นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการต่อสังคมอาร์โทรพอดในมูลค้างคาว

คทาวุธ ไชยเทพ[1] ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์[2] และ สุรไกร เพิ่มคำ[3]

Abstract

Chaiyathape, K.[1], Watanasit, S.[2] and Permkam, S.[3]

Effect of some environmental factors on arthropod communities in bat guano

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2002, 24(1) : 15-30

Data are presented on the taxonomic composition of arthropod fauna found in bat guano in 6 limestone caves of southern Thailand, collected by Berlese's funnel type trap. There were 2 sampling periods; the first from 29 April to 7 May 1996 and the second from 1 to 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, Hemiptera, Thysanoptera, Psocoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera*** **and** ***Hymenoptera.***

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

[1]Faculty of Science and Technology, Rajabhat Institute Nakhon Si Thammarat, Muang, Nakhon Si Thammarat 80280, [2]Department of Biology, Faculty of Science, [3]Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

[1]วท.ม. (นิเวศวิทยา) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280 [2]วท.ม. (สัตววิทยา) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ [3]Ph.D. (Entomology) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : ckat@postmark.net

รับต้นฉบับ 5 มิถุนายน 2544 รับลงพิมพ์ 28 กันยายน 2544

explored. The results showed that the number of individuals of Leptonetidae (P<0.05), Araneae (P<0.05) and Psocoptera (P<0.05) positively correlated with total nitrogen in guano but numbers of Blattellidae (P<0.05) and Blattaria (P<0.05) negatively correlated 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 correlated with organic matters in guano. None of all arthropods correlated 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) and 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.

Key words : arthropod, guano, limestone cave, microchiroptera, megachiroptera

บทคัดย่อ

ดทาวุธ ไชยเทพ[1] ศุภฤกษ์ วัฒนสิทธิ์[2] และ สุรไกร เพิ่มคำ[3]

ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการต่อสังคมอาร์โทรพอดในมูลค้างคาว

ว. สงขลานครินทร์ วทท 2545 24(1) : 15-30

สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูน 6 แห่งในภาคใต้ของไทย 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 29 เมษายน-7 พฤษภาคม 2539 และ ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 - 4 สิงหาคม 2539 จำนวน 4,430 ตัว จาก 32 วงศ์ 13 อันดับ จากการศึกษาความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล และ pH ของมูลไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของวงศ์ 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) 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)

ส่วนผลของประเภทของมูลค้างคาว (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) สำหรับอันตรกริยา (interaction) ระหว่างประเภทของมูลกับแสงนั้นมีผลเฉพาะต่อจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera (P<0.05)

จากการศึกษาในครั้งนี้มีอย่างน้อยหนึ่งปัจจัยที่ไปกำหนดจำนวนวงศ์และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์โดยเฉพาะต่ออาร์โทรพอดที่กินซาก มูลค้างคาวยังถือเป็นแหล่งอาหารและแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในถ้ำเขาหินปูนด้วย

ถ้ำเขาหินปูน (limestone cave) มักมีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างคงที่ แต่ก็มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Bullock, 1965) ด้วยสภาพที่มืดทำให้ไม่มีพืชสีเขียวภายในถ้ำ สภาพทั่วๆ ไป จึงคล้ายกับในดินลึก (Daly *et al*., 1978) สัตว์ที่พบภายในถ้ำเขาหินปูนส่วนใหญ่เป็นสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด (Phylum Arthropoda) ความชื้น อุณหภูมิ และการไหลเวียนของอากาศ มีผลต่อการแพร่กระจายและการเกาะของค้างคาว ทำให้มีผลต่อการแพร่กระจายมูลค้างคาวภายในถ้ำตามไปด้วย และมีผลต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่กินมูลค้างคาวด้วย (Bullock, 1971 ; Tuttle and Stevenson, 1977)

การศึกษาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดภายในถ้ำยังมีน้อยมาก รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องจะดูจากการศึกษาสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยตามพื้นดินหรือพื้นป่าเป็นหลัก เช่น Pearson และ Derr (1986) ได้ศึกษาความชุกชุมของสัตว์ในกลุ่มอาร์-โทรพอดที่อาศัยตามพื้นป่าที่ราบต่ำของประเทศเปรู เปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายภาพ 4 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในดินที่ระดับความลึกประมาณ 5 ซม. โดยวางกับดักแบบหลุม (pitfall trap) ตามพื้นป่า พบว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดส่วนใหญ่ที่พบเป็นด้วง และยังพบสัตว์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมวลชีวภาพโดยรวมในฤดูฝนจะมากกว่าในฤดูร้อน นอกจากนี้ความชุกชุมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดยังเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่ทำการศึกษาด้วย

Lasinio และ Zapparoli (1993) รายงานว่า จำนวนชนิดและจำนวนสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในดินในสวน olive เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและความชื้นในดิน ส่วน Leakey และ Proctor (1987) รายงานว่า ป่าดิบชื้นที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกันไม่มีผลต่อกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยในดินและในกองใบไม้ที่ร่วงหล่น นอกจากนี้ Gannon และ Willic (1995) ได้รายงานว่า จำนวนปรสิตที่เกาะบนตัวของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้และเกสรดอกไม้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศของค้างคาว แต่กลับมีความแตกต่างกันระหว่างวัยของค้างคาว จำนวนปรสิตที่พบบนตัวอ่อนของค้างคาวมากกว่าที่พบบนตัวเต็มวัย อย่างไรก็ดีค้างคาวแต่ละชนิดจะมีกลุ่มของปรสิตที่เกาะเฉพาะตัวแตกต่างกันด้วย

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นได้ว่า ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง และสภาพของแหล่งที่อยู่อาศัย ล้วนมีผลต่อองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดทั้งสิ้น

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลของค้างคาวภายในถ้ำ เปรียบเทียบระหว่างมูลของค้างคาวชนิดที่กินแมลง กับมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้และเกสรดอกไม้ นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่ถูกแสงและที่มืดภายในถ้ำ รวมทั้งพิจารณาดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อชนิด และจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ

วิธีการศึกษา

การเก็บข้อมูลในภาคสนามสองครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บระหว่างวันที่ 29 เดือนเมษายน ถึงวันที่ 4 เดือนพฤษภาคม 2539 และครั้งที่ 2 เก็บระหว่างวันที่ 1 ถึงวันที่ 4 เดือนสิงหาคม 2539 ในระหว่างเวลา 11.00 น. ถึง 13.00 น. จากถ้ำทั้ง 6 แห่ง ที่ได้จากการสำรวจถ้ำต่างๆ ในภาคใต้ตามข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำในประเทศไทยของ Dunkley (1995) โดยเลือกถ้ำที่มีค้างคาวอาศัยอยู่จำนวนมากเพียงพอและไม่มีธารน้ำไหลผ่านแบ่งเป็นถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่ 3 แห่ง (Figure 1) ได้แก่

ถ้ำเขารักเกียรติ	อ.รัตภูมิ	จ.สงขลา
ถ้ำเขานุ้ยบน	อ.รัตภูมิ	จ.สงขลา
ถ้ำหลังเขา	อ.สะเดา	จ.สงขลา

และถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่ 3 แห่ง ได้แก่

ถ้ำระเด่น	อ.สะบ้าย้อย	จ.สงขลา
ถ้ำโต๊ะเนะ	อ.กันตัง	จ.ตรัง
ถ้ำเขาขาว	อ.สะเดา	จ.สงขลา

การตรวจสอบชนิดของค้างคาว ดูจากกระโหลกของซากค้างคาวที่พบในกองมูลค้างคาวบริเวณเดียวกัน โดยอ้างอิงตาม Lekagul และ McNeely (1988)

การเก็บตัวอย่างมูลค้างคาว ภายในถ้ำแต่ละแห่ง โดยสุ่มเก็บมูลจะใช้ quadrat ที่มีลักษณะเป็นกล่องโลหะ

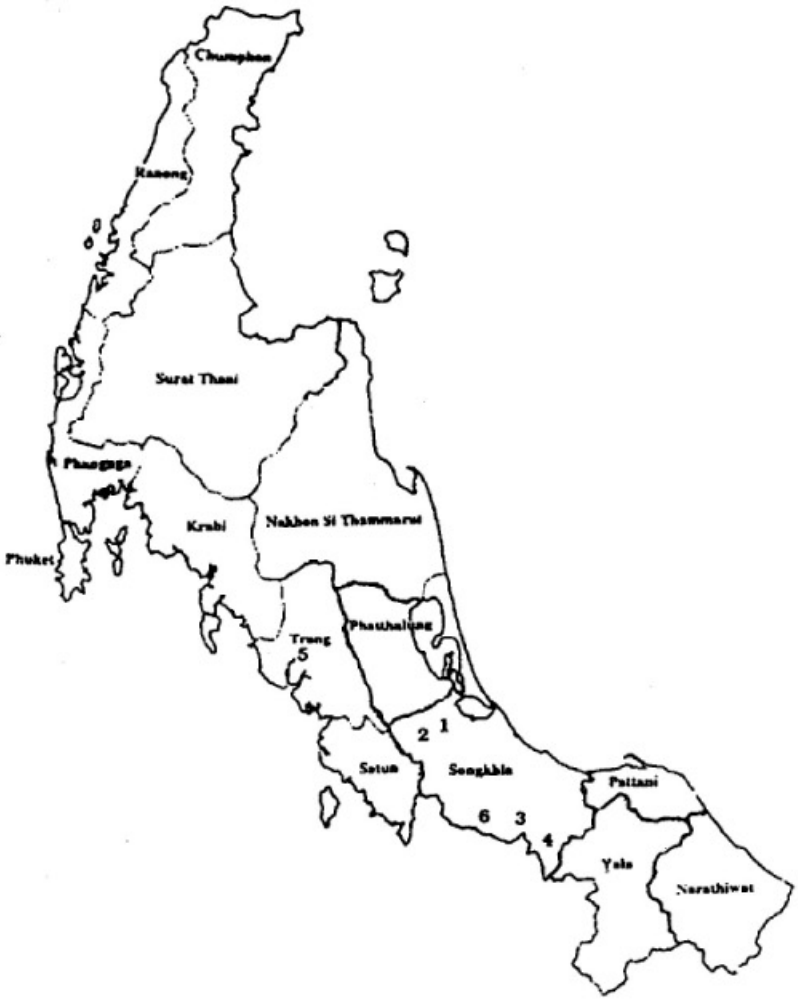

Figure 1. Location of six limestone caves in southern Thailand. 1.Kao rak keat, 2.Kao nui bon, 3.Lung kao, 4.Ra dent, 5. To nae, 6. Kao kaw

สี่เหลี่ยมจัตุรัสหัวท้ายเปิด (Southwood, 1978) ขนาด 15 x 15 ซม. ที่ระดับความลึกไม่เกิน 5 ซม. จากถ้ำเขาหินปูน แต่ละแห่งๆ ละ 8 ถุง ส่วนอีก 1 ถุง ที่เหลือของแต่ละบริเวณนำไปตรวจวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความชื้น pH ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total N) ของมูลค้างคาว

การบันทึกข้อมูลทั่วไปของถ้ำ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ รูปทรงภายในและความลึกของถ้ำ รวมทั้งสภาพพื้นที่รอบๆ ถ้ำ เช่น สวนผลไม้ ทุ่งนา ป่าดงดิบ เป็นต้น

การดักแยกสัตว์โดยใช้กรวยดักแมลงแบบเบอร์ลิส ประมาณ 24 ชั่วโมง เก็บในแอลกอฮอล์ 70% แล้วนำไปจำแนกถึงระดับวงศ์ (Family) โดยอ้างอิงตามหนังสือดังนี้

1. Borror *et al.* (1989) และ CSIRO (1970) สำหรับตัวเต็มวัยของแมงมุมและแมลง

2. Chu และ Cutkomp (1992) สำหรับตัวอ่อนของแมลง

3. Krantz (1978) สำหรับตัวเต็มวัยของเห็บไร

สำหรับชนิดของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่ไม่ทราบชื่อจะใส่ unknown ไว้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. หาสหสัมพันธ์ (Correlation) ของจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวรวม และจำนวนตัวในแต่ละวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลค้างคาว ในถ้ำทั้ง 6 แห่งกับตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล ความเป็นกรดด่างของมูล ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูล และปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาว โดยใช้วิธี Spearman rank correlation coefficient (rs) ในโปรแกรม SPSS for Windows V.6

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

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

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

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายในถ้ำ และค่าองค์ประกอบทางเคมีบางประการของมูลค้างคาวดังแสดงผลใน Table 1 และชนิดของค้างคาว ดังแสดงใน Table 2 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับจำนวนอาร์โทรพอดในมูลค้างคาวภายในถ้ำ สามารถอธิบายผลได้ดังนี้

1. อุณหภูมิภายในถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมด ค่อนข้างต่ำ มีความผันแปรน้อย กล่าวคือ ถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.72±0.29 °C ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.4±0.41 °C และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บครั้งที่ 1 (27.21 °C) และครั้งที่ 2 (28.15 °C) (Table 1) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bullock (1963) และ Ashmole *et al*. (1992) ซึ่งพบว่า ถ้ำเขาหินปูนมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ และไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันมากนัก แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลบ้าง โดยเฉพาะบริเวณที่ถูกแสง ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากถ้ำ จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.85 °C สูงกว่าบริเวณที่มืด ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.51 °C เนื่องจากอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกถ้ำ เช่น กระแสลม (Gobbett, 1965) ทำให้อุณหภูมิบริเวณดังกล่าวมีความผันแปรสูงกว่าบริเวณที่มืดที่อยู่ลึกเข้าไปภายในถ้ำ จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิภายในถ้ำไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (Table 3) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อสัตว์ โดยเฉพาะกลุ่มเห็บไร

2. ความชื้นสัมพัทธ์ภายในถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมดค่อนข้างสูงมาก มีความผันแปรน้อย กล่าวคือ ถ้ำที่มีค้างคาวกินแมลงอาศัยอยู่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.50 ±1.65% ถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 84.73±1.71% แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาบ้าง (ครั้งที่ 1 $\bar{x}$ = 86.75% และ ครั้งที่ 2 $\bar{x}$ = 82.48%) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bullock (1963) ซึ่งพบว่า ถ้ำเขาหินปูนมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง และไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันมากนัก แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลบ้าง โดยเฉพาะบริเวณที่ถูกแสง ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากถ้ำ จะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 83.33% ต่ำกว่าบริเวณที่มืด ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85.90% อาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกถ้ำ เช่น ปริมาณน้ำฝนและกระแสลม (Gobbett, 1965) ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลเช่นเดียวกับอุณหภูมิ (Pearson and Derr, 1986)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (Table 3) สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ภายในถ้ำเป็นกลุ่มที่สามารถทนต่อความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ ได้ดี (Daly *et al*., 1978)

3. ความชื้นของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บได้จากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรสูง กล่าวคือ ความชื้นของมูลค้างคาวกินแมลงเฉลี่ย 26.12±3.14% และ ความชื้น

Table 1. Mean (±S.E.) of temperature of cave, relative humidity of cave, moisture of guano, pH of guano, %total nitrogen of guano, %organic matter of guano. Samples were collected in Microchiroptera bat guano and Megachiroptera bat guano from 6 limestone caves. (n = 24)

cave	zone	period	Temperature of cave (°C)	relative humidity of cave (%)	moisture of guano (%)	pH of guano	total nitrogen of guano (%)	organic matter of guano (%)
Kao rak keat	light	1	28.50	84.00	21.74	4.83	6.81	41.48
	light	2	28.10	79.00	48.20	5.04	6.22	30.77
	dark	1	27.20	86.00	21.59	6.43	6.93	39.35
	dark	2	29.40	74.00	15.98	6.86	4.02	21.07
Kao nui bon	light	1	27.30	85.00	24.71	4.67	2.71	15.29
	light	2	28.30	84.00	20.39	5.89	2.47	17.34
	dark	1	27.10	93.00	19.94	6.21	2.87	12.51
	dark	2	28.10	84.00	46.75	4.88	5.07	14.56
Lung kao	light	1	26.30	91.00	18.87	6.83	2.04	10.01
	light	2	28.90	77.00	25.01	5.44	2.68	10.28
	dark	1	26.20	91.00	17.44	5.77	3.29	12.91
	dark	2	27.20	86.00	32.84	4.74	5.75	20.84
mean (±S.E.)			27.72(±0.29)	84.50(±1.65)	26.12(±3.14)	5.63(±0.24)	4.24(±0.52)	20.53(±3.15)
Ra den	light	1	25.00	95.00	30.37	5.90	4.42	33.51
	light	2	27.20	86.00	38.59	5.80	5.13	29.39
	dark	1	24.90	94.00	30.75	5.20	4.60	31.25
	dark	2	26.90	88.80	37.23	4.72	2.46	22.84
To nae	light	1	28.40	82.00	14.61	7.29	5.96	44.21
	light	2	28.10	85.00	38.71	6.80	5.01	24.36
	dark	1	28.10	82.00	27.81	6.19	7.98	49.54
	dark	2	28.50	86.00	48.98	5.54	8.97	36.84
Kao kaw	light	1	29.20	75.00	21.78	7.00	5.32	38.24
	light	2	28.90	77.00	24.47	7.40	3.25	11.63
	dark	1	28.30	83.00	40.94	7.81	2.85	28.82
	dark	2	28.20	83.00	23.67	6.30	1.62	8.08
mean (±S.E.)			27.64 (±0.41)	84.73(±1.71)	31.49(±2.80)	6.33(±0.27)	4.80(±0.62)	29.89(±3.50)

Table 2. Mean (±SE.) number of family, total number of arthropods and number of individual in each order. Samples were collected in Microchiroptera bat guano (n = 18) and Megachiroptera bat guano (n = 18) from 6 limestone caves.

Taxonomic group	Microchiroptera bat guano		Megachiroptera bat guano	
	Light zone mean±SE.	Dark zone mean±SE.	Light zone mean±SE.	Dark zone mean±SE.
Total famileis	3.67±0.62	4.94±0.64	6.39±1.21	5.11±0.84
Total number	82.72±33.49	55.72±19.16	50.50±14.73	44.94±16.27
Class Arachnida				
Order Araneae	0.00±0.00	0.00±0.00	1.11±0.73	0.22±0.17
Family Clubionidae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.07	0.00±0.00
Family Leptonetidae	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00±0.56	0.22±0.17
Order Pseudoscorpiones	0.56±0.41	2.00±1.31	0.67±0.34	0.06±0.06
Order Acari	63.50±13.56	23.73±13.77	34.99±18.32	27.50±14.29
Family Uropodidae	54.78±28.14	11.83±6.40	6.17±3.34	11.11±6.37
Family Laelapidae	0.00±0.00	0.00±0.00	12.67±7.10	2.28±1.40
Family Cheyletidae	0.00±0.00	0.00±0.00	1.94±1.08	0.00±0.00
Family Smaridídae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.07	0.00±0.00
Family Argasidae	6.44±3.01	7.28±4.06	4.44±1.53	12.44±5.50
Superfamily Prothoplophoroidea	2.28±1.31	4.67±3.32	5.44±3.48	1.67±1.02
Superfamily Ctenacaroidea	0.00±0.00	0.00±0.00	1.72±1.72	0.00±0.00
Class Hexapoda				
Order Collembola	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.11	0.78±0.72
Family Entomobryidae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.11	0.78±0.72
Order Blattaria	0.00±0.00	0.06±0.06	0.11±0.11	0.33±0.02
Family Blattellidae	0.00±0.00	0.06±0.06	0.11±0.11	0.33±0.02
Order Hemiptera	0.00±0.00	0.00±0.00	0.17±0.12	0.00±0.00
Family Anthocoridae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.17±0.12	0.00±0.00
Order Thysanoptera	0.00±0.00	0.06±0.06	0.00±0.00	0.00±0.00
Family Phlaeothripidae	0.00±0.00	0.06±0.06	0.00±0.00	0.00±0.00
Order Psocoptera	0.06±0.06	0.00±0.00	4.11±2.23	1.34±0.79
Family Sphaeropsocidae	0.06±0.06	0.00±0.00	2.39±1.18	0.78±0.46
Family Liposcelidae	0.00±0.00	0.00±0.00	1.72±1.05	0.56±0.33
Order Neuroptera	0.00±0.00	0.17±0.08	0.00±0.00	0.00±0.00
Family Myrmeleontidae	0.00±0.00	0.17±0.08	0.00±0.00	0.00±0.00
Order Coleoptera	17.11±7.96	22.27±10.71	9.27±5.08	2.05±1.46
Family Dermestidae	5.22±2.31	10.28±3.85	3.33±1.69	1.00±0.72
Family Staphylinidae	11.17±4.98	9.33±5.14	5.11±2.83	0.00±0.00
Family Carabidae	0.00±0.00	0.06±0.06	0.00±0.00	0.72±0.46
Family Scarabaeidae ?	0.67±0.67	2.22±1.37	0.00±0.00	0.00±0.00
Family Tenebrionidae	0.00±0.00	0.33±0.23	0.33±0.23	0.11±0.11
Family Alleculidae	0.06±0.06	0.06±0.06	0.50±0.32	0.22±0.17

(continued)

Table 2. (Continued)

Taxonomic group	Microchiroptera bat guano		Megachiroptera bat guano	
	Light zone mean±SE.	Dark zone mean±SE.	Light zone mean±SE.	Dark zone mean±SE.
Order Diptera	0.00±0.00	0.00±0.00	0.12±0.12	0.17±0.17
Family Phoridae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.11
Family Chironomidae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.06±0.06	0.06±0.06
Family Ceratopogonidae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.06±0.06	0.00±0.00
Order Lepidoptera	0.67±0.47	1.06±0.74	2.89±1.58	12.11±6.78
Family Tineidae	0.67±0.47	1.06±0.74	2.89±1.58	12.11±6.78
Order Hymenoptera	0.61±0.33	0.39±0.33	0.51±0.41	0.78±0.50
Family Formicidae	0.61±0.33	0.39±0.33	0.17±0.13	0.78±0.50
Family Bethylidae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.28±0.22	0.00±0.00
Family Chalcididae	0.00±0.00	0.00±0.00	0.06±0.06	0.00±0.00

ของมูลค้างคาวกินผลไม้เฉลี่ย 31.49±2.80% (Table 1) อาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความชื้นในดินซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำฝน (Tauber *et al.*, 1994) อาจจะส่งผลต่อความชื้นในมูลค้างคาวก็เป็นได้ นอกจากนั้นความชื้นในดินยังมีผลต่อความชุกชุมของสัตว์ด้วย (Pearson and Derr, 1986) อย่างไรก็ดีความชื้นของมูลค้างคาวมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลาในการเก็บเช่นกัน (ครั้งที่ 1 $\bar{x}$ = 24.21% และ ครั้งที่ 2 $\bar{x}$ = 33.40%) จากการศึกษา พบว่า ความชื้นของมูลค้างคาวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (Table 3) Mason (1976) และ Thompson (1984) กล่าวว่า ความชื้นในกองซากอินทรีย์มีผลต่อการแพร่กระจายและความหลากหลายของแมลง

4. pH ของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บมาจากถ้ำเขาหินปูนที่วัดได้ทั้งหมด พบว่า มูลของค้างคาวกินแมลงมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด (pH $\bar{x}$ = 5.63±0.24) สำหรับมูลของค้างคาวกินผลไม้มีสภาพค่อนข้างเป็นกลางมากกว่า (pH $\bar{x}$ = 6.33±0.27) และ pH จากมูลค้างคาวที่วัดได้ทั้งหมดมีความผันแปรน้อย จากการศึกษาพบว่า pH ของมูลค้างคาวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับจำนวนตัวของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ (Table 3) แต่ pH ทำให้ความหลากหลายของสัตว์ลดลงตามไปด้วย (Seastedt, 1984 ; Begon *et al.*, 1990)

5. ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรพอควร กล่าวคือ มูลของค้างคาวกินแมลงมีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 4.24 ±0.52% มูลของค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 4.80±0.62% ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายซากอินทรีย์ และ mineralization ของจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน (Seastedt, 1984) จากการศึกษา พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก กับจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae (Table 3) ซึ่งเป็นแมงมุมขนาดเล็ก หากินโดยการจับเหยื่อขนาดเล็กบริเวณบนกองมูลเท่านั้น และปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลยังมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนตัวของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ Blattellidae (Table 3) ซึ่งกินซากอินทรีย์และกินไข่ของแมลงเป็นอาหาร (Borror *et al.*, 1989) ดังนั้นในมูลค้างคาวที่กินผลไม้ซึ่งมีไนโตรเจนสูง จึงพบองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดมาก

6. ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่สุ่มเก็บจากถ้ำเขาหินปูนทั้งหมด มีความผันแปรสูง มูลของค้างคาวกินผลไม้มีอินทรียวัตถุ ($\bar{x}$ = 29.89±3.50%) สูงกว่ามูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 20.53±3.15%) อาจเพราะผลไม้มีคาร์บอนและกากใยมากกว่าแมลง แต่ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายซากอินทรีย์ของจุลินทรีย์

Table 3. Spearman rank correlation coefficient (r_s) of total familes, total number and number in each family of arthropods found in the bat guano correlated with temperature of cave, relative humidity of cave, moisture of guano, pH of guano, %total nitrogen of guano, %organic matter of guano. Except unknown family (*= P<0.05, **= P<0.01, ns =non significant)

r_s value	Temperature of cave (n = 24)	Relative humidity of cave (n = 24)	Moisture of guano (n = 24)	pH of guano (n = 24)	Total nitrogen of guano (n = 24)	Organic matter of guano (n = 24)
Total familes	- 0.04ns	0.04ns	- 0.26ns	0.17ns	0.39ns	**0.49***
Total number	0.12ns	- 0.15ns	- 0.36ns	0.02ns	- 0.05ns	0.21ns
Class Arachnida						
Order Araneae	0.21ns	- 0.12ns	0.34ns	0.19ns	**0.45***	**0.40***
Family Clubionidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Family Leptonetidae	0.21ns	- 0.12ns	0.34ns	0.18ns	**0.45***	**0.40***
Order Pseudoscorpiones	0.06ns	- 0.14ns	- 0.17ns	- 0.01ns	- 0.01ns	0.01ns
Order Acari	- 0.04ns	0.12ns	- 0.32ns	- 0.06ns	- 0.12ns	0.15ns
Family Uropodidae	0.03ns	- 0.03ns	- 0.17ns	- 0.02ns	0.04ns	0.05ns
Family Laelapidae	- 0.16ns	0.07ns	0.13s	0.16ns	0.12ns	**0.53****
Family Cheyletidae	0.02ns	0.00ns	- 0.03ns	0.20ns	0.09ns	0.28ns
Family Smaridídae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Family Argasidae	- 0.29ns	0.25ns	- 0.38ns	- 0.16ns	- 0.06ns	0.14ns
Superfam. Prothoplophoroidea	- 0.18ns	0.24ns	- 0.25ns	- 0.02ns	0.30ns	0.19ns
Superfam. Ctenacaroidea	0.17ns	- 0.18ns	- 0.35ns	0.29ns	0.19ns	0.32ns
Class Hexapoda						
Order Collembola	0.15ns	- 0.29ns	- 0.23ns	- 0.27ns	- 0.07ns	0.18ns
Family Entomobryidae	0.15ns	- 0.29ns	- 0.23ns	- 0.27ns	- 0.07ns	0.18ns
Order Blattaria	- 0.37ns	0.37ns	0.15ns	0.08ns	**- 0.43***	- 0.09ns
Family Blattellidae	- 0.37ns	0.37ns	0.15ns	0.08ns	**- 0.43***	- 0.09ns
Order Hemiptera	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Family Anthocoridae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Order Thysanoptera	- 0.19ns	0.29n	- 0.23ns	0.08ns	- 0.14ns	- 0.23ns
Family Phlaeothripidae	- 0.19ns	0.29ns	- 0.23ns	0.08ns	- 0.14ns	- 0.23ns

(continued)

Table 3. (Continued)

r_s value	Temperature of cave (n = 24)	Relative humidity of cave (n = 24)	Moisture of guano (n = 24)	pH of guano (n = 24)	Total nitrogen of guano (n = 24)	Organic matter of guano (n = 24)
Order Psocoptera	0.12ns	- 0.08ns	0.18ns	0.23ns	**0.42***	**0.55****
Family Sphaeropsocidae	- 0.04ns	0.09ns	0.25ns	0.11ns	0.37ns	**0.47***
Family Liposcelidae	0.27ns	- 0.37ns	- 0.09ns	0.40ns	0.38ns	**0.49***
Order Neuroptera	0.17ns	- 0.18ns	- 0.14ns	- 0.03ns	- 0.08ns	- 0.09ns
Family Myrmeleontidae	0.17ns	- 0.18ns	- 0.14ns	- 0.03ns	- 0.08ns	- 0.09ns
Order Coleoptera	- 0.19ns	0.13ns	- 0.26ns	- 0.33ns	0.17ns	0.09ns
Family Dermestidae	- 0.03ns	- 0.03ns	- 0.23ns	- 0.23ns	0.37ns	0.24ns
Family Staphylinidae	- 0.23ns	0.21ns	- 0.24ns	- 0.31ns	0.02ns	- 0.05ns
Family Carabidae	- 0.07ns	- 0.02ns	0.09ns	0.17ns	- 0.30ns	- 0.05ns
Family Scarabaeidae ?	- 0.09ns	0.07ns	- 0.06ns	- 0.14ns	- 0.21ns	- 0.36ns
Family Tenebrionidae	0.05ns	- 0.19ns	- 0.24ns	0.18ns	0.02ns	0.03ns
Family Alleculidae	- 0.23ns	0.28ns	0.00ns	- 0.02ns	0.32ns	**0.52****
Order Diptera	0.05ns	- 0.18ns	- 0.02ns	0.15ns	0.07ns	0.22ns
Family Phoridae	- 0.19ns	0.14ns	0.02ns	- 0.04ns	- 0.24ns	- 0.13ns
Family Chironomidae	0.23ns	- 0.36ns	- 0.04ns	0.22ns	0.33ns	**0.41***
Family Ceratopogonidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Order Lepidoptera	0.14ns	- 0.09ns	- 0.08ns	0.09ns	0.12ns	0.26ns
Family Tineidae	0.14ns	- 0.09ns	- 0.08ns	0.09ns	0.12ns	0.26ns
Order Hymenoptera	- 0.08ns	0.12ns	- 0.20ns	- 0.00ns	0.30ns	**0.54****
Family Formicidae	- 0.24ns	0.27ns	- 0.16ns	- 0.11ns	0.26ns	**0.47***
Family Bethylidae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns
Family Chalcididae	0.32ns	- 0.32ns	- 0.11ns	0.26ns	0.14ns	0.23ns

ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปริมาณความชื้นและอุณหภูมิ (Mason, 1976) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนวงศ์รวมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด (Table 3) เนื่องจากมูลค้างคาวเป็นอาหารหลักของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยภายในถ้ำ (Bullock, 1965 ; Daly *et al*., 1978)

นอกจากนั้นปริมาณอินทรียวัตถุของมูลยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับไรวงศ์ Laelapidae ซึ่งกินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Krantz, 1978) ยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงในอันดับ Psocoptera วงศ์ Liposcelidae และ Sphaeropsocidae ซึ่งกินซากอินทรีย์และเชื้อราเป็นอาหาร (Borror *et al*., 1989) รวมทั้งยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Alleculidae แมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Chironomidae และ มด (Table 3) จากการศึกษาของ Brust และ House (1990) พบว่า ด้วงวงศ์ Chrysomelidae ชอบวางไข่ในดินมีอินทรียวัตถุสูง เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารของตัวอ่อน นอกจากนี้ยังมีแมลงที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากมูลสัตว์ โดยใช้เป็นแหล่งอาหารและแหล่งอนุบาลตัวอ่อน ได้แก่ ด้วง มด และแมลงในอันดับ Diptera (Thompson, 1984)

อย่างไรก็ดีข้อสังเกตประการหนึ่งก็คือ ไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์กับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาวภายในถ้ำ จึงสนับสนุนให้เห็นว่า คุณภาพและปริมาณของอาหาร เป็นปัจจัยทางกายภาพในระดับจุลภาคที่สำคัญต่อสัตว์ (Mason, 1976) ส่วนปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่น่าสนใจศึกษา เช่น กระแสลมที่เข้าออกจากถ้ำ ก็มีรายงานว่ามีผลต่อการกระจายของสัตว์ (Romoser and Stoffolana, 1994 ; Lovei and Sunderland, 1996)

7. จำนวนวงศ์รวมของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด ประเภทของมูลค้างคาวเพียงอย่างเดียว มีผลต่อจำนวนวงศ์รวมทั้งหมด (Table 4) จากการศึกษาพบว่า สัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่ไม่พบในมูลของค้างคาวกินแมลง ได้แก่ แมงมุมวงศ์ Clubionidae แมงมุมวงศ์ Leptonetidae ไรวงศ์ Laelapidae ไรวงศ์ Cheyletidae ไรวงศ์ Smaridae ไรวงศ์ใหญ่ Ctenacaroidea แมลงหางดีดวงศ์ Entomobryidae มวนวงศ์ Anthocoridae แมลงในอันดับ Psocoptera วงศ์ Liposcelidae แมลงในอันดับ Diptera วงศ์ Phoridae วงศ์ Chironomidae และวงศ์ Ceratopogonidae รวมทั้งแตนเบียนวงศ์ Bethylidae และ Chalcididae อาจเนื่องจากมูลของค้างคาวกินแมลงมีอินทรียวัตถุและไนโตรเจนน้อยกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ จึงทำให้มีจำนวนวงศ์น้อยกว่าในมูลของค้างคาวที่กินผลไม้

Netto (1989) ก็พบว่า ไรวงศ์ Laelapidae ด้วงในวงศ์ Dermestidae และ วงศ์ Leiodidae และผีเสื้อกลางคืนวงศ์ Tineidae มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้ และมูลของค้างคาวชนิดที่กินเลือดบางชนิดจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินผลไม้เพียงอย่างเดียว และบางชนิดจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมูลของค้างคาวชนิดที่กินเลือดเพียงอย่างเดียว โดยไม่พบในมูลของค้างคาวประเภทอื่นเลย จากการศึกษาครั้งนี้ก็แสดงผลคล้ายกันคือ มูลค้างคาวเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการกระจายวงศ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอด

8. อันดับ Aranaea พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของแมงมุมวงศ์ Leptonetidae อาจเป็นเพราะแมงมุมวงศ์ Leptonetidae เป็นแมงมุมขนาดเล็ก สร้างใยแมงมุมเป็นโพรงเล็กๆ ตามพื้นดินไว้ดักเหยื่อ และสามารถพบได้ตามถ้ำ (Borror *et al*., 1989)

9. อันดับ Acari พบว่า ประเภทของมูล มีผลต่อจำนวนตัวของไรวงศ์ Laelapidae (Table 4) โดยทั่วไปไรวงศ์นี้ดำรงชีวิตแบบกินซากอินทรีย์เป็นอาหาร โดยจะพบเฉพาะในมูลค้างคาวที่กินผลไม้เท่านั้น

สำหรับเห็บอ่อนวงศ์ Argasidae พบในบริเวณที่มีค้างคาวเกาะรวมกลุ่มกันหนาแน่น แม้ว่าจะพบในการเก็บครั้งที่ 1 มากกว่าในครั้งที่ 2 (Table 2) เนื่องจากในการเก็บครั้งที่ 1 ตรงกับช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงฤดูผสมพันธุ์ของค้างคาว โดยทั่วไปค้างคาวจะตั้งท้องภายในเดือนเมษายนและมีลูกอ่อนภายในเดือนพฤษภาคม จึงทำให้เห็บอ่อนวงศ์ Argasidae ล่วงหล่นลงสู่พื้นล่างมากขึ้นตามไปด้วย (Lekagul and McNeely, 1988)

10. อันดับ Blattaria พบว่า แมลงสาบวงศ์ Blattellidae ประเภทของมูลเป็นปัจจัยเดียวที่มีผลต่อจำนวนตัวของแมลงสาบวงศ์นี้ (Table 4) ซึ่งกินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร พบในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x} = 0.44$ ตัว)

Table 4. F - values and significance level (P) in 2-way ANOVA) of total familes, Total number, number in each family of arthropods found in the bat guano compared between guano type and light zone. Data transform in Log (x +1) except unknown family. (n = 18) (* = P<0.05, ** = P<0.01, ns = non significant)

Taxonomic group	Source of variances		
	Guano type	light	Guano type x light
Total familes	**4.37***	0.00ns	3.42ns
Total number	1.11ns	0.64ns	0.28ns
Class Arachnida			
Order Araneae	**11.51****	3.47ns	3.47ns
Family Clubionidae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
Family Leptonetidae	7.24**	2.93ns	2.39ns
Order Pseudoscorpiones	2.36ns	0.00ns	2.36ns
Order Acari	0.15ns	0.08ns	0.40ns
Family Uropodidae	2.91ns	1.73ns	2.74ns
Family Laelapidae	**5.32***	2.57ns	2.57ns
Family Cheyletidae	2.89ns	2.89ns	2.89ns
Family Smaridídae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
Family Argasidae	0.18ns	1.43ns	0.94ns
Superfam. Prothoplophoroidea	0.00ns	0.09ns	1.90ns
Superfam. Ctenacaroidea	1.00ns	1.00ns	1.00ns
Class Hexapoda			
Order Collembola	1.74ns	0.98ns	0.98ns
Family Entomobryidae	1.74ns	0.98ns	0.98ns
Order Blattaria	**4.44***	2.92ns	1.05ns
Family Blattellidae	**4.44***	2.92ns	1.05ns
Order Hemiptera	1.89ns	1.89ns	1.89ns
Family Anthocoridae	1.89ns	1.89ns	1.89ns
Order Thysanoptera	1.00ns	1.00ns	1.00ns
Family Phlaeothripidae	1.00ns	1.00ns	1.00ns
Order Psocoptera	**29.44****	**6.15***	**4.93***
Family Sphaeropsocidae	**11.55****	3.32ns	2.89ns
Family Liposcelidae	**4.29***	1.13ns	1.13ns
Order Neuroptera	3.40ns	3.40ns	3.40ns
Family Myrmeleontidae	3.40ns	3.40ns	3.40ns
Order Coleoptera	**18.38****	0.29ns	3.77ns
Family Dermestidae	**8.83****	0.53ns	3.87ns
Family Staphylinidae	**7.67****	1.56ns	0.35ns
Family Carabidae	3.72ns	**5.06***	3.72ns
Family Scarabaeidae ?	3.57ns	1.04ns	1.04ns
Family Tenebrionidae	0.24ns	0.24ns	2.00ns
Family Alleculidae	3.22ns	0.67ns	0.67ns

(continued)

Table 4. (Continued)

Taxonomic group	Source of variances		
	Guano type	light	Guano type x light
Order Diptera	**4.08***	0.39ns	0.39ns
Family Phoridae	2.13ns	2.13ns	2.13ns
Family Chironomidae	2.00ns	0.00ns	0.00ns
Family Ceratopogonidae	1.00ns	1.00ns	1.00ns
Order Lepidoptera	**4.78***	2.51ns	2.12ns
Family Tineidae	**4.78***	2.51ns	2.12ns
Order Hymenoptera	0.68ns	0.01ns	0.49ns
Family Formicidae	0.01ns	0.39ns	1.83ns
Family Bethylidae	1.51ns	1.51ns	1.51ns
Family Chalcididae	1.00ns	1.00ns	1.00ns

มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 0.06 ตัว) เพราะว่าถ้ำที่มีค้างคาวกินผลไม้อาศัยอยู่มีความหนาของกองมูลมากกว่า ซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารและที่หลบภัยของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นถ้ำที่มีขนาดใหญ่และลึกมาก แมลงสาบวงศ์นี้ใช้อาศัยหลบอยู่ตามซอกหลืบของผนังถ้ำ (Daly *et al*., 1978) จากการสังเกตในภาคสนามพบตัวอ่อนของแมลงสาบหลบซ่อนตามกองมูล ดังนั้นมูลค้างคาวจึงเป็นทั้งแหล่งอาหารและที่หลบภัยของตัวอ่อนแมลงสาบวงศ์ Blattellidae ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีผลเลย เนื่องจากแมลงสาบเป็นแมลงที่พบได้เกือบทุกที่ และสามารถปรับตัวในเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี (Borror *et al*., 1989)

11. อันดับ Psocoptera พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวเพียงอย่างเดียว มีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของวงศ์ Sphaeropsocidae (Table 4) โดยพบในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$ = 3.17 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 0.06 ตัว) (Table 2) นอกจากนั้นเมื่อดูปริมาณไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุของมูล พบว่า ในมูลของค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนรวมและอินทรียวัตถุมากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง (Table 1) และปริมาณอินทรียวัตถุที่มากจะพบจำนวนตัวของวงศ์ Sphaeropsocidae มากตามไปด้วย (Table 3) เนื่องจากแมลงวงศ์ดังกล่าวชอบอาศัยอยู่ในกองซากอินทรีย์ กินซากอินทรีย์และเชื้อราเป็นอาหาร (Villani and Wright, 1990)

สำหรับวงศ์ Liposcelidae พบว่า ประเภทของมูล มีผลต่อจำนวนตัวของแมลงวงศ์นี้เช่นกัน (Table 4) ซึ่งจะพบวงศ์ Liposcelidae เฉพาะในมูลของค้างคาวกินผลไม้เท่านั้น (Table 2) จึงสนับสนุนได้ว่า ประเภทของมูลมีผลต่อจำนวนตัวของแมลงวงศ์นี้จริง โดยทั่วไปวงศ์ Liposcelidae ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่สูง (Borror *et al*., 1989) จากการศึกษาพบว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้มีความชื้นของมูล (31.49%) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินแมลง (26.12%) นอกจากนั้นการหาความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวกับจำนวนตัวของวงศ์ Liposcelidae พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวที่มาก จะพบจำนวนตัวของวงศ์ Liposcelidae มากตามไปด้วย (Table 3) ดังนั้นประเภทของมูลจึงมีผลต่อแมลงวงศ์นี้จริง

12. อันดับ Coleoptera พบว่า ประเภทของมูลมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Dermestidae (Table 4) ซึ่งโดยทั่วไปทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเป็นแมลงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror *et al*., 1989) จากการศึกษาพบตัวอ่อนด้วงวงศ์นี้ในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 15.50 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$ = 4.33 ตัว) อาจเป็นเพราะว่าในมูลค้างคาวกินผลไม้มีผู้ล่า ได้แก่ ด้วงวงศ์ Carabidae มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง ดังนั้นจึงพบด้วงวงศ์ Dermestidae ในมูลค้างคาวกินแมลงมากกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Netto

(1989) ซึ่งพบว่า ด้วงในวงศ์ Dermestidae จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับประเภทของมูลของค้างคาว เนื่องจากมูลค้างคาวจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Mason, 1976) แสดงว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์นี้จริง

สำหรับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Staphylinidae ประเภทของมูลค้างคาวเพียงปัจจัยเดียวมีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนตัวของตัวอ่อนด้วงวงศ์นี้ (Table 4) โดยทั่วไปด้วงวงศ์ Staphylinidae เป็นแมลงที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror *et al*., 1989) จากการศึกษาพบจำนวนตัวอ่อนของด้วงวงศ์นี้ในมูลของค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 20.50 ตัว) มากกว่าในมูลของค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$ = 5.11 ตัว) อาจเป็นเพราะว่าในมูลค้างคาวกินผลไม้มีผู้ล่า ได้แก่ ด้วงวงศ์ Carabidae มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง ดังนั้นจึงพบด้วงวงศ์ Staphylinidae ในมูลค้างคาวกินแมลงมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Mason (1976) ที่ว่าอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร

สำหรับตัวอ่อนของด้วงวงศ์ Carabidae ปัจจัยของแสงมีผลต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์นี้ (Table 4) จากการศึกษาพบตัวอ่อนของด้วงวงศ์นี้ เฉพาะในบริเวณที่มืด โดยทั่วไปด้วงวงศ์ Carabidae เป็นด้วงที่ดำรงชีวิตแบบผู้ล่า (Borror *et al*., 1989) สามารถปรับตัวให้อาศัยอยู่ได้ในสภาพพื้นที่หลายแบบ ชอบวางไข่หลบซ่อนตามพื้นดินและซอกหลืบต่างๆ และปริมาณอาหาร เช่น ตัวอ่อนของแมลงต่างๆ มีผลต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของด้วงวงศ์นี้ (Lovei and Sunderland, 1996) และด้วงวงศ์นี้ ชอบอาศัยในบริเวณที่มืดเนื่องจากมีพฤติกรรมหนีแสงเช่นเดียวกับจิ้งโครง่ ที่อาศัยภายในถ้ำ (Daly *et al*., 1978) จึงสนับสนุนให้เห็นว่า แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อจำนวนตัวของด้วงวงศ์ Carabidae จริง

13. อันดับ Lepidoptera พบว่า ประเภทของมูลเพียงปัจจัยเดียวมีผลต่อจำนวนตัวของตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนเจาะผ้าวงศ์ Tineidae (Table 4) โดยทั่วไปผีเสื้อหนอนเจาะผ้าวงศ์นี้กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร (Borror *et al*., 1989) จากการศึกษาพบตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืนวงศ์นี้ในมูลค้างคาวกินผลไม้ ($\bar{x}$ = 15.00 ตัว) มากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง ($\bar{x}$ = 1.73 ตัว) (Table 2) เนื่องจากในมูลค้างคาวกินผลไม้มีปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุมากกว่าในมูลค้างคาวกินแมลง (Table 3) สอดคล้องกับ Mason (1976) ที่ว่า อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสังคมสัตว์ที่กินซากอินทรีย์เป็นอาหาร ดังนั้นประเภทของมูลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืนวงศ์นี้

สรุป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดกับปัจจัยทางกายภาพ ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิของถ้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของถ้ำ ความชื้นของมูล และ pH ของมูลไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่อาศัยอยู่ในมูลค้างคาว แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae และ Psocoptera

นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนรวมของมูลค้างคาว มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับจำนวนตัวของวงศ์ Blattellidae และ อันดับ Blattaria สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุของมูลค้างคาวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae Sphaeropsocidae Liposcelidae Alleculidae Chironomidae และ Formicidae รวมทั้งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนตัวในอันดับ Araneae Psocoptera และ Hymenoptera

เมื่อเปรียบเทียบผลของประเภทของมูลค้างคาว (มูลของค้างคาวกินแมลงและมูลของค้างคาวกินผลไม้) กับ แสง (บริเวณที่มีแสงและที่มืด) ต่อสัตว์ในกลุ่มอาร์โทรพอดที่พบในมูลของค้างคาว พบว่า ประเภทของมูลค้างคาวมีผลต่อจำนวนวงศ์รวม จำนวนตัวของวงศ์ Leptonetidae Laelapidae Blattellidae Sphaeropsocidae Liposcelidae Dermestidae Staphylinidae และ Tineidae รวมทั้งจำนวนตัวในอันดับ Araneae Blattaria Psocoptera Coleoptera Lepidoptera และ Diptera และแสงมีผลต่อจำนวนตัวของวงศ์ Carabidae และ อันดับ Psocoptera สำหรับอันตรกริยาระหว่างประเภทของมูลกับแสงมีผลต่อจำนวนตัวของอันดับ Psocoptera เพียงอย่างเดียว

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

เอกสารอ้างอิง

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.

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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.

Southwood, T. R. E. 1978. Ecological methods. 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.