไรที่ดำรงชีวิตเป็นผู้ล่าไรด้วยกัน รวมทั้งเห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ซึ่งเป็นปรสิตดูดเลือดค้างคาวเป็นอาหาร (Krantz, 1978) จากการศึกษาพบว่า ประเภทของมูลค้างคาว และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของไรวงศ์ดังกล่าวนี้ (ตาราง 3.6) มักจะพบไรวงศ์ Uropodidae และวงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea ได้ทั่วไปทุกถ้ำ ส่วนไรวงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea

และวงศ์ Smarididae พบเฉพาะในมูลของค้างคาวกินแมลง และพบจำนวนตัวน้อย (ตาราง 3.1) สำหรับเห็บอ่อนวงศ์ Argasidae พบในบริเวณที่มีค้างคาวเกาะรวมกลุ่มกันหนาแน่น แม้ว่าจะพบในการเก็บครั้งที่ 1 มากกว่าในครั้งที่ 2 เนื่องจากในการเก็บครั้งที่ 1 ตรงกับช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงฤดูผสมพันธุ์ของค้างคาว โดยทั่วไปจะตั้งท้องภายในเดือนเมษายนและมีลูกอ่อนภายในเดือนพฤษภาคม จึงทำให้เห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ล่วงหล่นลงสู่พื้นล่างมากขึ้นตามไปด้วย (Lekagul และ McNeely, 1988) แต่มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3.2) ดังนั้นจึงไม่แสดงผลแตกต่างทางสถิติ

4.6 อันดับ Collembola พบว่า ประเภทของมูลค้างคาว และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของแมลงหางดีดวงศ์ Entomobryidae (ตาราง 3.6) ซึ่งโดยทั่วไปดำรงชีวิตเป็นผู้กินซากอินทรีย์อาศัยตามพื้นดินในป่า ตามซากพืชซากสัตว์ สามารถพบได้ทั่วโลก (Borror และคณะ, 1989) หรือแม้แต่ในถ้ำ (Bullock, 1963) เนื่องจากพบจำนวนน้อย และให้ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3.2) จึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

4.7 อันดับ Blattaria พบว่า แมลงสาบวงศ์ Blattellidae ประเภทของมูลเป็นปัจจัยเดียวที่มีผลต่อจำนวนตัวของแมลงสาบวงศ์นี้ (ตาราง 3.6) ซึ่งกินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร พบในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 0.44 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 0.06 ตัว) เพราะว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีความหนาของกองมูลมากกว่า ซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารและที่หลบภัยของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นถ้ำที่มีขนาดใหญ่และลึกมาก แมลงสาบวงศ์นี้ใช้อาศัยหลบอยู่ตามซอกหลืบของผนังถ้ำ (Daly และคณะ, 1978) จากการสังเกตในภาคสนาม พบตัวอ่อนของแมลงสาบหลบซ่อนตามกองมูล ดังนั้นมูลค้างคาวจึงเป็นทั้งแหล่งอาหารและที่หลบภัยของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ Blattellidae ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีผลเลย เนื่องจากแมลงสาบเป็นแมลงที่พบได้เกือบทุกที่ และสามารถปรับตัวในเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี (Borror และคณะ, 1989)

4.8 อันดับ Hemiptera พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของมวนวงศ์ Anthocoridae (ตาราง 3.6) โดยทั่วไปดำรงชีวิตเป็นผู้ล่ากินตัวอ่อนแมลงเล็กๆ อาศัยตามพื้นดินในป่า ตามเรือนยอดต้นไม้ ตามกองซากพืชซากสัตว์ สามารถพบได้ทั่วโลก (Borror และคณะ, 1989) หรือแม้แต่ในถ้ำ (Bullock, 1963) เนื่องจากศึกษาครั้งนี้พบน้อยมากเพียง 3 ตัวเท่านั้น (ตาราง 3.1) จึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

4.9 อันดับ Thysanoptera พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของเพลี้ยไฟวงศ์ Phlaeothripidae (ตาราง 3.6) ซึ่งดำรงชีวิตเป็นได้ทั้งผู้กินพืชและกินซากอินทรีย์ อาศัยตามเรือนยอดต้นไม้ ตามพื้นดินในป่า ตามกองซากพืชซากสัตว์ Ananthakrishnan (1989) รายงานว่าพบในถ้ำและในดินลึกด้วย และเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบน้อยมากเพียง 1 ตัวเท่านั้น (ตาราง 3.1) จึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

4.10 อันดับ Psocoptera พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวเพียงอย่างเดียว มีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของวงศ์ Sphaeropsocidae (ตาราง 3.6) โดยพบในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 3.17 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 0.06 ตัว) (ตาราง 3.2) นอกจากนั้นเมื่อดูปริมาณไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูล พบว่า ในมูลของค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุมากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง (ตาราง 3.4) และปริมาณอินทรียวัตถุที่มากจะพบจำนวนตัวของวงศ์ Sphaeropsocidae มากตามไปด้วย (ตาราง 3.5) เนื่องจากแมลงวงศ์ดังกล่าวชอบอาศัยอยู่ในกองซากอินทรีย์ กินซากอินทรีย์และเชื้อราเป็นอาหาร (Villani และ Wright, 1990) และสอดคล้องกับคำกล่าวของ Mason (1976) ที่ว่า อาหารหรือมูลค้างคาวเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์

สำหรับวงศ์ Liposcelidae พบว่า ประเภทของมูล มีผลต่อจำนวนตัวของแมลงวงศ์นี้เช่นกัน (ตาราง 3.6) ซึ่งจะพบวงศ์ Liposcelidae เฉพาะในมูลของค้างคาวกินผลไม้เท่านั้น (ตาราง 3.1 และ ตาราง 3.2) จึงสนับสนุนได้ว่า ประเภทของมูลมีผลต่อจำนวนตัวของแมลงวงศ์นี้จริง โดยทั่วไปวงศ์ Liposcelidae ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่สูง (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาพบว่า ในมูลของค้างคาวกินผลไม้มีความชื้นของมูล (31.49%) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง (26.12%) (ตาราง 3.4) นอกจากนั้นการหาความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวกับจำนวนตัวของวงศ์ Liposcelidae พบ

ว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่มาก จะพบจำนวนตัวของวงศ์ Liposcelidae มากตามไปด้วย (ตาราง 3.5) ดังนั้นประเภทของมูลจึงมีผลต่อแมลงวงศ์นี้จริง

4.11 อันดับ Neuroptera พบว่า ประเภทของมูลค้างคาว และแสง ไม่มีผลต่อตัวอ่อนของแมลงวงศ์ Myrmeleontidae (ตาราง 3.6) โดยทั่วไปตัวอ่อนของแมลงวงศ์นี้ จะขุดรูดักเหยื่อตามพื้นดินหรือกองมูลภายในถ้ำ (Borror และคณะ, 1989) และจากการศึกษาพบเฉพาะในมูลของค้างคาวกินแมลง และพบน้อยมากเพียง 3 ตัว (ตาราง 3.1) ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

4.12 อันดับ Coleoptera พบว่า ประเภทของมูลมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Dermestidae (ตาราง 3.6) ซึ่งโดยทั่วไปทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเป็นแมลงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาพบตัวอ่อนด้วงวงศ์นี้ในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 15.50 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 4.33 ตัว) (ตาราง 3.2) อาจเป็นเพราะว่าในมูลค้างคาวกินผลไม้มีผู้ล่า ได้แก่ ด้วงวงศ์ Carabidae มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง (ตาราง 3.1) ดังนั้นจึงพบด้วงวงศ์ Dermestidae ในมูลค้างคาวกินแมลงมากกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Netto (1989) ซึ่งพบว่า ด้วงในวงศ์ Dermestidae จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับประเภทของมูลของค้างคาว เนื่องจากมูลค้างคาวจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Mason, 1976) จึงสนับสนุนได้ว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์นี้จริง

สำหรับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Staphylinidae ประเภทของมูลค้างคาวเพียงปัจจัยเดียวมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของตัวอ่อนด้วงวงศ์นี้ (ตาราง 3.6) โดยทั่วไปด้วงวงศ์ Staphylinidae เป็นแมลงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาพบจำนวนตัวอ่อนของด้วงวงศ์นี้ในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$=20.50 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 5.11 ตัว) (ตาราง 3.2) อาจเป็นเพราะว่าในมูลค้างคาวกินผลไม้มีผู้ล่า ได้แก่ ด้วงวงศ์ Carabidae มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง (ตาราง 3.1) ดังนั้นจึงพบด้วงวงศ์ Staphylinidae ในมูลค้างคาวกินแมลงมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Mason (1976) ที่ว่าอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร

สำหรับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Carabidae ปัจจัยของแสง มีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์นี้ (ตาราง 3.6) จากการศึกษาพบตัวอ่อนของด้วงวงศ์นี้ เฉพาะในบริเวณที่มืด (ตาราง 3.2) โดยทั่วไปด้วงวงศ์ Carabidae เป็นด้วงที่ดำรงชีวิตแบบผู้ล่า (Borror และคณะ, 1989) สามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่ได้ในสภาพพื้นที่หลายแบบ ชอบวางไข่หลบซ่อนตามพื้นดินและซอกหลืบต่างๆ และปริมาณอาหาร เช่น ตัวอ่อนของแมลงต่างๆ มีผลต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของด้วงวงศ์นี้ (Lovei และ Sunderland, 1996) และด้วงวงศ์นี้ชอบอาศัยในบริเวณที่มืด เนื่องจากมีพฤติกรรมหนีแสง เช่นเดียวกับ จิ้งโครง่ ที่อาศัยภายในถ้ำ (Daly และคณะ, 1978) จึงสนับสนุนให้เห็นว่า แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Carabidae จริง

สำหรับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Scarabaeidae Tenebrionidae และ Alleculidae พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์นี้ (ตาราง 3.6) ซึ่งโดยทั่วไปด้วงวงศ์ดังกล่าวนี้เป็นด้วงที่ดำรงชีวิตแบบกินซากอินทรีย์เป็นอาหาร และชอบอาศัยอยู่ตามพื้นดิน (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาครั้งนี้พบน้อย (ตาราง 3.1 และ ตาราง 3.2) ดังนั้นจึงไม่แสดงผลแตกต่างทางสถิติ

· 4.13 อันดับ Diptera พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของวงศ์ Phoridae Chironomidae และ Ceratopogonidae (ตาราง 3.6) และจากการศึกษาครั้งนี้พบวงศ์เหล่านี้น้อยมากเพียง 1 ถึง 2 ตัว เท่านั้น (ตาราง 3.1) จึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

4.14 อันดับ Lepidoptera พบว่า ประเภทของมูลเพียงปัจจัยเดียวมีผลต่อจำนวนตัวของตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนเจาะผ้าวงศ์ Tineidae (ตาราง 3.6) โดยทั่วไปผีเสื้อหนอนเจาะผ้าวงศ์นี้กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) จากการศึกษาพบตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืนวงศ์นี้ในมูลค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 15.00 ตัว) มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 1.73 ตัว) (ตาราง 3.2) เนื่องจากในมูลค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุมากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง (ตาราง 3.4) สอดคล้องกับ Mason (1976) ที่ว่า อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร ดังนั้นประเภทของมูลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืนวงศ์นี้

4.15 อันดับ Hymenoptera พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของมด โดยทั่วไปมดกินอาหารได้หลากหลาย เป็นได้ทั้งผู้ล่าและผู้กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror และคณะ, 1989) พบในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$= 1.00 ตัว) ใกล้เคียงกับในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$= 0.95 ตัว) (ตาราง 3.2) จึงแสดงผลไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 3.6) สำหรับแตนเบียนวงศ์ Bethylidae และ Chalcididae พบว่า ประเภทของมูล และแสง ไม่มีผลต่อจำนวนตัวของวงศ์เหล่านี้ (ตาราง 3.6) จากการศึกษาครั้งนี้พบน้อยมากเพียง 5 และ 1 ตัว (ตาราง 3.1) และมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3.2) ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้

บทที่ 5

สรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวภายในถ้ำเขาหินปูนพบตัวอย่างสัตว์ทั้งสิ้น 4,430 ตัว สามารถจำแนกทางอนุกรมวิธานได้ 32 วงศ์ จาก 2 ชั้น คือ ชั้น Arachnida ประกอบด้วย 3 อันดับ ได้แก่ อันดับ Araneae 2 วงศ์ อันดับ Acari 8 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) รวมทั้งอันดับ Pseudoscorpiones ซึ่งไม่ได้จำแนกถึงระดับวงศ์ และชั้น Hexapoda ประกอบด้วย 10 อันดับ ได้แก่ อันดับ Collembola 1 วงศ์ อันดับ Blattaria 1 วงศ์ อันดับ Hemiptera 1 วงศ์ อันดับ Thysanoptera 1 วงศ์ อันดับ Psocoptera 2 วงศ์ อันดับ Neuroptera 1 วงศ์ อันดับ Coleoptera 7 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Diptera 4 วงศ์ (ไม่ทราบชื่อวงศ์ 1 วงศ์) อันดับ Lepidoptera 1 วงศ์ และ อันดับ Hymenoptera 3 วงศ์ โดยเฉพาะเห็บไรและด้วง ซึ่งเป็นสัตว์กลุ่มใหญ่ พบมากกว่าครึ่งหนึ่งของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดทั้งหมดที่พบในมูลค้างคาว สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบส่วนใหญ่จะพบในระยะที่เป็นตัวอ่อนมากกว่า 80% ของจำนวนที่พบทั้งหมด ภายในถ้ำแต่ละแห่งจะมีองค์ประกอบของสัตว์ที่แตกต่างกันทั้งวงศ์และจำนวน โครงสร้างสังคมของสัตว์กลุ่มอาร์โทรพอดเด่นๆ ที่พบในมูลค้างคาว ประกอบด้วยผู้กินมูล เช่น ไรวงศ์ Uropodidae ด้วงวงศ์ Tenebrionidae ผู้กินซาก เช่น แมลงสาบวงศ์ Blattellidae ด้วงวงศ์ Dermestidae ผู้ล่า เช่น แมลงช้างวงศ์ Myrmeleontidae ด้วงวงศ์ Carabidae ปรสิต เช่น แมลงวงศ์ Phoridae รวมทั้งแมลงที่ดำรงชีวิตเป็นตัวเบียน เช่น แมลงวงศ์ Chalcididae และ วงศ์ Bethylidae เป็นต้น และสังคมของสัตว์ที่พบในมูลค้างคาวมีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกับปัจจัยทางกายภาพ ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล และความเป็นกรดด่างของมูล ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ($P>0.05$) ที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.05$) อันดับ Araneae ($P<0.05$) และ Psocoptera ($P<0.05$) นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนตัวของวงศ์

Blattellidae ($P<0.05$) และ อันดับ Blattaria ($P<0.05$) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนวงศ์รวม ($P<0.05$) จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.05$) Sphaeropsocidae ($P<0.05$) Liposcelidae ($P<0.05$) Alleculidae ($P<0.01$) Chironomidae ($P<0.05$) และ Formicidae ($P<0.05$) รวมทั้งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวในอันดับ Araneae ($P<0.05$) Psocoptera ($P<0.01$) และ Hymenoptera ($P<0.01$)

เมื่อเปรียบเทียบผลของประเภทของมูลค้างคาว (มูลของค้างคาวกินแมลงและมูลของค้างคาวกินผลไม้) กับ แสง (บริเวณที่มีแสงและที่มืด) ต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลของค้างคาว พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลต่อ จำนวนวงศ์รวม ($P<0.05$) จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae ($P<0.01$) Laelapidae ($P<0.05$) Blattellidae ($P<0.05$) Sphaeropsocidae ($P<0.01$) Liposcelidae ($P<0.05$) Dermestidae ($P<0.01$) Staphylinidae ($P<0.01$) และ Tineidae ($P<0.05$) รวมทั้งจำนวนตัวในอันดับ Araneae ($P<0.05$) Blattaria ($P<0.05$) Psocoptera ($P<0.01$) Coleoptera ($P<0.01$) Lepidoptera ($P<0.05$) และ Diptera ($P<0.05$) และแสงมีผลต่อจำนวนตัวของวงศ์ Carabidae ($P<0.05$) และ อันดับ Psocoptera ($P<0.05$) สำหรับอันตกริยาระหว่างประเภทของมูลกับแสง มีผลต่อจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera ($P<0.05$) เพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ดีอาจมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาร่วมด้วย ไม่ว่าจะเป็นขนาด และความลึกของถ้ำ จำนวนปากถ้ำ การหมุนเวียนของอากาศภายในถ้ำ หรือจำนวนและการกระจายของค้างคาว ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สำคัญและให้มูลค้างคาวที่เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ รวมทั้งยังใช้เป็นแหล่งหลบภัยของตัวอ่อนของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกถ้ำด้วย อาทิ กิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีผลต่อนิเวศวิทยาของถ้ำเขาหินปูนเป็นอย่างยิ่ง

บรรณานุกรม

วิสุทธิ์ ใบไม้, 2538. *สถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย.* สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประเทศไทย. 254 หน้า

ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์, 2538. การสำรวจแมลงบริเวณป่าพรุของจังหวัดภูเก็ต. *ว.สงขลานครินทร์ วทท.* 17(3) : 299 - 311.

สาขาวิจัยนิเวศวิทยา, 2536. *พืชและสัตว์ที่ใกล้จะสูญพันธุ์ในประเทศไทย.* สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โรงพิมพ์คุรุสภา. 242 หน้า

อังศุมาลย์ จันทราปัตย์, 2535. *วิทยาเห็บไร.* ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 224 หน้า

Ananthahrishnan, T. N. 1993. Bionomics of Thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 38 : 71 - 81.

Ashmole, N. P., Oromi, P. Ashmole, M. J. and Martin, J. L. 1992. Primary faunal succession in volcanic terrain : Lava and cave studies on the canary islands. *Biol. J. Linn. Soc.* 46(1-2) : 207 - 234.

Begon, M. G., Harper, J. L. and Townsend, C. R., 1990. *Ecology, Individual , Population and Community.* 2nd edition. Blackwell Scientific Publications, USA. 945 pp.

Borror, D. J., Delong, D. M. and Triplehorn, C. A. 1989. *An Introduction to Study of Insect.* 6th edition. Holt, Rinchart and Winton. N.Y. 875 pp.

Bremner, J. M. and Mulraney, C. S. 1982. Nitrogen total. In : Page, A. L., Miller, R. H. and Kuney, D. R. (eds.). *Method of Soil Analysis, part 2.* 2nd edition. Wisconsin, USA. p. 595 - 624.

Brust, G. E. and House, G. J. 1990. Influence of soil texture, soil moisture, organic cover and weeds on oviposition preference of southern corn rootworm (Coleoptera : Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 19(4) : 966 - 971.

Bullock, J. A. 1963. Notes on the cave faunas of two limestone massifs in the Taman Negara. *Malay. Nat. J.,* 17 : 46 - 52.

Bullock, J. A. 1965. The Ecology of Malaysian Caves. *Malay. Nat. J.,* 19(1) : 57 - 64.

Bullock, J. A. 1971. Cave Biology in Malaysia. *Malay. Nat. J.,* 25 : 135 - 141.

Chu, H. F. and Cutkomp, L. K. 1992. *How to Know the Immature Insects.* 2nd edition. Wm. C. Brown Publishers, USA. 346 pp.

Collins, N. M. and Thomas, J. A. 1991. *The Conservation of Insects and Their Habitats.* Academic Press. London. 450 pp.

CSIRO. 1970. *The Insects of Australia.* Melbourne University Press. Australia. 1029 pp.

Daly, V. H., Doyen, T. J. and Ehrlich, R. P. 1978. *Introduction to Insect Biology and Diversity.* McGraw-Hill, Inc., Japan. 564 pp.

Deharveng, L. 1990. Fauna of Thai caves. II New Entomobryoidae Collembola from Chiang Dao Cave, Thailand. *Bishop. Mus. Occas. Pap.* 30 : 279 - 287.

Dunkley, J. R. 1995. *The Cave of Thailand.* Speleological Research Council Ltd. Sydney. 124 pp.

Gannon M. R. and Willic M. R. 1995. Ecology of ectoparasites from tropical bats. *Environ. Entomol.* 24(6) : 1495 - 1503.

Gobbett, D. J. 1965. The formation of limestone caves in Malaya. *Malay. Nat. J.* 19(1) : 4 - 12.

Krantz, G. W. 1978. *A Manual of Acarology.* 2nd edition. Oregon State University, USA. 509 pp.

Lasinio, P. and Zapparoli, M. 1993. First data on the soil arthropod community in an olive grove in central Italy. In : Paoletti, M., Foissner, W. and Coleman, D. (eds.). *Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems.* p. 113 - 121.

Lattin, J. D. 1989. Bionomics of Nabidae. *Annu. Rev. Entomol.* 38 : 383 - 400.

Leakey, R. and Proctor, J. 1987. Invertebrates in the litter and soil at a range of altitudes on Gunung Silam, a small ultrabasic mountain in Sabah. *J. of Tropical Ecology.* 3 : 119 - 129.

Lekagul, B. and McNeely J. A. 1988. *Mammals of Thailand.* 2nd edition. Saha Karn Bheet. Co., Bangkok. 758 pp.

Lovei, G. L. and Sunderland, K. D. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera : Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* 41 : 231 - 256.

Marshall, A. G. 1982. Ecology of insects ectoparasitic on bats. In : Thomas, H. K. (ed.). *Ecology of Bats*. p. 369 - 401.

Mason C. F. 1976. *Decomposition*. Edward Arnold. Great Britain. 508 pp.

McClure, H. E. 1965. Microcosms of Batu Caves, Malaya. *Malay. Nat. J.* 19(1) : 57 - 64.

McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In : Page, A. L., Miller, R. H. and Kuney, D. R. (eds.). *Method of Soil Analysis, part 2.* 2nd edition. Wisconsin, USA. p. 199 - 224.

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In : Page, A. L., Miller, R. H. and Kuney, D. R. (eds.). *Method of Soil Analysis, part 2.* 2nd edition. Wisconsin, USA. p. 539 - 579.

Netto, P. G. 1989. Comparative analysis of the fauna associated with the guano of cavernicolous analysis bats of Brazil : Initial evaluation. *Rev. Braz. Entomol.* 33(2) : 183 - 192.

Novotny, V. 1992. Community structure of Auchenorrhyneha (Homoptera) in montane rain forest in Vietnam. *J. of Tropical Ecology*. 8 : 169 - 179.

Novotny, V. 1993. Spatial and temporal components of species diversity in Auchenorrhyneha (Insecta : Hemiptera) communities of Indochinese montane rain forest. *J. of Tropical Ecology.* 9 : 93 - 100.

Paoletti, M., Taylor, R., Stinner, B., Stinner, D., and Benzing, D. 1991. Diversity of soil fauna in the canopy and forest floor of a Venezuelan cloud forest.. *J. of Trop. Ecol.* 7 : 373 - 383.

Pearson, L. D. and Derr, A. J. 1986. Seasonal patterns of lowland forest floor abundance in southeastern Peru. *Biotropica,* 18(3) : 244 - 256.

Poole, R. W. 1974. An Introduction to Quantitative Ecology. McGraw - Hill Inc. Japan. 532 pp.

Preston, M. R. 1984. *Spider of the world.* Blanford Press Ltd. U.S.A. 191 pp.

Romoser, W. S. and Stoffolano, Jr. J. G. 1994. *The Science of Entomology.* 3rd edition. Wm. C. Brown Communications, Inc. U.S.A. 532 pp.

Seastedt, T. R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. *Annu. Rev. Entomol.* 29 : 25 - 46.

Sedgwick, W. C. and Schwendinger, P. J. 1990. On a new cave-dwelling Liphistius from Thailand (Araneae: Liphistidae). *Bull. BR. Arachnol. Soc.* 8(4) : 109 - 112.

Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods* ,W. Chapman & Hall, London, UK. 524 pp.

Tauber, M. J., Tauber, C. A. and Nyrop, J. P. 1994. Soil moisture and postdormancy emergence of Colorado potato beetles (Coleoptera : Chrysomelidae) : descriptive model and field emergence patterns. *Environ. Entomol.* 23(6) : 1485 - 1496.

Thompson, J. N. 1984. Insect diversity and the trophic structure of communities. In : Huffaker, C. B. and Rabb, R. L. (eds.). *Ecological Entomology.* John Wiley & Sons, Inc. p. 591 - 606.

Tuttle, M. D. and Stevenson, D.E. 1977. Variation in the cave environment and its biological implications. In : Zuber, R., Chester, J., Gilbert, S. and Rhodes, D. (eds.). *National cave management symposiums.* Adobe Press, Albuquerque NM. p. 108 - 121.

Villani M. G. and Wright R. J., 1990. Environmental influences on soil macroarthropod behavior in agriculture system. *Annu. Rev. Entomol.* 38 : 249 - 269.

Watanabe, H. and Ruaysoongnern, S. 1989. Estimation of arboreal arthropod density in a dry evergreen forest in northeastern Thailand. *J. of Trop. Ecol.* 5 : 151 - 158.

Whitaker, T.O., Clem, P. and Munsee, J. R. 1991. Trophic structure of the community in the guano of the evening bat *Nycticeius humeralis* in Indiana. *Am. Midl. Nat.* 126(2) : 392 - 398.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การสำรวจเบื้องต้น

เนื่องจากการสุ่มตัวอย่างมูลค้างคาวเพียงหนึ่งตัวอย่างจากถ้ำแต่ละแห่งอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของถ้ำได้ ทั้งนี้เพราะ

1. ยังไม่รู้ขนาดของ quadrat ที่เหมาะสม
2. ในถ้ำแต่ละแห่งมีกองมูลหลายกอง บางกองอยู่ใกล้ปากถ้ำ แต่บางกองอยู่ลึกเข้าไปในถ้ำ

วัตถุประสงค์

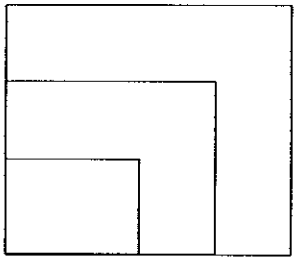
1. เพื่อหาขนาดของ quadrat ที่เหมาะสม
2. ฝึกหัดการจำแนกชนิดของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด
3. ฝึกหัดการใช้เครื่องมือต่างๆ

สถานที่ ถ้ำเขารักเกียรติ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา

ระยะเวลา 1 เดือน (มีนาคม 2539)

วิธีการ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลค้างคาวโดยใช้ quadrat ขนาด 5x5 10x10 15x15 20x20 และ 25x25 เซนติเมตร quadrat ละหนึ่งตัวอย่าง นำไปจำแนกหาจำนวนชนิดของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดในแต่ละ quadrat แล้วทดสอบหาขนาดของ quadrat ที่เหมาะสมโดยใช้ nest quadrat ดังภาพที่ 1 ตามวิธี Wiegert's method (Krebs, 1989) ซึ่งมีหลักการว่า quadrat ขนาดใดที่พบจำนวนสิ่งมีชีวิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง และต้องให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดด้วย จึงจะเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการสุ่มเก็บตัวอย่าง



ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะ nest quadrat จะต้องเริ่มจากจุดเดียวกันเพื่อให้เป็น Homogeneity เดียวกัน

ผลและสรุปผลการศึกษาจากการทำ pilot survey

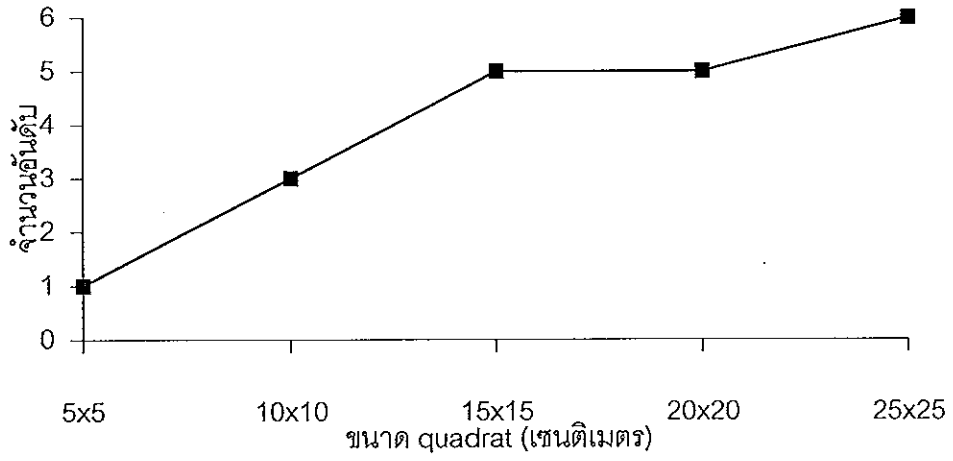
จากการศึกษาพบว่า quadrat ขนาด 5X5 เซนติเมตร จะพบจำนวนตัวรวมเพียง 1 ตัว จาก 1 อันดับ quadrat ขนาด 10X10 เซนติเมตร พบจำนวนตัวรวม 18 ตัว จาก 3 อันดับ quadrat ขนาด 15X15 เซนติเมตร พบจำนวนตัวรวม 84 ตัว จาก 5 อันดับ quadrat ขนาด 20x20 เซนติเมตร พบจำนวนตัวรวม 127 ตัว จาก 5 อันดับ และ quadrat ขนาด 25x25 เซนติเมตร พบจำนวนตัวรวม 177 ตัว จาก 6 อันดับ (ตาราง 1 และ ภาพประกอบ 2) ขนาดของ quadrat ที่เหมาะสำหรับสุ่มเก็บตัวอย่าง คือ 15x15 เซนติเมตร เนื่องจากพบจำนวนอันดับมากเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้เท่ากัน และมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ quadrat ขนาด 10X10 20x20 และ 25x25 เซนติเมตร อีกทั้งยังพบสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่มีความหลากหลายมากไม่แตกต่างกับ quadrat ขนาด 20x20 และ 25x25 เซนติเมตร ด้วย

บรรณานุกรม

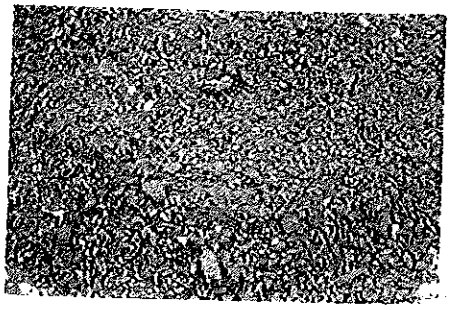
Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, New York, USA. 654 pp.

ตาราง 1 จำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาวในแต่ละ quadrat

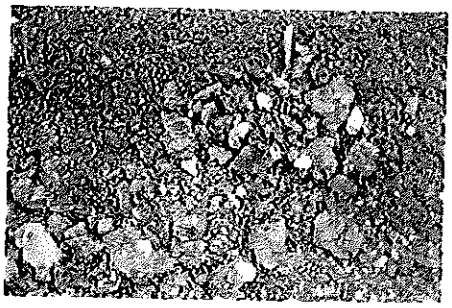
ลำดับทางอนุกรมวิธาน\ขนาดของ quadrat	5x5	10x10	15x15	20x20	25x25
อันดับ Collembola					
วงศ์ Poduridae	1	13	63	93	133
วงศ์ Entomobryidae			2	2	2
อันดับ Coleoptera					
วงศ์ Dermestidae			1	3	4
วงศ์ Tenebrionidae			2	2	4
วงศ์ Staphylinidae		3	9	10	15
อันดับ Lepidoptera					
วงศ์ Tineidae			1	1	1
อันดับ Hymenoptera					
วงศ์ Formicidae			1		1
อันดับ Acari		2	6	13	17
อันดับ Isoptera				1	1
รวม	1	18	85	125	178



ภาพประกอบ 2 จำนวนอันดับของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบใน quadrat แต่ละขนาด



ภาพประกอบ 3 มูลของค้างคาวกินแมลง



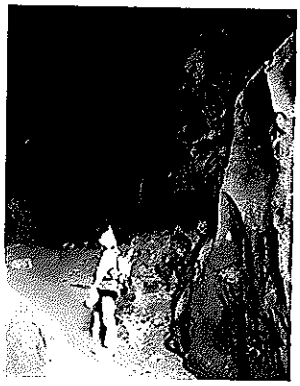
ภาพประกอบ 4 มูลของค้างคาวกินผลไม้

ภาพประกอบ 5 ถ้ำเขารักเกียรติ

ภาพประกอบ 6 ถ้ำเขานุ้ยบน

ภาพประกอบ 7 ถ้ำหลังเขา

ภาพประกอบ 8 ถ้ำระเด่น



ภาพประกอบ 9 ถ้ำโต๊ะเนะ

ภาพประกอบ 10 ถ้ำเขาขาว

ถ้ำเขารักเกียรติ

ที่ตั้ง วัดเขารักเกียรติ อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

พิกัด $7^{\circ}\ 4'3''$N, $100^{\circ}\ 51'1''$E

ขนาดปากถ้ำ 7 x 8 เมตร

จำนวนปากถ้ำ 3 ปากถ้ำ

ความยาวถ้ำ 91 เมตร

จุดสูงสุดของถ้ำ 22 เมตร (ต่ำสุด 1.5 เมตร)

ความสูงจากระดับน้ำทะเล 60 เมตร

แผนที่ เลขที่ 5023 II

ชนิดของค้างคาว ค้างคาวมงกุฎเล็ก (*Rhinolophus pusillus*)

ค้างคาวมงกุฎเทาแดง (*Rhinolophus affinis*)

ค้างคาวมงกุฎเลียนมมาลายูหางสั้น (Rhinolophus staene)

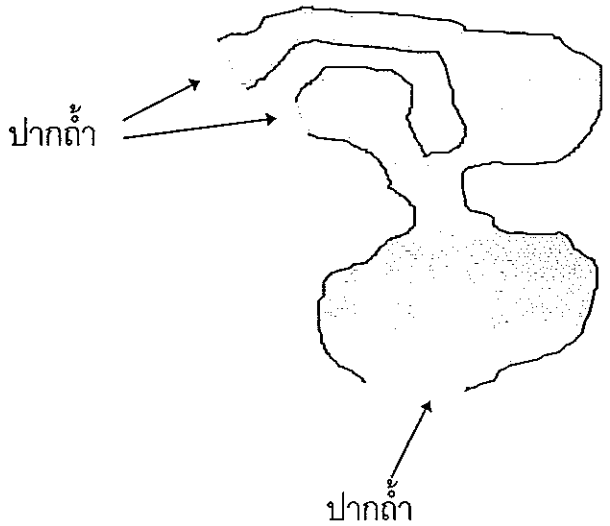
ค้างคาวหน้ายักษ์สามหลืบ (*Hipposideros larvatus*)

ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกบุ๋ม (*Hipposideros phyllus*)

ค้างคาวปีกถุงเคราดำ (*Taphozous melanopogon*)

สัตว์อื่นๆ ที่พบ นกแสก

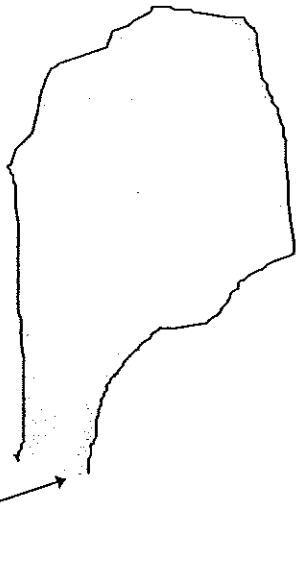
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ ส่วนใหญ่เป็นสวนยาง และสวนผลไม้บางส่วน



ภาพตัดตามยาวลักษณะของถ้ำเขารักเกียรติ

ถ้ำเขานุ้ยบน

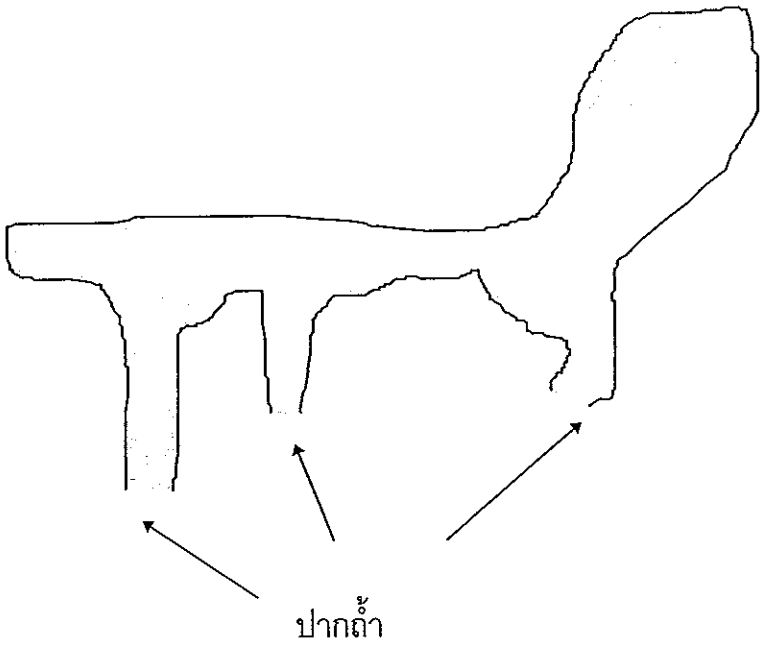
ที่ตั้ง	อ.รัตภูมิ จ.สงขลา
พิกัด	6° 59′5″N, 100° 8′6″E
ขนาดปากถ้ำ	2 x 1 เมตร
จำนวนปากถ้ำ	1 ปากถ้ำ
ความยาวถ้ำ	14 เมตร
จุดสูงสุดของถ้ำ	6 เมตร(ต่ำสุด 3.5 เมตร)
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	85 เมตร
แผนที่ เลขที่	5022 IV
ชนิดของค้างคาว	ค้างคาวแวมไพร์แปลงเล็ก (*Megaderma spasma*)
สัตว์อื่นๆ ที่พบ	นกแสก
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ	ส่วนใหญ่เป็นสวนยาง ป่าธรรมชาติและสวนผลไม้บางส่วน



ภาพตัดตามยาวลักษณะของถ้ำเขานุ้ยบน

ถ้ำหลังเขา

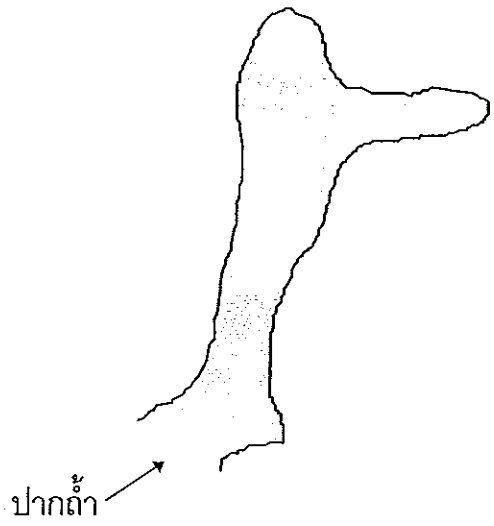
ที่ตั้ง	อ.สะเดา จ.สงขลา
พิกัด	$6^{\circ}\ 42'30''$N, $100^{\circ}\ 55'20''$E
ขนาดปากถ้ำ	1 x 2 เมตร
จำนวนปากถ้ำ	3 ปากถ้ำ
ความยาวถ้ำ	30 เมตร
จุดสูงสุดของถ้ำ	6 เมตร
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	80 เมตร
แผนที่ เลขที่	5022 II
ชนิดของค้างคาว	ค้างคาวมงกุฎเล็ก (*Rhinolophus pusillus*)
	ค้างคาวมงกุฎเทาแดง (*Rhinolophus affinis*)
สัตว์อื่นๆ ที่พบ	นกกระเบื้องผาบริเวณปากถ้ำ
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ	ส่วนใหญ่เป็นสวนยาง และสวนผลไม้บางส่วน



ภาพตัดตามยาวลักษณะของถ้ำหลังเขา

ถ้ำระเด่น

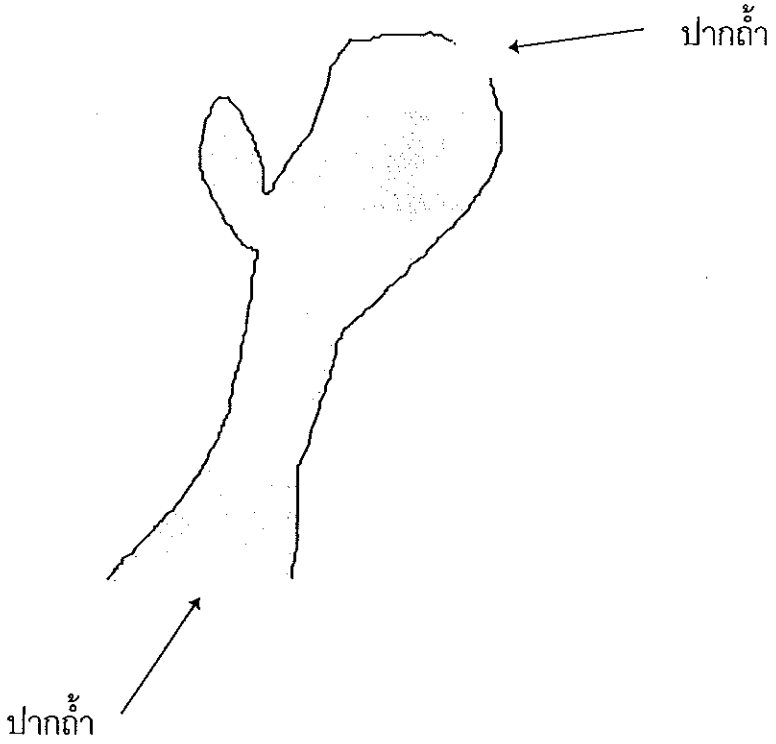
ที่ตั้ง	อ.สะบ้าย้อย จ.สงขลา
พิกัด	6° 31′ 12″N, 100° 49′2″E
ขนาดปากถ้ำ	12 x 14 เมตร
จำนวนปากถ้ำ	1 ปากถ้ำ
ความยาวถ้ำ	154.5 เมตร
จุดสูงสุดของถ้ำ	25 เมตร
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	90 เมตร
แผนที่ เลขที่	5122 II
ชนิดของค้างคาว	ค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea*)
	ค้างคาวบัวฟันกลม (*Rosettus amplexi*)
	ค้างคาวหน้ายักษ์หมอบุญส่ง (*Hipposideros lekaguli*)
	ค้างคาวแวมไฟร์แปลงเล็ก (*Megaderma spasma*)
สัตว์อื่นๆ ที่พบ	งูใบ้ หนู และนกแสก
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ	สวนผลไม้ เช่น ทุเรียน มังคุด กล้วย เป็นต้น และสวนยาง



ภาพตัดตามยาวของลักษณะถ้ำระเด่น

ถ้ำโต๊ะเนะ

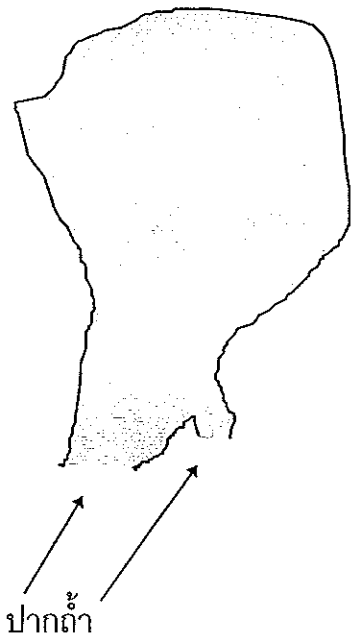
ที่ตั้ง	บ้านเจ้าไหม อ.กันตัง จ.ตรัง
พิกัด	7° 19′30″N, 99° 24′E
ขนาดปากถ้ำ	15 x 20 เมตร
จำนวนปากถ้ำ	2 ปากถ้ำ
ความยาวถ้ำ	120 เมตร
จุดสูงสุดของถ้ำ	30 เมตร
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	20 เมตร
แผนที่ เลขที่	4823 I
ชนิดของค้างคาว	ค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea*)
สัตว์อื่นๆ ที่พบ	งูใบ้, งูเหลือม, ลิงแสม, หนู และนกแสก
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ	ด้านหน้าส่วนใหญ่เป็นป่าโกงกาง และป่าแสม



ภาพตัดตามยาวลักษณะของถ้ำโต๊ะเนะ

ถ้ำเขาขาว

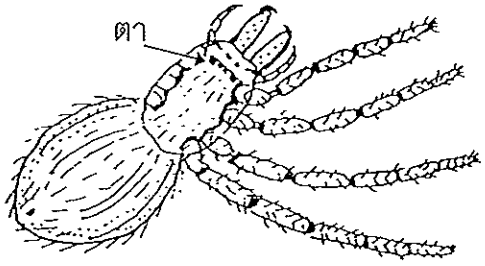
ที่ตั้ง	อ.สะเดา จ.สงขลา
พิกัด	6° 42′45″N, 100° 16′93″E
ขนาดปากถ้ำ	1.9 x 6 เมตร
จำนวนปากถ้ำ	2 ปากถ้ำ
ความยาวถ้ำ	83.3 เมตร
จุดสูงสุดของถ้ำ	18 เมตร (ต่ำสุด 10 เมตร)
ความสูงจากระดับน้ำทะเล	82 เมตร
แผนที่ เลขที่	5022 II
ชนิดของค้างคาว	ค้างคาวเล็บกุด (*Eonycteris spelaea*)
สัตว์อื่นๆ ที่พบ	หนู และนกแสก
สภาพแวดล้อมนอกถ้ำ	ส่วนใหญ่เป็นสวนยาง และสวนผลไม้อื่นๆ เล็กน้อย



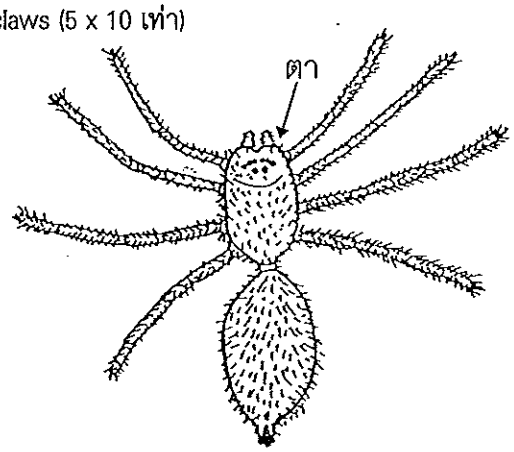
ภาพตัดตามยาวของลักษณะถ้ำเขาขาว

ภาคผนวก ข.

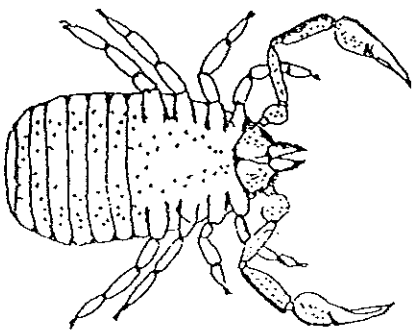
ภาพแสดงสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว



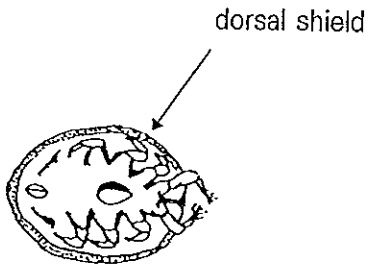
ภาพประกอบ 1 วงศ์ Clubionidae อันดับ Araneae : มีขนาดเล็ก มีตา 2 แถว มี 2 claws (5 x 10 เท่า)



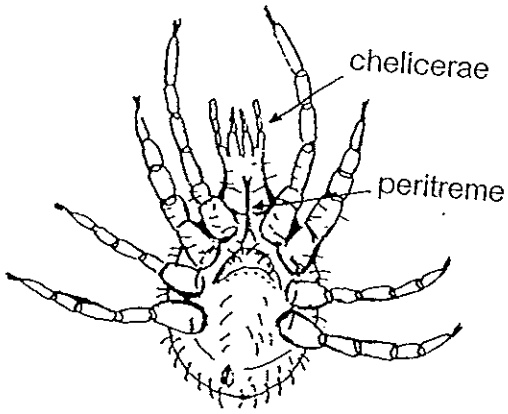
ภาพประกอบ 2 วงศ์ Leptonetidae อันดับ Araneae : มีขนาดเล็กมีตา 6 ดวง ขายาว (5 x 10 เท่า)



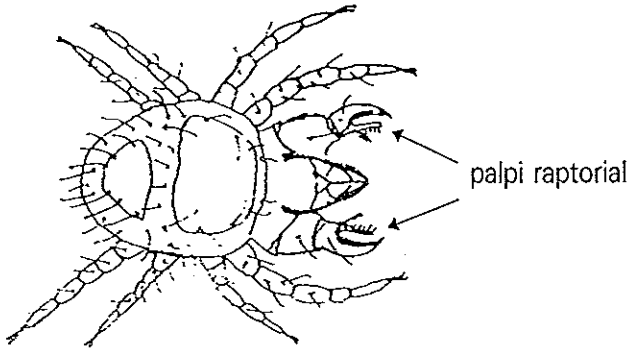
ภาพประกอบ 3 อันดับ Pseudoscorpiones : มีขนาดเล็ก คล้ายแมงป่อง แต่ไม่มี opisthosoma ส่วนท้องมีลักษณะเป็นรูปไข่ (7 x 10 เท่า)



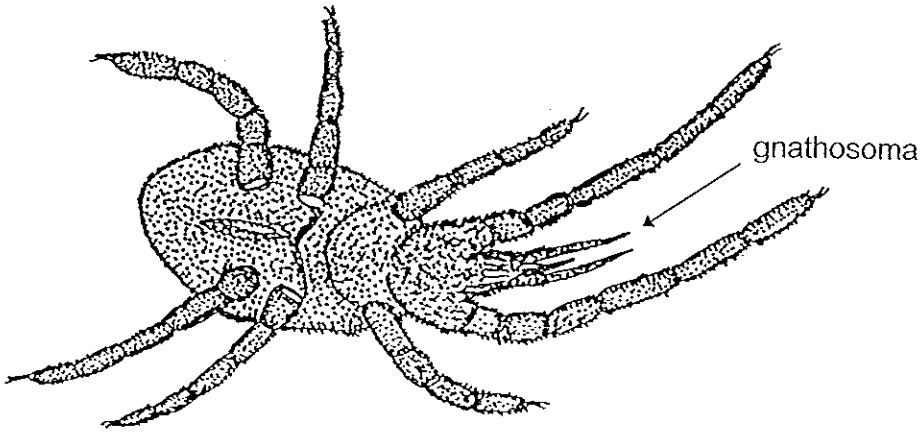
ภาพประกอบ 4 วงศ์ Uropodidae อันดับ Acari : ลำตัวด้านบนมี dorsal shield ปกคลุม รูปร่างกลมรี (7 x 10 เท่า)



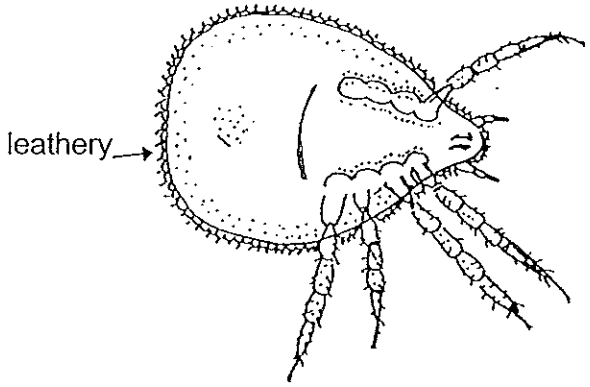
ภาพประกอบ 5 วงศ์ Laelapidae อันดับ Acari : เห็นส่วน chelicerae ชัดเจน มีขนเล็กๆ รอบตัว ส่วน peritremes เจริญดี (7 x 10 เท่า)



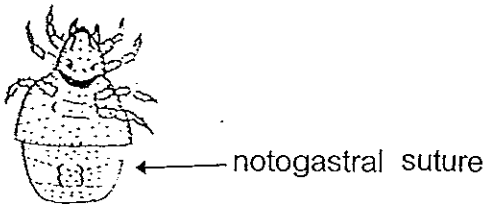
ภาพประกอบ 6 วงศ์ Cheyletidae อันดับ Acari : มี palpi raptorial ใหญ่เห็นได้ ชัดเจน และมี gnathosoma ใหญ่ (7 x 10 เท่า)



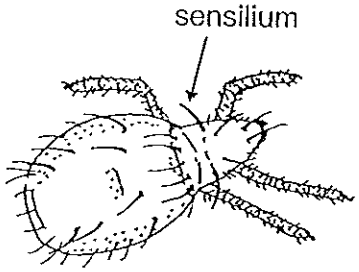
ภาพประกอบ 7 วงศ์ Smarididae อันดับ Acari : ลำตัวยาว ขายาว มีขนสั้นหนาขึ้นรอบตัว และมี gnathosoma แคบยาว (7 x 10 เท่า)



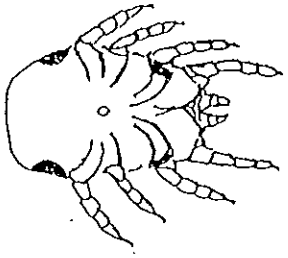
ภาพประกอบ 8 วงศ์ Argasidae อันดับ Acari : ลำตัวด้านบนปกคลุมด้วยแผ่นหนัง (leathery) มีขนสั้นรอบตัว ส่วนปากอยู่ใต้ลำตัว (7 x 10 เท่า)



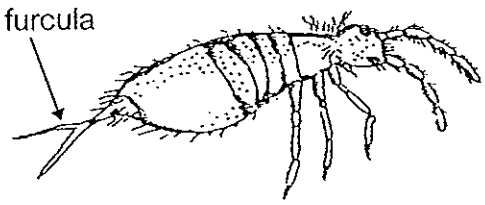
ภาพประกอบ 9 วงศ์ใหญ่ Prothoplophoroidea อันดับ Acari : ลำตัวมีลักษณะแบนข้าง มี notogastral suture ชัดเจน (7 x 10 เท่า)



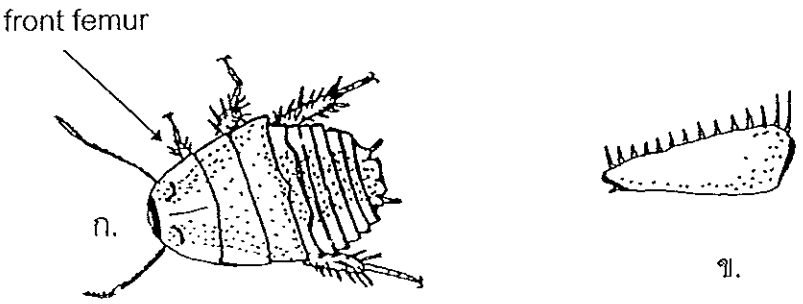
ภาพประกอบ 10 วงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea อันดับ Acari : เห็น sensilium ชัดเจน มีขนยาวรอบๆ ตัว (7 x 10 เท่า)



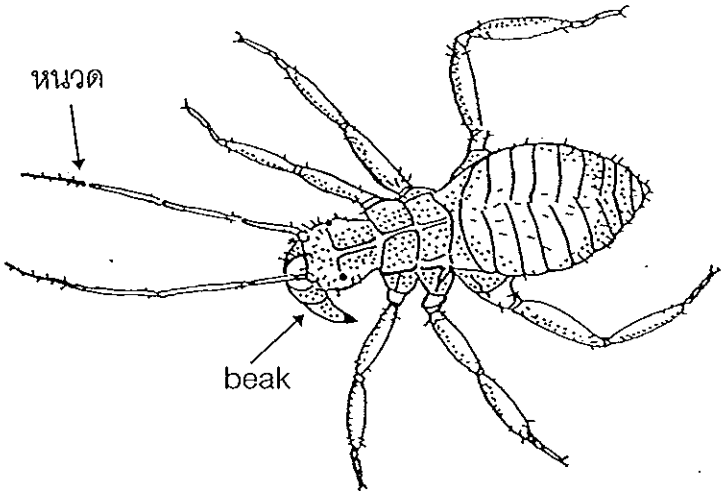
ภาพประกอบ 11 unknown family อันดับ Acari : อาจเป็นตัวอ่อนของไรกลุ่ม Oribatida (7 x 10 เท่า)



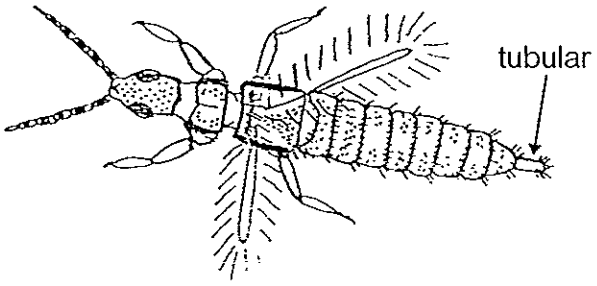
ภาพประกอบ 12 วงศ์ Entomobryidae อันดับ Collembola : มีขนาดเล็ก เห็น furcula ชัดเจน ปล้องที่ 4 ของส่วนท้องยาวเป็น 2 เท่าของปล้องที่ 3 (7 x 10 เท่า)



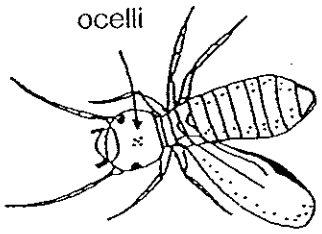
ภาพประกอบ 13 วงศ์ Blattellidae อันดับ Blattaria : มี prothorax กว้าง ส่วนท้องมี cerci มี femur ใหญ่ (ก.) โดยมีหนามแหลมขนาดใหญ่ที่ front femur (ข.) (0.7 x 10 เท่า)



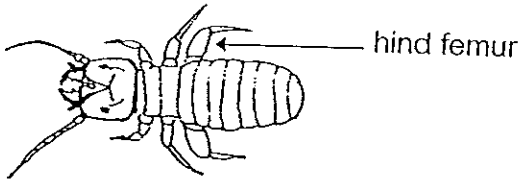
ภาพประกอบ 14 วงศ์ Anthocoridae อันดับ Hemiptera : มีขนาดเล็ก ลำตัวยาว ส่วน beck มี 3 ข้อ หนวดมี 4 ปล้องชัดเจน ไม่มีร่องอก (groove) (2.5 x 10 เท่า)



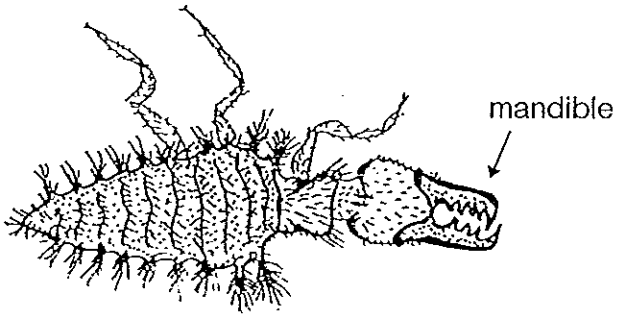
ภาพประกอบ 15 วงศ์ Phlaeothripidae อันดับ Thysanoptera : มีขนาดเล็ก ลำตัวยาว ส่วนท้องปล้องสุดท้ายเป็นท่อยาว (tubular) ปีกไม่มีเส้นปีก มีลักษณะเป็นพู่ขนนก (7 x 10 เท่า)



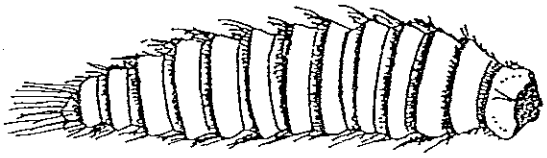
ภาพประกอบ 16 วงศ์ Sphaeropsocidae อันดับ Psocoptera : โดยทั่วไปคล้ายวงศ์ Liposcelidae แต่ hind femora ไม่กว้าง ปีกหน้าแบบ elytriform มี ocelli (7 x 10 เท่า)



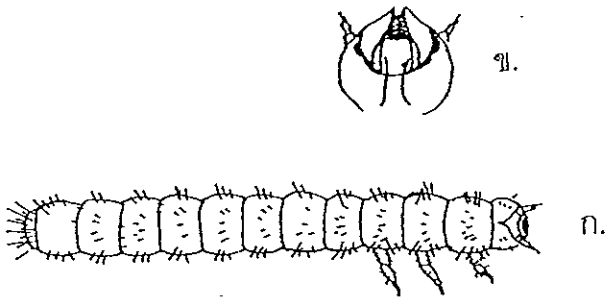
ภาพประกอบ 17 วงศ์ Liposcelidae อันดับ Psocoptera : มี hind femur ที่กว้างมากกว่าปกติ ไม่มีปีก ส่วนอกกว้างกว่าเล็กน้อย (7 x 10 เท่า)



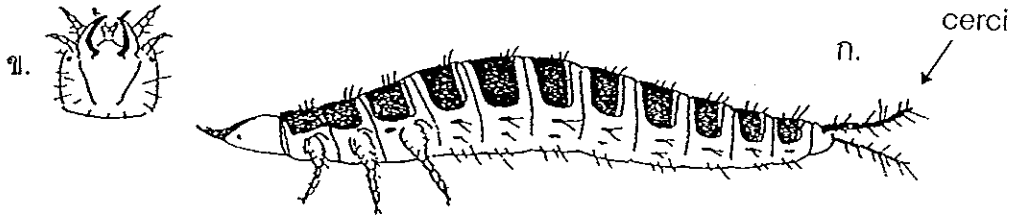
ภาพประกอบ 18 วงศ์ Myrmeleontidae อันดับ Neuroptera : มี mandible ใหญ่และยาวมาก มีขนยาวรอบลำตัว (0.7 x 10 เท่า)



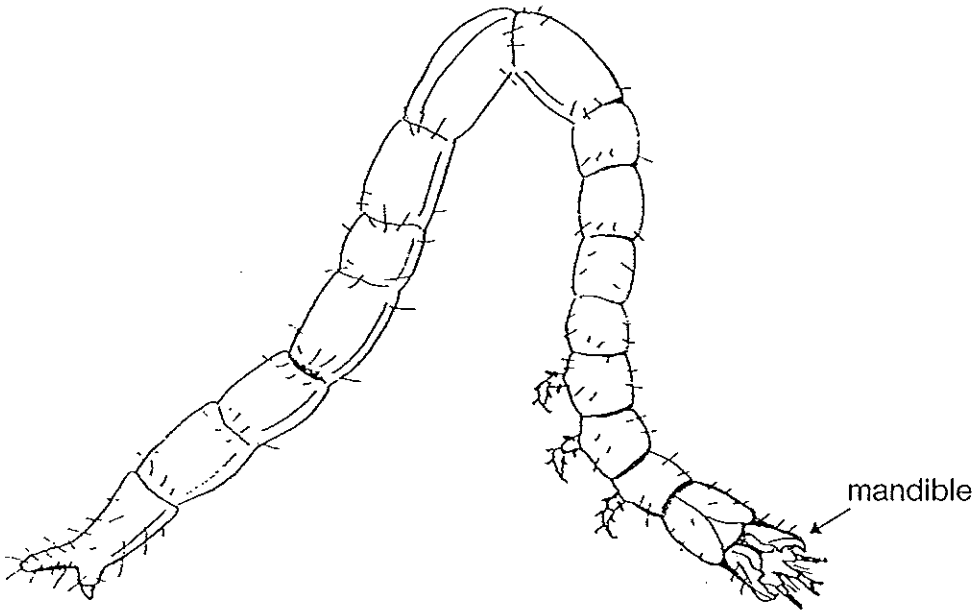
ภาพประกอบ 19 วงศ์ Dermestidae อันดับ Coleoptera : มีขนยาวรอบลำตัว ลำตัวมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนท้องปล้องสุดท้ายมีขนยาวมาก (2.5 x 10 เท่า)



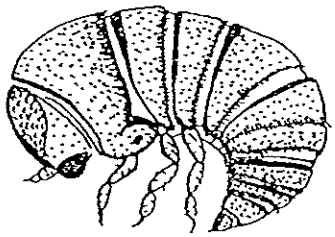
ภาพประกอบ 20 วงศ์ Staphylinidae อันดับ Coleoptera : มีขนเล็กๆ รอบตัว มี 1 claw (ก.) เห็น labrum ชัดเจน พร้อมลักษณะของส่วนหัว (ข.) (4 x 10 เท่า)



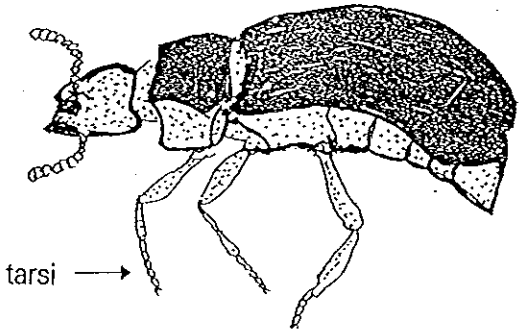
ภาพประกอบ 21 วงศ์ Carabidae ชนิด A อันดับ Coleoptera : mandible ใหญ่ ส่วนท้องมี cerci มี 2 claws (ก.) พร้อมลักษณะของส่วนหัว (ข.) (1.5 x 10 เท่า)



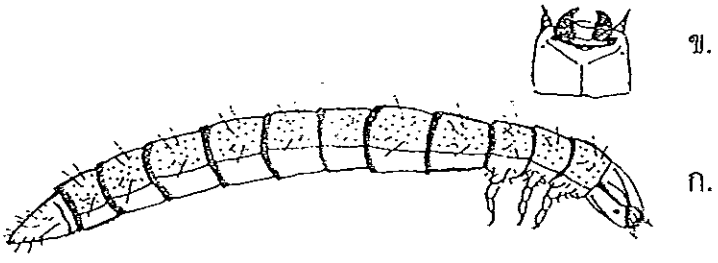
ภาพประกอบ 22 วงศ์ Carabidae ชนิด B อันดับ Coleoptera : ลำตัวยาว มี mandible ใหญ่ ส่วนท้องไม่มี cerci มี 2 claws ส่วนขามีหนามแหลมโดยรอบ (1.5 x 10 เท่า)



ภาพประกอบ 23 วงศ์ Scarabaeidae? อันดับ Coleoptera : ลำตัวรูปร่างแบบ Scarabaeoid form มี 1 claw ด้านบนลำตัวปกคลุมด้วยแผ่นแข็ง (2.5 x 10 เท่า)

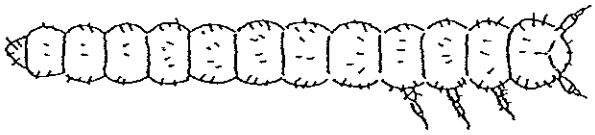


ภาพประกอบ 24 วงศ์ Tenebrionidae อันดับ Coleoptera : ลำตัวมีสีดำ ส่วนปีกสั้นกว่าส่วนท้อง หนวดแบบ monoliform มี tarsal formula 5-5-4 (1.5 x 10 เท่า)



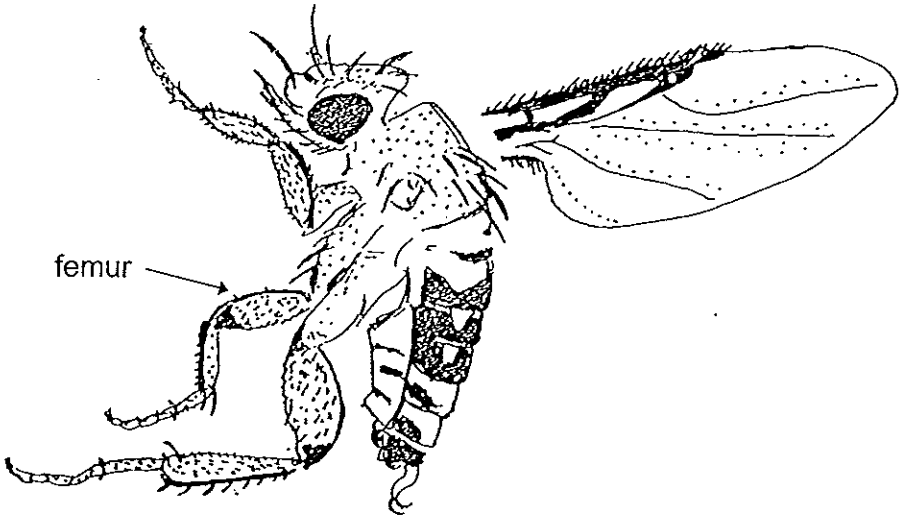
ภาพประกอบ 25 วงศ์ Alleculidae อันดับ Coleoptera : รูปร่างยาวเรียว มี 1 claw (ก.) เห็น mola ติดกับ mandible พร้อมลักษณะของส่วนหัว (ข.) (4 x 10 เท่า)

ข.

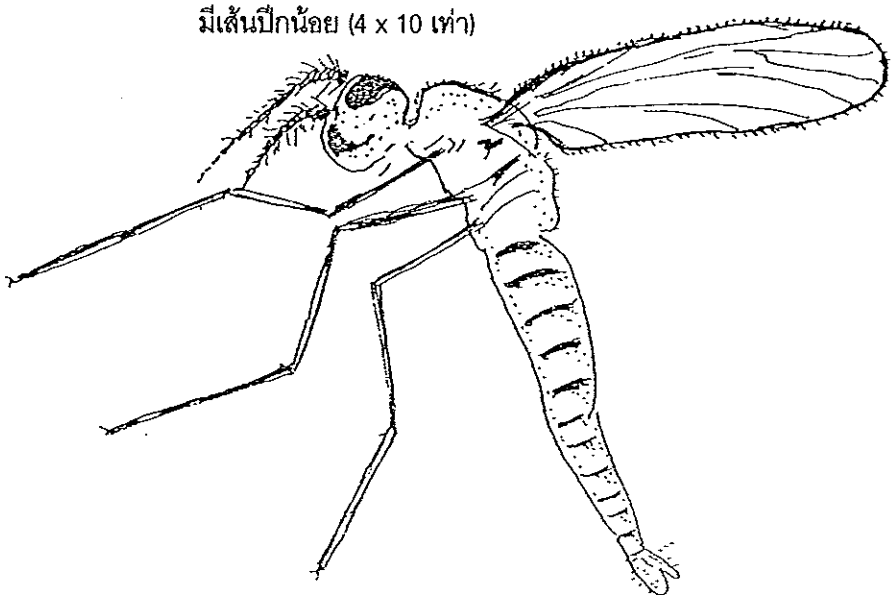


ก.

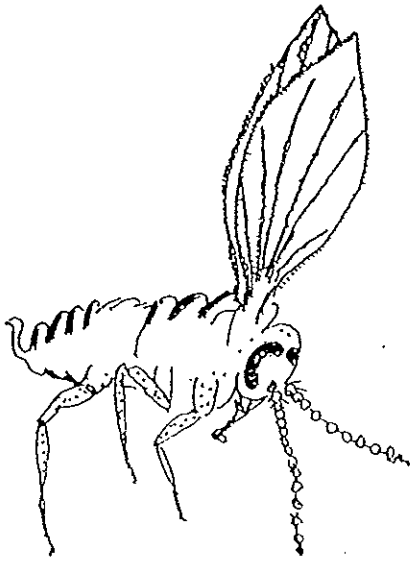
ภาพประกอบ 26 unknown family อันดับ Coleoptera : คล้ายตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Tenebrionidae แต่มีลักษณะปากที่แตกต่างกัน (ก.) พร้อมลักษณะของส่วนหัว (ข.) (4 x 10 เท่า)



ภาพประกอบ 27 วงศ์ Phoridae อันดับ Diptera : มีขนาดเล็ก femur ใหญ่ชัดเจน มีเส้นปีกน้อย (4 x 10 เท่า)

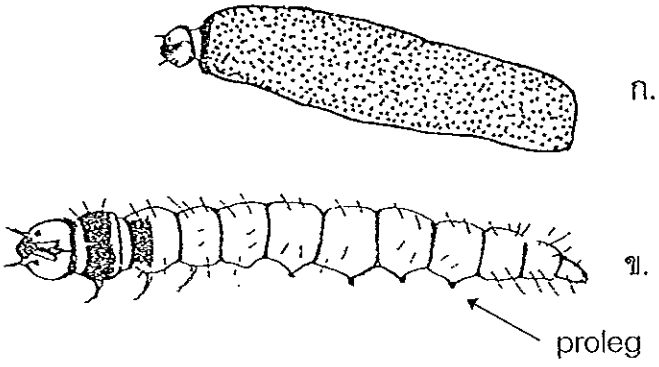


ภาพประกอบ 28 วงศ์ Chironomidae อันดับ Diptera : คล้ายยุง แต่มีหนวดแบบ plumose ขายาว ไม่มี ocelli (7 x 10 เท่า)

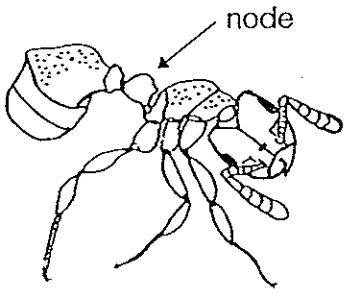


ภาพประกอบ 29 วงศ์ Ceratopogonidae อันดับ Diptera : ปีกกว้างมีขนโดยรอบ ส่วนหัวกว้าง (7 x 10 เท่า)

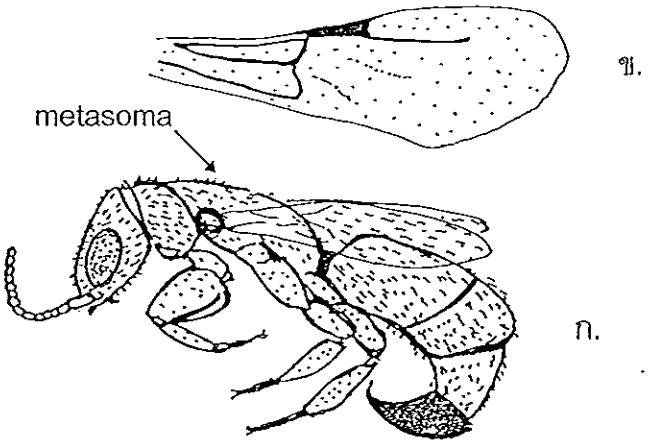
ภาพประกอบ 30 unknown family อันดับ Diptera : คล้ายตัวอ่อนของวงศ์ Therevidae เห็นส่วนปากไม่ชัดเจน ส่วนหัวเจริญไม่ดี (1.5 x 10 เท่า)



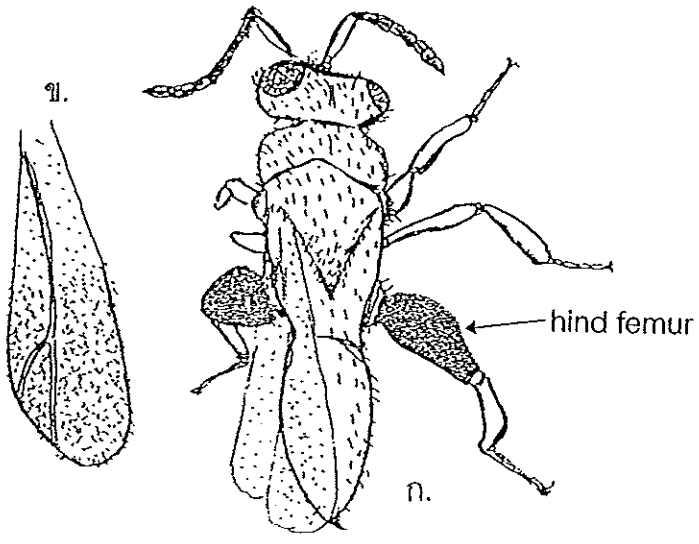
ภาพประกอบ 31 วงศ์ Tineidae อันดับ Lepidoptera : มีปลอกหุ้มลำตัว (ก.) เห็น proleg ชัดเจน เมื่อออกจากปลอกหุ้มลำตัว (ข.) (4 x 10 เท่า)



ภาพประกอบ 32 วงศ์ Formicidae อันดับ Hymenoptera : มี node อยู่บริเวณ metasoma มีหนวดแบบ elbowed (2.5 x 10 เท่า)



ภาพประกอบ 33 วงศ์ Bethylidae อันดับ Hymenoptera : คล้ายมด มี metasoma 6 - 7 ข้อ ลำตัวมีสีดำ (ก.) พร้อมลักษณะของเส้นปีกหน้า (ข.) (4 x 10 เท่า)



ภาพประกอบ 34 วงศ์ Chalcididae อันดับ Hymenoptera : มีขนาดเล็ก หนวดแบบ elbowed มี hind femur ใหญ่มาก และลำตัวมีสีดำ (ก.) พร้อมลักษณะของเส้นปีกหน้า (ข.) (4 x 10 เท่า)

ภาคผนวก ค.

แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหารูปแบบการกระจายของสัตว์

จำนวนตัว	จำนวน quadrat	จำนวนตัว	จำนวน quadrat	จำนวนตัว	จำนวน quadrat
0	2	22	1	74	1
1	4	24	1	89	1
3	1	25	1	92	1
4	3	26	1	93	1
5	3	27	1	120	1
7	2	28	1	121	1
8	2	29	1	123	1
9	1	34	1	124	1
10	1	35	2	142	1
11	1	37	2	162	1
12	3	38	2	193	1
13	2	44	1	197	1
14	2	45	1	230	1
15	2	49	1	234	1
16	1	50	1	314	1
17	1	54	1	391	1
18	2	57	1	403	1
21	1	70	1		

ค่า variance / mean ของจำนวน quadrat = 0.69 / 1.36 = 0.51

ค่า variance / mean ratio > 1 มีรูปแบบการกระจายของสังคมสัตว์แบบกลุ่มๆ (clump)

ค่า variance / mean ratio < 1 มีรูปแบบการกระจายของสังคมสัตว์แบบสม่ำเสมอ (regular)

ค่า variance / mean ratio = 1 มีรูปแบบการกระจายของสังคมสัตว์แบบสุ่ม (random)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายคทาวุธ ไชยเทพ (KATAWUT CHAIYATHAPE)

วันเดือนปีเกิด 19 กรกฎาคม 2512 (19 JULY 1969)

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2533

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

- ทุนราชกรีฑาสโมสร ปีการศึกษา 2537
- ทุนผู้ช่วยสอน ภาควิชาชีววิทยา ปีการศึกษา 2538 และ 2539