BRT 542090

ชีวประวัติและอัตราผลิตชั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera: Calamoceratidae) ในลำธารที่แตกต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

เพ็ญแข ธรรมเสนานุกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมษายน 2544

An28

17 W.A. 2544

ชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera: Calamoceratidae) ในลำธารที่แตกต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมษายน 2544

ชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ
(Trichoptera: Calamoceratidae) ในลำธารที่แตกต่างกัน
บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย
จังหวัดเชียงใหม่

เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
อาจารย์ ดร. พรทิพย์ จันทรมงคล

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นริทธิ์ สีตะสุวรรณ

.....กรรมการ
รองศาสตราจารย์ เสาวภา สนธิไชย

4 เมษายน 2544

© ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.พรทิพย์ จันทรมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นริทธิ์ สีตะสุวรรณ และรองศาสตราจารย์ เสาวภา สนธิไชย ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอบคุณ Prof. Dr. Hans Malicky ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบการวินิจฉัยชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำ และคุณ Thomas Awtry ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ

ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ ฉายบุ คุณศิราภรณ์ ชื่นบาล คุณแตงอ่อน พรหมมิ คุณพงศ์ศักดิ์ เหล่าดี คุณสมยศ ศิลาล้อม คุณธรรมวัตร แก้วตาปี คุณพิษณุ วรรณธง คุณจีรพร เพกเกาะ สมาชิกห้องปฏิบัติการ Environmental Monitoring: Aquatic Insects Research Unit และสมาชิกห้องปฏิบัติการ Applied Algal Research Laboratory ตลอดจนบุคคลซึ่งผู้เขียนไม่ได้กล่าวถึงที่ให้ความช่วยเหลือทั้งแรงกายและแรงใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

ขอบพระคุณ คุณพ่อเจริญ คุณแม่กาญจนา คุณอาพัชรีและญาติพี่น้องที่เป็นกำลังแรงใจในการทำงานสำหรับผู้เขียนทุกท่าน

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT 542090

สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่หน่วยงาน สำนักงาน ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจศึกษาเกี่ยวข้องกับการศึกษานี้

เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ

542090

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera: Calamoceratidae) ในลำธารที่แตกต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ชื่อผู้เขียน นางสาวเพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร. พรทิพย์ จันทรมงคล	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นริทธิ์ สีตะสุวรรณ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ เสาวภา สนธิไชย	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษาชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ในลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 พบแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus janus* ในลำธารทั้งสองแห่งมีการเจริญเป็นแบบไม่มีฤดูกาลและมีวงชีวิตเป็นแบบ multivoltine ตัวอ่อนมีระยะการเจริญ 5 ระยะ แต่สำรวจไม่พบตัวอ่อนระยะที่ I สำหรับตัวอ่อนระยะที่ II ถึง V มีความกว้างของส่วนหัว (มม) ดังนี้ II=0.25-0.45, III=0.46-0.65, IV=0.66-1.1, V=1.2-1.5 ตัวอ่อนระยะที่ II ถึง V และระยะดักแด้มีการสร้างปลอกจากชิ้นส่วนพืช ระยะดักแด้ใช้ระยะเวลาในการเจริญเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 สัปดาห์ ในลำธารห้วยแก้วสามารถพบตัวอ่อนได้ตลอดทั้งปี แต่ในลำธารห้วยผาลาดพบตัวอ่อนเพียงในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมเท่านั้น เดือนที่พบตัวอ่อนมากที่สุดในลำธารทั้งสองสาย คือ เดือนพฤษภาคม ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำและแหล่งอาหาร แมลงหนอนปลอกน้ำมีพฤติกรรมการกินอาหารเป็นแบบกัดกินชิ้นส่วนพืช (shredder) ซึ่ง mandible ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้มีขนาดใหญ่ มีลักษณะของฟันกัดและฟันบดเป็นฟันสำหรับกัดกิน

แมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้จึงจัดเป็นผู้บริโภคลำดับที่ 1 ในห่วงโซ่อาหาร ส่วนสาหร่ายที่พบในทางเดินอาหารเป็นสาหร่ายที่เกาะอยู่บนชิ้นส่วนพืชและเข้าไปในระบบทางเดินอาหารขณะที่แมลงกัดกินอาหาร สาหร่ายที่แมลงกินเข้าไปนั้นจะเป็นอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อแมลงอีกทางหนึ่ง

แมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. และ *A. janus* ในลำธารห้วยแก้วมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 12.83 และ 8.08 ตัวต่อตารางเมตร มวลชีวภาพเท่ากับ 220.73 และ 134.12 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร อัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 672.11 และ 503.23 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี และ Annual P/B เท่ากับ 3.05 และ 3.75 ปี$^{-1}$ และแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. และ *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาดมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 และ 2.5 ตัวต่อตารางเมตร มวลชีวภาพเท่ากับ 98.204 และ 32.09 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร อัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 193.36 และ 128.38 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี และ Annual P/B เท่ากับ 1.97 และ 1.59 ปี$^{-1}$ ตามลำดับ

แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเพศผู้ในลำธารห้วยแก้วทั้งหมด 1,332 ตัว จัดจำแนกเป็น 17 วงศ์ 34 สกุล 86 ชนิด และในลำธารห้วยผาลาดพบแมลงหนอนปลอกน้ำเพศผู้ทั้งหมด 1,499 ตัว จัดจำแนกเป็น 14 วงศ์ 24 สกุล 57 ชนิด สำรวจพบเป็นชนิดใหม่ 1 ชนิด คือ *Chimarra drike* Malicky & Thamsenanupap 2000 จากลำธารทั้งสองสายพบแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae และ Philopotamidae มีการปรากฏมากที่สุดตามลำดับ เดือนที่มีความหลากชนิดและจำนวนของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยมากที่สุด คือ เดือนเมษายน เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยกับคุณภาพน้ำ พบแมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงกันข้าม ($p<0.05$, $r<0.75$, $r>-0.75$) กับคุณภาพน้ำ การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในปี 2542-2543 กับข้อมูลในปี 2541-2542 ด้วย PATN ในลำธารห้วยแก้วพบการแบ่งกลุ่มเดือนทั้งหมด 4 กลุ่ม มีความสัมพันธ์กับแมลงหนอนปลอกน้ำ 14 ชนิดและคุณภาพน้ำ 2 ปัจจัย (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและความขุ่นใสของน้ำ) ในลำธารห้วยผาลาดมีการแบ่งกลุ่มเดือน 3 กลุ่ม มีความสัมพันธ์กับแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย 12 ชนิดและคุณภาพน้ำ 3 ปัจจัย (ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและค่าความเป็นเบส) และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำในลำธารทั้งสองสาย พบว่าน้ำในลำธารห้วยผาลาดมีปริมาณสารปนเปื้อนและสารที่แตกตัวให้อิออนอิสระมีมากกว่าในลำธารห้วยแก้ว

Thesis Title Life History and Secondary Productivity of Caddisflies (Trichoptera : Calamoceratidae) Inhabiting Different Streams on Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province

Author Miss Penkhae Thamsenanupap

M.S. Biology

Examining Committee

Dr. Porntip Chantaramongkol	Chairperson
Asst. Prof. Dr. Narit Sitasuwan	Member
Assoc. Prof. Saowapa Sonthichai	Member

ABSTRACT

Life history and secondary productivity of caddisflies family Calamoceratidae inhabiting Huai Kaew and Huai Palad streams, located 700 meters above sea level, were determined from September 1999 to August 2000. The results and studies conducted, found *Anisocentropus janus,* existing in these streams, which have asynchronous non-seasonal and multivoltine life cycle. Larvae have five instars. The first larvae instars were probably missed. Head capsule width of second to fifth larvae instars (mm) were II=0.25-0.45, III=0.46-0.65, IV=0.66-1.1, V=1.2-1.5. These four larvae instar and pupae constructed plant fragments of their case dwelling. The pupal stage requires approximately two weeks for development time to mature adult stage. Larvae in Huai Kaew stream were observed continuously for one year, but larvae in Huai Palad were only observed from January to May. The highest numbers of larvae in both sites were found in May, which was a factor that depended on water volume and food sources. The main food habit of larvae is the shredder, which shredded on plant fragments. Large mandible and characteristics of the incisor and molar indicated the shredder habits. So, these caddisflies were identified as the

primary consumer. Algae, which were found in the ingestion tract of the caddisflies, acted as a supplement of food enrichment.

Mean population density of *Anisocentropus* sp. and *A. janus* in Huai Kaew stream were 12.83 individuals.m^{-2} and 8.08 individuals.m^{-2}. Biomasses were 220.73 mgAFDW.$m^{-2}$and 134.12 mgAFDW.m^{-2}. Annual productions were 672.11 mgAFDW.m^{-2}.$year^{-1}$ and 503.23 mgAFDW. m^{-2}.$year^{-1}$. Annual P/B were 3.05 $year^{-1}$ and 3.75 $year^{-1}$. In Huai Palad stream, Mean population density of *Anisocentropus* sp. and *A. janus* were 3.25 individuals.m^{-2} and 2.5 individuals.m^{-2}. Biomasses were 98.204 mgAFDW.$m^{-2}$and 32.09 mgAFDW.m^{-2}. Annual productions were 193.36 mgAFDW.m^{-2}.$year^{-1}$ and 128.38 mgAFDW.m^{-2}.$year^{-1}$. Annual P/B were 1.97 $year^{-1}$and 1.59 $year^{-1}$ respectively.

Adult Trichoptera in Huai Kaew was found 1,332 male specimens, which were identified into 17 families, 34 genera and 86 species. In Huai Palad stream, adult Trichoptera was found 1,499 male specimens identified into 14 families, 24 genera and 57 species. One new species, described earlier, *Chimarra drike* Malicky & Thamsenanupap 2000 was also found. The most abundance and species diversity was Hydropsychidae and Philopotamidae respectively. Most abundance was uncovered in April. When analyses correlation data on adult Trichopera and the physico-chemical data displayed many species of adult Trichoptera showed both a positive and a negative correlation with physico-chemical parameters ($p<0.05$, $r<0.75$, $r>-0.75$). Comparisons of adult Trichoptera data from 1999-2000 with the data gathered in 1998-1999 and implementing the PATN computer program produced 4 groups, out of 24 months, of distinctive data, for the Huai Kaew stream. These four groups have the correlation with 14 Trichoptera species and 2 physico-chemical parameters (Dissolved Oxygen and Turbidity). In Huai Palad stream similar means were used to analyse data within this same 24 month period. The results produced 3 groups. Direct correlation can be found with the 12 Trichoptera species and 3 physico-chemical parameters (Conductivity, Total dissolved solid and Alkalinity). The comparison of physicho-chemical parameter in both streams indicated a higher contamination level in Huai Palad stream than in Huai Kaew stream.

สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฌ
สารบาญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	31
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	84
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	94
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองโดยวิธี Non-Cohort Technique: Size-Frequency Method	103
ภาคผนวก ข จำนวนวงศ์และชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย ที่ลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด (ก.ย. 41-ส.ค. 43)	104
ภาคผนวก ค เปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการระหว่างปี 2542-2543	119
ประวัติผู้เขียน	121

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
1 การกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำ ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ	12
2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการในลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	32
3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการในลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	33
4 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. ในลำธารห้วยแก้ว	64
5 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว	65
6 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. ในลำธารห้วยผาลาด	66
7 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด	67
8 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในลำธารห้วยแก้ว	78
9 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในลำธารห้วยผาลาด	79

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำ	7
2	ลักษณะทั่วไปของระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำ	8
3	ภาพด้านข้างแสดงลักษณะทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยโดยไม่แสดงลักษณะปีก	9
4	ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Anisocentropus* sp.	11
5	แผนที่ลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย	21
6	ลักษณะของน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้วที่ความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล	22
7	ลักษณะของลำธารผาลาดที่ความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล	23
8	อุปกรณ์ Surber sampler ที่ใช้ในการเก็บตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเชิงปริมาณ	28
9	อุปกรณ์ light trapping ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย	28
10	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2541-2543	34
11	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2541-2543	34
12	เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	35
13	เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	36
14	เปรียบเทียบความกว้างของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	37
15	เปรียบเทียบความเร็วของกระแสน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	39
16	เปรียบเทียบปริมาตรน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	40
17	เปรียบเทียบค่าความขุ่นใสของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	41
18	เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	42
19	เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	43
20	เปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล	44

สารบาญภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

21 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 45

22 เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 46

23 เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 47

24 เปรียบเทียบปริมาณออร์โธฟอสเฟตของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 48

25 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรตไนโตรเจนของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 49

26 เปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล 50

27 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* 52

28 ความกว้างส่วนหัวของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* และการแบ่งระยะต่างๆ จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารห้วยแก้ว 53

29 เปรียบเทียบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 53

30 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ที่พบในแต่ละเดือนในลำธารห้วยแก้ว 54

31 ความกว้างส่วนหัวของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* และการแบ่งระยะต่างๆ จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารห้วยผาลาด 55

32 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ที่พบในแต่ละเดือนในลำธารห้วยผาลาด 56

33 ระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารน้ำห้วยแก้ว 57

34 แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยชนิด *A. janus* 58

35 เปรียบเทียบการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยชนิด *A. janus* 58

36 เศษซากพืชที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* 59

สารบาญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
37 สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus*	60
38 สาหร่ายกลุ่มไดอะตอมที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus*	61
39 mandible ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A janus* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์	62
40 กราฟสมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว	68
41 กราฟสมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด	69
42 กราฟสมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว	70
43 กราฟสมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด	71
44 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	73
45 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	73
46 เปอร์เซ็นต์ชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	74
47 เปอร์เซ็นต์ชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละวงศ์ ที่พบในบริเวณลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543	74
48 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T6) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้	75

สารบาญภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

49 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T7) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ 75

50 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T8) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ 76

51 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T10) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ 76

52 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Leptoceridae ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ 77

53 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละเดือนของลำธารห้วยแก้ว ด้วย UPGMA dendrogram ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 80

54 Ordination ของเดือนที่ทำการศึกษาในลำธารห้วยแก้ว 81

55 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละเดือนของลำธารห้วยผาลาด ด้วย UPGMA dendrogram ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงสิงหาคม 2543 82

56 Ordination ของเดือนที่ทำการศึกษาในลำธารห้วยผาลาด 83

บทที่ 1
บทนำ

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมามักจะมีการกล่าวกันในเรื่องฝนแล้งและเกิดการขาดแคลนน้ำที่ใช้ในการอุปโภค บริโภค และการเพาะปลูกในหลายพื้นที่ของประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยต้องพึ่งพาอาศัยน้ำทั้งหมดที่ได้มาจากน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนที่ได้รับในแต่ละปีในแต่ละพื้นที่ก็มีการแปรผันมาก ดังนั้นในการวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงควรนำความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ พื้นที่รับน้ำ หรือการอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำมาผสมผสานกัน โดยการศึกษาเกี่ยวกับนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแหล่งน้ำทั้งที่เป็นน้ำนิ่งและน้ำไหลกับสภาพแวดล้อม และแหล่งน้ำแต่ละแหล่งมีลักษณะของระบบนิเวศอย่างเด่นชัด เช่น ลำธาร มีลักษณะของระบบนิเวศที่มีการแลกเปลี่ยนพลังงานเข้าออกภายในและภายนอกระบบอยู่ตลอดเวลา เป็นต้น ในการศึกษาจึงมีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพ (physical factors) ด้านเคมี (chemical factors) และด้านชีวภาพ (biological factors) ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กัน การศึกษาทางกายภาพโดยทั่วไปนั้นเป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะสัณฐานทางกายภาพของแหล่งน้ำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น ความกว้าง ความเร็วกระแสน้ำ ความขุ่นใสของน้ำ เป็นต้น ส่วนปัจจัยทางเคมี เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ก๊าซและสารอาหารต่างๆ ที่ละลายน้ำ และปัจจัยทางชีวภาพ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น การศึกษามวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่มีหน้าที่เชิงอาหารต่างๆ ชีวประวัติของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ผลผลิตขั้นที่หนึ่งหรือขั้นที่สอง และบทบาทของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษาและเชื่อมโยงสิ่งมีชีวิตเข้ากับการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เช่น การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่เป็นดัชนีชีวภาพที่บ่งชี้สภาวการณ์ของสารมลพิษที่ยากต่อการตรวจสอบด้วยกระบวนการศึกษาทางด้านกายภาพและเคมี เป็นต้น

แมลงหนอนปลอกน้ำ (caddisflies) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และสามารถจัดจำแนกถึงระดับชนิดได้ จึงนิยมนำมาเป็นดัชนีชีวภาพ (bioindicator) แสดงภาวะปลอดจากสารมลพิษของแหล่งน้ำ (นันทนา, 2539) สอดคล้องกับ Resh (1992) ซึ่งได้กล่าวเอาไว้ว่า มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำในการเฝ้าติดตามสภาพสิ่งแวดล้อมโดยทำการศึกษาทั้งทางชีวเคมี สรีรวิทยา การทดสอบกับสารพิษ และการใช้เป็นสิ่งมีชีวิตที่เฝ้าระวังสภาพสิ่งแวดล้อม และสามารถใช้แมลงหนอนปลอกน้ำทั้งในระดับประชากร (population) และระดับชุมชน (community) เช่น การศึกษาโดยใช้เป็นดัชนีชีวภาพ การศึกษาโดยใช้

ดัชนีความหลากหลาย (diversity indices) หรือการศึกษาโดยวิธีการวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate analysis) เป็นต้น ประกอบกับแมลงหนอนปลอกน้ำเป็นแมลงน้ำกลุ่มที่มีการอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตลอดช่วงชีวิตของตัวอ่อนและมีช่วงชีวิตที่ค่อนข้างยาวซึ่งเหมาะสำหรับการศึกษาถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี การศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำในเชิงนิเวศวิทยาเป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างแมลงหนอนปลอกน้ำกับสภาพแวดล้อมในระบบนิเวศ ซึ่งมีความสำคัญต่อนักนิเวศวิทยาและบุคคลทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบต่อทั้งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ โดยทางตรงและทางอ้อม

ในการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศมี 2 ลักษณะ คือ synecology เป็นการศึกษานิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในสังคมทั้งหมด และ autecology เป็นการศึกษานิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวตามสภาพแวดล้อม พฤติกรรม และวงชีวิต เป็นต้น (นิวัติ, 2541) และสาระสำคัญในการศึกษานิเวศวิทยาอีกประการหนึ่ง คือ การศึกษาเกี่ยวกับสายใยอาหาร (food web) โดยมีนักนิเวศวิทยาพยายามศึกษาเกี่ยวกับแผนผังสายใยอาหารในเชิงปริมาณ (quantitative food web diagram) และในที่สุดก็ทำการวัดการไหลของพลังงาน (the flow of energy) ซึ่งเป็นวิธีหลักในการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศ การศึกษาเกี่ยวกับการไหลของพลังงานเป็นเรื่องหนึ่งของระบบชีวพลังงาน (bioenergetics) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตในระดับต่างๆ คือ ระดับชนิด ระดับประชากร และระดับชุมชน นักวิจัยในปัจจุบันนี้ส่วนมากจะละเลยการศึกษาการไหลของพลังงานในเชิงปริมาณ แต่จะมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ เช่น ความสำคัญของผู้ล่าในองค์ประกอบของชุมชน (community structure) เป็นต้น (Benke and Wallace, 1997; Hauer and Lamberti, 1996)

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศในประเทศไทยมักทำการศึกษาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เนื่องจากอุทยานแห่งชาติเป็นพื้นที่ป่าที่ไม่มีใครเป็นเจ้าของ มีขอบเขตกว้างขวางมาก และใครที่เข้าไปยึดครอง ก่อสร้าง แผ้วถาง เผาป่าหรือกระทำการใดๆ ให้เป็นการเสื่อมเสียแก่ป่าไม้จะมีความผิดตามกฎหมาย (วิสูตร, 2540) ดังนั้นอุทยานแห่งชาติจึงนับเป็นพื้นที่ต้นน้ำที่ยังคงความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตทั้งในส่วนที่เป็น synecology และ autecology และการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เนื่องจากมีข้อมูลการศึกษาความหลากหลาย การกระจายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ค่อนข้างมาก พบว่าสามารถจำแนกลักษณะความแตกต่างของตัวอ่อนวงศ์ Philopotamidae และ Calamoceratidae (แตงอ่อน, 2543; สมยศ, 2543) โดยที่

แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae เป็นแมลงที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และสามารถใช้ลักษณะของปลอกจัดจำแนกแมลงถึงระดับสกุล (genera) ได้ ปลอกของแมลงในวงศ์นี้มีลักษณะเด่นชัด ง่ายต่อการสำรวจพบ จากข้อมูลพื้นฐานนี้ แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae จึงมีความเหมาะสมในการที่จะศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สอง ประกอบกับอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เป็นพื้นที่ต้นน้ำและสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ ในการจัดการอุทยานแห่งชาติจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีข้อมูลพื้นฐานทางนิเวศวิทยาของพืชและสัตว์ (สุนทรและคุสิต, 2541) และหลังจากการศึกษานี้จะได้ข้อมูลพื้นฐานทั้งในระดับประชากรและระดับชุมชนเพื่อการจัดการและอนุรักษ์พื้นที่อุทยานต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของวงชีวิต และพฤติกรรมอื่นๆ ของแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Calamoceratidae ในที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 1 ปี
2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Calamoceratidae ในที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 1 ปี
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีที่สำคัญบางประการ กับชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Calamoceratidae

บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำ

แมลงหนอนปลอกน้ำเป็นแมลงที่อยู่ในอันดับ Trichoptera ซึ่งมีความหมายมาจากคำว่า trichos แปลว่า " ขน (hair) " และคำว่า pteron ที่แปลว่า " ปีก (wing)" ดังนั้น Trichoptera จึงหมายถึงแมลงที่มีขนอยู่บนปีก มีชื่อสามัญว่า caddisfly ปัจจุบันนี้ยังไม่ทราบที่มาของความหมายอย่างแน่ชัดแต่อาจจะหมายถึง cod-worm ซึ่งเป็นลักษณะของตัวอ่อนที่ต้องอาศัยอยู่ในปลอก และอาจจะมาจากคำว่า cadysses ซึ่งพบในนิยายเรื่อง The Winter's Tale ของ Shakespear หมายถึงวัสดุที่เป็น cotton หรือ silk ซึ่งอาจหมายถึงลักษณะตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีการสร้างปลอกโดยใช้เส้นใยเหนียวคล้ายเส้นไหมยึดเกาะกับวัสดุที่ใช้ในการสร้างปลอก ส่วนมากจะเป็นวัสดุที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่อยู่อาศัยของแมลงหนอนปลอกน้ำ เช่น เศษหิน กรวด ทราย ใบไม้ เป็นต้น (McCafferty, 1981; Merritt and Cummins, 1978; Wiggins, 1996)

2.1.1 ลักษณะทางชีววิทยา (Biological considerations)

ชีวประวัติ (life history): แมลงหนอนปลอกน้ำมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างระหว่างการเจริญแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis หรือ holometabolous) คือ มีการเจริญจากไข่เปลี่ยนเป็นระยะตัวอ่อน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญ (development times) นั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด เช่น ในระยะเวลา 1 ปี ครบรอบวงชีวิตหลายรอบ (multivoltine) ในเวลา 1 ปี ครบรอบวงชีวิต 2 รอบ (bivoltine) ในเวลา 1 ปี ครบรอบวงชีวิต 1รอบ (univoltine) และครบรอบวงชีวิต 1 รอบ อาศัยเวลา 2-3 ปี (semivoltine) เป็นต้น โดยทั่วไปตัวอ่อนจะมีระยะการเจริญ 5 ระยะ (instar) ในบางชนิดมีถึง 7 ระยะ ระยะดักแด้ ใช้เวลา 2-3 สัปดาห์ ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1-2 เดือน อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ก็ได้ การผสมพันธุ์ของระยะตัวเต็มวัยอาจเกิดขึ้นบนพื้นดินหรือบนพืช ตัวเมียจะมีการวางไข่ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปจะวางไข่ในน้ำ แต่มีบางชนิดที่วางไข่บนพืชที่อยู่ตามริมน้ำ ตัวอ่อนจะคลานลงสู่แหล่งน้ำภายหลังการฟัก ตัวอ่อนมีการกินอาหารหลายแบบ เช่น กินสัตว์ขนาดเล็ก พืช FPOM (Fine Particulate Organic Matter) เป็นต้น ตัวเต็มวัยกินน้ำหวานหรือน้ำเลี้ยงจากต้นพืช (herbivorous liquid feeders) และโดยทั่วไปหากินเวลากลางคืน (nocturnal) แต่มีบางชนิดที่หากินเวลากลางวัน (diurnal) (McCafferty, 1981; Williams and Feltmate, 1992)

ถิ่นที่อยู่อาศัย (habitat): จากการศึกษาวิวัฒนาการของแมลงหนอนปลอกน้ำในระดับ subordinate group แมลงจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหลที่ค่อนข้างเย็น (cool lotic habitat) และในระดับ family แมลงจะอาศัยอยู่ทั้งในน้ำนิ่ง (cool lentic habitat) และน้ำไหลที่ค่อนข้างเย็น การศึกษาในปัจจุบันนี้พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำสามารถอาศัยอยู่ในถิ่นที่อยู่ที่เป็น cool lotic habitat, warm lotic habitat, cool lentic habitat, warm lentic habitat และ temporary habitat นอกจากนี้แล้วแมลงแต่ละชนิดก็จะมีการอาศัยอยู่ในถิ่นที่อยู่ย่อย (microhabitat) ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ (velocity) ปริมาณออกซิเจน และปริมาณของเศษซากสารอินทรีย์ที่สะสม เป็นต้น (Wiggins, 1996; Williams and Feltmate, 1992)

การกินอาหาร แมลงหนอนปลอกน้ำมีการกินอาหารหลายแบบ จึงสามารถแบ่งแมลงออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการกินได้ดังนี้

1) Shredders เป็นพวกกินพืช (herbivores) ที่กัดกินพืชหรือสาหร่ายที่มีเส้นใย หรือเป็นพวกที่กัดกินเศษซากพืช (detritivores) เช่น วงศ์ Limnephilidae เป็นต้น

2) Collectors เป็นพวกกรองกิน FPOM เช่น วงศ์ Hydropsychidae เป็นต้น

3) Scrapers เป็นพวกกินพืช ที่ขูดกินสาหร่ายที่เกาะติดกับพื้นผิวหรือขูดกิน fine organic particles เช่น วงศ์ Glossosomatidae เป็นต้น

4) Predators เป็นพวกที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivores) เช่น วงศ์ Rhyacophilidae Leptoceridae เป็นต้น

2.1.2 สัณฐานวิทยา (Morphology)

1) Immature stage จาก ไพฑูรย์ (2527) McCafferty (1981) Merritt and Cummins (1984) และ Wiggins (1996) ได้กล่าวถึงสัณฐานวิทยาของแมลงในระยะ immature stage ไว้คล้ายคลึงกัน คือ

ไข่ (egg): มีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นทรงกลม ในบางครั้งพบว่ามีสีเหลืองหรือสีฟ้า

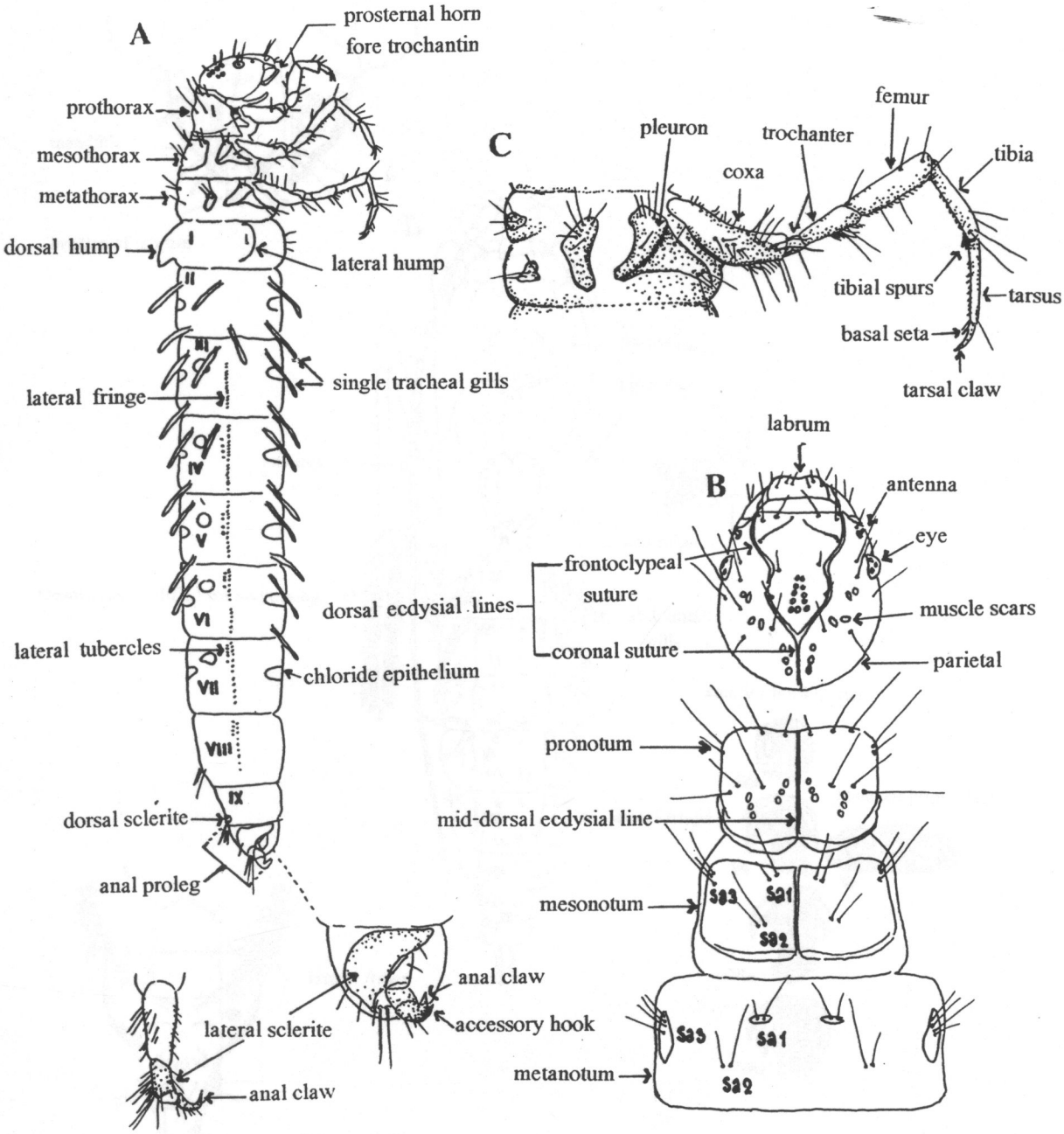
ตัวอ่อน (larvae): มีรูปร่างเรียว มีความยาวประมาณ 2-40 มิลลิเมตร ลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) (ภาพ 1)

ส่วนหัว ประกอบด้วยแผ่นแข็ง (sclerotize) มาต่อกันเป็น head capsule ซึ่งประกอบด้วยแผ่น frontoclypeal apotome แผ่น parietals และแผ่น ventral apotome บน head capsule มีหนวดแบบ pek-like เป็นเส้นสั้นๆ คล้ายขนหมู ตาเป็นแบบตาเดี่ยว (simple eye หรือ ocelli) ปากเป็นปากแบบกัด (chewing mouthpart)

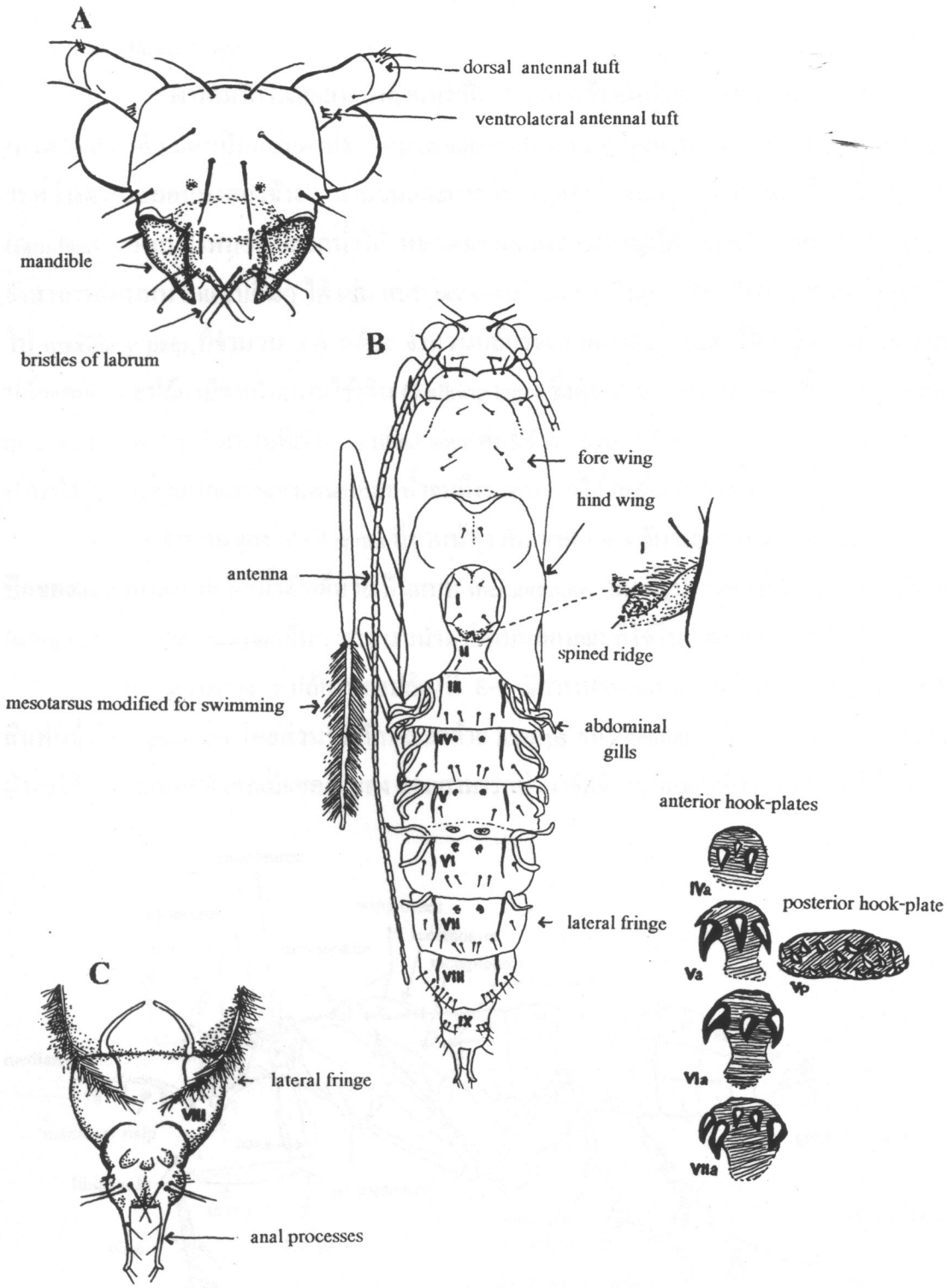
ส่วนอก เกิดจากการเชื่อมต่อกันทางด้านข้างของแผ่นแข็งด้านบน (notum) และด้านล่าง (sternum) และเชื่อมต่อปล้องอกแต่ละปล้องด้วยแผ่นแข็งที่มีชื่อเรียกว่า pleural อก แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ prothorax ซึ่งมีแผ่นแข็งด้านบนเรียกว่า pronotum และแผ่นแข็งด้านล่างเรียก prosternum ปล้องที่ 2 mesothorax มีแผ่นแข็งด้านบนเรียกว่า mesonotum และแผ่นแข็งด้านล่างเรียก mesosternum ปล้องที่ 3 metathorax มีแผ่นแข็งด้านบนเรียกว่า metanotum และแผ่นแข็งด้านล่างเรียก metasternum แมลงหนอนปลอกน้ำบางชนิดจะมีส่วนของ prosternum ยื่นออกมาเรียกว่า prosternum horn ซึ่งยังไม่ทราบหน้าที่ชัดเจน และมี trochantin ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ prothoracic pleuron โดยจะมีลักษณะแตกต่างกันไปในระดับสกุล ปล้องอกแต่ละปล้องประกอบด้วยขาปล้องละ 1 คู่ ขาแต่ละข้างมี 5 ปล้อง มีชื่อเรียกต่างกันจากโคนขาจนถึงปลายขา คือ coxa, trochanter, femur, tibia และ tarsus ที่ปลายของ tarsus จะมี tarsal claw อยู่ ขาคู่หน้ามีขนาดเล็ก สั้น และแข็งแรงกว่าขาคู่อื่นๆ เนื่องจากทำหน้าที่ในการจับเหยื่อและสร้างปลอก บน notum ไม่มีแผ่นปีก (wing pad)

ส่วนท้อง มี 9-10 ปล้อง แต่ละปล้องปกคลุมด้วยส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ (membranous) ท้องปล้องที่ 1 มีโหนก (hump) เด่นชัด พบในพวกที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้ (portable case) ซึ่งประกอบด้วยโหนกด้านหลัง (dorsal hump) และโหนกด้านข้าง (ventral hump) สามารถพบเหงือก (tracheal gills) เป็นแบบเส้นสาย (filamentous gills) อาจจะอยู่เป็นเส้นเดี่ยว (single gills) หรือเป็นเส้นเดี่ยวที่มีการแตกแขนง (branch gills) พบได้ทั้งตำแหน่ง dorsal, lateral และ ventral ของแต่ละปล้อง ในบางชนิดอาจไม่พบ tracheal gills ก็ได้ ปลายปล้องท้องมี anal proleg ซึ่งจะมี anal claw ในบางชนิดพบว่ามี accessory hook และในแมลงกลุ่มที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้ จะมี proleg สั้น

ระยะดักแด้ (Pupae): ระยะนี้แมลงจะพักตัวอยู่ในฝัก (cocoon) ยกเว้นระยะก่อนที่จะฟัก (emerge) เป็นตัวเต็มวัย ลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วนคล้ายกับในระยะตัวอ่อน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวมีขนแข็ง (stout single setae) กระจายอยู่ทั่วไป และมี mandible ที่แข็งแรงเพื่อใช้ในการตัดปลอกดักแด้ (pupal case) ในช่วงที่มีการฟักเป็นตัวเต็มวัย ส่วนอกแบ่งเป็น 3 ปล้อง คล้ายกับระยะตัวอ่อน แต่จะมีแผ่นปีกอยู่บน mesothorax และ metathorax ปล้องละ 1 คู่ ขาคู่กลางบริเวณ tarsus มีกลุ่มขนที่ทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพในการว่ายน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำ ปล้องท้องหลายปล้องที่มีแผ่นแข็งอยู่เป็นคู่ๆ และมี hook plate อยู่ด้านท้าย (posterior) และด้านหน้า (anterior) ของแต่ละปล้อง ตำแหน่งของเหงือกคล้ายคลึงกันกับของตัวอ่อนระยะสุดท้าย ในหลายวงศ์พบปล้องที่ 1 และที่ปลายของ abdomen และมี anal process 1 คู่ (ภาพ 2)



ภาพ 1 ลักษณะทั่วไปของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ A) ภาพด้านข้างแสดงจำนวนของปล้องท้องและรายละเอียดของ anal proleg B) ภาพด้านบนแสดงหัวและปล้องอก C) ภาพด้านข้างของปล้องท้องปล้อง metathorax และรายละเอียดขาแมลง (ที่มา: Merritt and Cummins, 1978)



ภาพ 2 ลักษณะทั่วไปของระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำ A) ภาพด้านหน้าแสดงส่วนหัวของแมลง B) ภาพด้านหลังแสดงจำนวนปล้องท้อง และรายละเอียดของ hook-plates C) ภาพด้านล่างแสดงลักษณะปล้องท้องที่ 8 และ 9 ที่มี anal process (ที่มา: Merritt and Cummins, 1978)

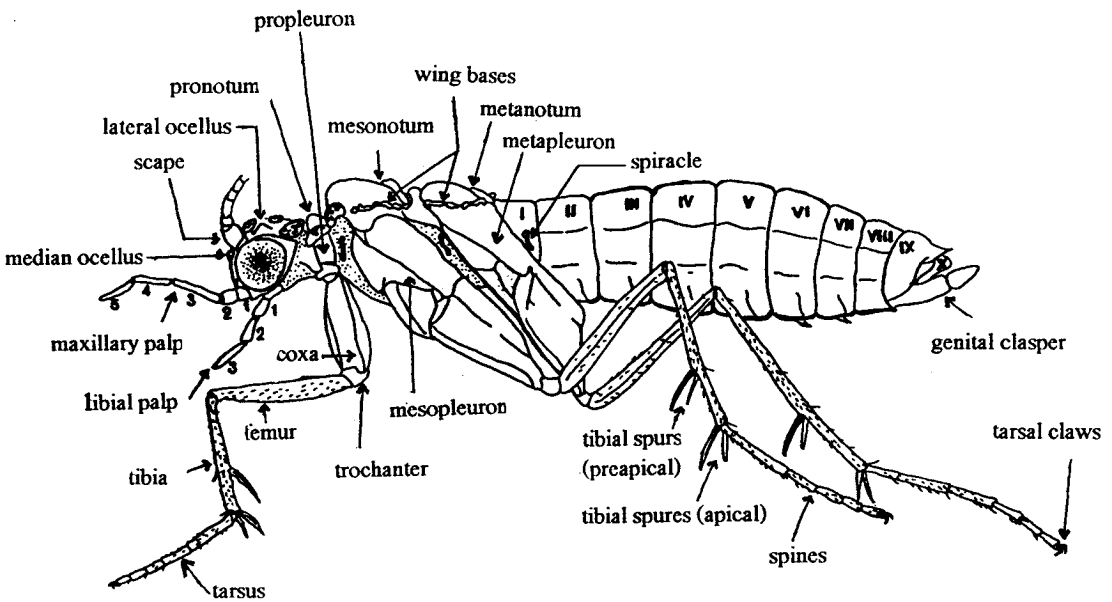
2) Mature stage

ตัวเต็มวัย (Adult): ลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วน คล้ายกับในระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้ (ภาพ 3) ส่วนหัว มีตาเป็นแบบตาประกอบ (compound eye) 1 คู่ ส่วนใหญ่จะมี ocelli 3 อัน ตั้งอยู่ระหว่างตาประกอบทั้งสองข้าง จำนวนและการปรากฏของ ocelli สามารถใช้บ่งชี้ระดับวงศ์ (families) ของแมลงหนอนปลอกน้ำได้ หนวดของแมลงส่วนใหญ่เป็นแบบเส้นด้าย (filiform) แต่ยังสามารถพบหนวดแบบอื่นๆ ได้ เช่น แบบ pectinate, serrate เป็นต้น ปากเป็นปากแบบกัด โดยทั่วไป maxillary palp มีจำนวน 3-6 ปล้อง จำนวนปล้องของ maxillary palp ใช้บ่งชี้ระดับวงศ์ ส่วนปล้องอกแต่ละปล้องมีขาเป็นแบบใช้เดิน (walking legs) ซึ่งดูจาก femur และ tibia ที่ยาวเรียว ปล้อง tibia ของขาทั้ง 3 คู่ มีหนามที่เรียกว่า tibial spur ค่อนข้างเรียวยาว จำนวนของ tibial spur สามารถนำมาใช้ในการจำแนกแมลงหนอนปลอกน้ำจนถึงระดับวงศ์ได้ ยกตัวอย่างเช่น

3,4,4 = จำนวนของ tibial spurs ที่ขาหน้า 3 อัน ขากลาง 4 อัน และขาหลัง 4 อัน

ปีกของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเป็นแบบ membranous โดยที่รูปร่างของปีก ลักษณะเส้นปีก (wing venation) และลักษณะอื่นๆ สามารถนำมาใช้เป็นลักษณะที่ใช้ในการจัดจำแนกได้

ส่วนท้อง ที่ปล้องท้องปล้องที่ 8-9 มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ เรียก genitalia โดยส่วนที่มีลักษณะคล้าย forceps ของ genitalia ที่เรียก claspers สามารถนำมาใช้แบ่งแยกเพศผู้ เพศเมียของแมลง และสามารถนำมาจัดจำแนกแมลงถึงระดับชนิดได้



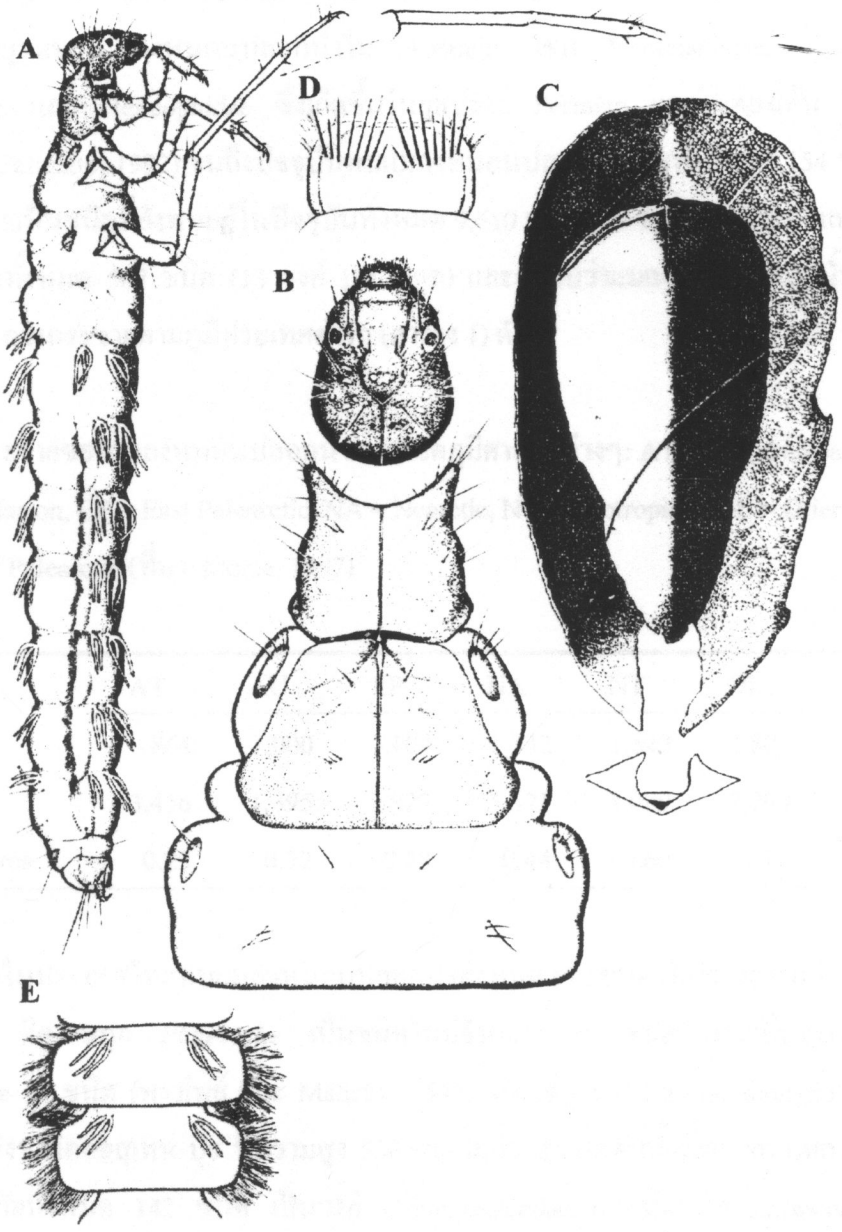
ภาพ 3 ภาพด้านข้างแสดงลักษณะทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยโดยไม่แสดงลักษณะปีก

(ที่มา: Merritt and Cummins, 1978)

2.2 ลักษณะทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae มีความยาวประมาณ 19-25 มิลลิเมตร บริเวณ labrum มีเส้นขนแข็งและยาว (bristles) 16 เส้น เรียงเป็นแถว 1 แถว มุมด้านหน้าของแผ่น pronotum ยื่นออกมา ท้องปล้องที่ 1 มี lateral hump ลักษณะแบนกว่าแมลงหนอนปลอกน้ำกลุ่ม portable case ชนิดอื่นๆ ส่วนด้านข้างลำตัวของแมลงในระยะดักแด้ ไม่มีกลุ่มขนด้านข้างลำตัวที่เป็นแนวยาว (fringe) แต่ขน (hairs) ที่อยู่ด้านบนของลำตัวอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม anal process ยาวและเรียว (McCafferty, 1981) ส่วนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Anisocentropus* บนหัวมีแผ่น sclerotize สีเหลืองน้ำตาล เยื้องด้านบนของ pronotum มีลักษณะยื่นเป็นพู truncate lobe ปล้องอกและปล้องท้องมีลักษณะค่อนข้างแบน ปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำสร้างจากใบไม้ที่ตัดเป็นรูปไข่ 2 ชิ้น ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน โดยที่ชิ้นเล็กจะอยู่ด้านล่างและชิ้นใหญ่จะอยู่ด้านบน และประกบติดกันด้วยใยไหมที่ตัวอ่อนสร้างขึ้น ข้างในมีช่องว่างสำหรับตัวอ่อนเข้าไปอยู่ได้ (ภาพ 4)

แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยวงศ์ Calamoceratidae มีสูตรของ tibial spurs โดยทั่วไปเป็น 2,4,4 ในบางครั้งอาจพบ 2,4,3 หรือ 2,4,2 spurs ด้านในยาวกว่า spurs ด้านนอก หนวดมีความยาวมากกว่าปีกคู่หน้า ไม่มี ocelli มี maxillary palp 5-6 ปล้อง genitalia ของเพศผู้มี superior appendage ขนาดใหญ่ penis ไม่มี sheaths หุ้ม และ inferior appendages มีความแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด และจากผลการศึกษาของ Dudgeon (1999) พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae มีการเจริญแบบไม่มีฤดูกาล ส่วนตัวเต็มวัยแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ในสกุล *Anisocentropus* ส่วนหัวไม่มี ocelli หนวดมีความยาวมากกว่าปีกคู่หน้าและมีลักษณะเป็นเส้นด้าย maxillary palp ยาว มีขนมากและมีลักษณะไม่แตกต่างกันในเพศผู้และเพศเมีย อกส่วน prothorax มีขนาดเล็กและแคบกว่าส่วนหัว mesothorax มีลักษณะเป็นรูปไข่และกว้างกว่าส่วนหัว มีลักษณะแบน ปล้องขา femur ค่อนข้างบางและแบน ปล้อง tibia มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีสูตรของ tibial spurs เป็น 2,4,3 tibia ของขาคู่หลังมี spurs 2 อัน ที่ด้านปลาย tibia ของขาคู่กลางมี spurs 2 อัน ที่ด้านปลาย (apical) และอีก 2 อันบริเวณตรงกลาง (preapical) spurs อันที่อยู่ด้านนอกค่อนข้างยาว tibia ของขาคู่หน้ามี spurs 1 อัน อยู่บริเวณตรงกลางและมี spurs 2 อันที่มีความยาวไม่เท่ากันอยู่บริเวณด้านปลาย ปีกค่อนข้างหนา ปีกคู่หลังมีลักษณะกว้างและสั้น ปลายปีกบาง เฉียงและมน ปีกคู่หน้ามีขนาดเล็กกว่าปีกคู่หลังและคลุมปีกคู่หลังเอาไว้ (Mosely and Kimmins, 1953) ส่วนท้องมีปล้องท้องไม่แข็งแรง



ภาพ 4 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Anisocentropus* sp. A) ภาพวาดด้านข้างของตัวอ่อน B) ภาพด้านบนของหัวและอก C) ภาพด้านล่างของปลอก D) ภาพด้านบนของ labrum E) ภาพด้านล่างของปล้องท้อง (ที่มา: Wiggins, 1996)

2.3 ความหลากหลาย การกระจายและการจัดกลุ่มของแมลงหนอนปลอกน้ำ

จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์แสดงให้เห็นว่าแมลงหนอนปลอกน้ำเกิดขึ้นในยุค Jurassic ยกเว้น บรรพบุรุษของแมลงหนอนปลอกน้ำใน Australia เช่น Plectotarsidae, Tasimiidae, Philorheithridae และ Helicophidae ซึ่งเกิดขึ้นในยุคปลาย Permian และในตอนต้น Jurassic (Williams and Feltmate, 1992) จนถึงปัจจุบันพบแมลงหนอนปลอกน้ำรวมทั้งสิ้น 10,154 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นชนิดที่ยังพบอยู่ในปัจจุบันทั้งหมด 9,610 ชนิด (58 วงศ์ 626 สกุล) และชนิดที่สูญพันธุ์ไปแล้วทั้งหมด 567 ชนิด (13 วงศ์ 101 สกุล) และยังพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายและการกระจายตามภูมิประเทศต่างๆ (ตาราง 1) ดังนี้

ตาราง 1 การกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำ ตามเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ: AT = Afrotropical, AU = Australasion, EP = East Palearctic, NA = Nearctic, NT = Neotropical, OL = Oriental, WP = West Palearctic (ที่มา: Morse, 1997)

	AT	AU	EP	NA	NT	OL	WP
Species	864	1,000	1,104	1,532	1,849	2,801	1,852
Kilohectares	3,456	1,395	3,927	3,521	3,089	2,299	3,890
Spp./kilohectares	0.25	0.72	0.28	0.44	0.60	1.22	0.48

สำหรับในประเทศไทยพบแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 572 ชนิด มีการรายงานว่าพบสกุลใหม่ 1 สกุล คือ สกุล *Phaesyche* เป็นชนิดใหม่จำนวน 55 ชนิด และเป็นสมาชิกวงศ์ Calamoceratidae 11 ชนิด (พรทิพย์ และ Malicky, 2543; Malicky and Chantaramongkol, 1999) โดยที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ที่ความสูง 550-900 เมตร จากระดับน้ำทะเล พบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยทั้งหมด 142 ชนิด เป็นวงศ์ Calamoceratidae 6 ชนิด คือ *Anisocentropus brevipennis* Ulmer 1906, *A. janus* M&C 1994, *A. minutus* Martynov 1930, *A. pan* M&C 1994, *Ganonema extensum* Martynov 1935 และ อีก 1 ชนิด คือ *Ganonema delios* Malicky and Prommi 2000 เป็นชนิดใหม่ (แตงอ่อน, 2543; Chantaramongkol *et.al.*, 1999; Malicky *et.al*, 2000) ส่วนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบทั้งหมด 13 วงศ์ ดำเนินการจำแนกลักษณะที่แตกต่างของวงศ์ Philopotamidae โดยใช้ลักษณะที่แตกต่างกันของ frontoclypeus apotome และวงศ์ Calamoceratidae ใช้ลักษณะความแตกต่างของเส้นเหงือก (สมยศ, 2543)

2.4 การศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำ

ชีวประวัติของสิ่งมีชีวิต คือ รูปแบบของการเติบโตและการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตนั้น องค์ประกอบหลักของชีวประวัติประกอบด้วย ขนาด อัตราการเติบโต (growth rates) การสืบพันธุ์ และอายุ (longivity) ของสิ่งมีชีวิต (Mackenzie *et.al.*, 1998) นอกจากนี้อาจรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ เช่น แหล่งอาหารและการกินอาหาร หน้าที่ในระบบนิเวศ เป็นต้น (Hauer and Lamberti, 1996) รูปแบบชีวประวัติของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดแตกต่างกันได้จาก 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) และปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) (Williams, *et al.*,1995) ปัจจัยภายในเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของยีน สรีรวิทยา พฤติกรรม และสัณฐานวิทยา และปัจจัยภายนอกเกิดขึ้นเนื่องจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น สารอาหาร กลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่น เป็นต้น ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อรูปแบบของชีวประวัติ คือ ความแตกต่างกันของลำธารที่ศึกษา เช่น ชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Dicosmoecus jozankeanus* ในลำธาร 2 สายที่แตกต่างกัน คือ ลำธารบนภูเขา เป็นลำธารที่ไม่มีพืชน้ำ แต่จะมีรากพืชบกยื่นลงไปในน้ำ พื้นท้องน้ำมีหินขนาดเล็ก (cobbles) และกรวด (pebbles) ตัวอ่อนของ *D. jozankeanus* มีการพัฒนาของตัวอ่อนถึงกลางฤดูหนาวแล้วจึงเข้าระยะพักตัว และลำธารต้นน้ำเป็นลำธารที่มีพืชน้ำขึ้นที่ริมลำธาร พื้นท้องน้ำมีกรวดจากหินภูเขาไฟ มีหินขนาดเล็กและกรวดเล็กน้อย ตัวอ่อนมีการเจริญอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี (Nagayasu and Ito, 1997) หรือชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Limnephilidae 3 ชนิด ในลำธารที่มีที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน คือ ลำธารที่มีที่อยู่อาศัยแบบชั่วคราว (temporary habitats) และลำธารที่มีอยู่อาศัยแบบถาวร (permanent habitats) โดยลำธารที่มีที่อยู่อาศัยแบบชั่วคราว ตัวอ่อนจะมีระยะพักตัว (desiccation-resistant stage) เป็นการปรับตัวเพื่อเข้ากับความแห้งแล้ง แต่ในลำธารที่มีที่อยู่อาศัยแบบถาวร ตัวอ่อนจะมีการเจริญเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง (Mathis, 1999) และยังพบอีกว่าความแตกต่างกันของลำธารที่ศึกษาและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้ลำธารที่แตกต่างกัน มีผลต่อการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำเช่นกัน พบในการศึกษาความเปลี่ยนแปลงชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Cheumatopsyche* spp. ในลำธารที่รัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา แมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *C. oxa* และ *C. pettiti* พบมากที่ปลายลำธารซึ่งเป็นบริเวณที่มีป่าไม้ปกคลุม ไม่มีการใช้ประโยชน์จากมนุษย์ แต่ในต้นลำธารซึ่งเป็นเขตชุมชนและเขตเกษตรกรรม พบแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *C. pettiti* เท่านั้น (Sanches and Hendricks, 1997) นอกจากนี้ปัจจัยภายนอกที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงชีวประวัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิสูง ไปมีผลต่อการเจริญของตัวอ่อน ซึ่งใช้ระยะเวลาในแต่ละระยะของตัวอ่อนลดลง ทำให้จำนวนของตัวอ่อนลดลง ยังมีผลต่อการกินอาหารและอัตราการประกอบมวลสารอินทรีย์ (assimilation rate of food) โดยอุณหภูมิสูงจะไปทำให้การกินอาหาร

เพิ่มขึ้น แต่อัตราการประกอบมวลสารอินทรีย์ลดลง ซึ่งพบได้ในแมลงน้ำบางชนิด และยังพบอีกว่าอุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาของไข่และตัวเต็มวัยอีกด้วย (Williams and Feltmate, 1992) นอกจากความแตกต่างของลำธารที่ทำการศึกษาและอุณหภูมิ ฤดูกาลก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของชีวประวัติ ดังเห็นได้จากการศึกษาชีวประวัติของ *Ecclisocosmoecus spinosus* ในภาคเหนือของประเทศญี่ปุ่น พบว่าการพัฒนาของตัวอ่อนในแต่ละระยะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล โดยไปมีผลต่อน้ำหนักตัวและการกระจายของตัวอ่อนในระยะต่างๆ (Nagayasu and Ito, 1999) หรือการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของประชากร (population dynamics) แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae 3 ชนิด ใน tropical forest stream บนเกาะฮ่องกง (Dudgeon, 1999) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและประชากรของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Helicopsyche margaritensis* ในประเทศตรินิแดด (Maharaj and Alkins-Koo, 1997) และการศึกษาลักษณะทางชีววิทยาของแมลงหนอนปลอกน้ำ ในรัฐโอริกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Anderson, 1997) พบว่าในฤดูแล้ง มีจำนวนตัวของแมลงหนอนปลอกน้ำมากกว่าฤดูน้ำหลาก และหลังจากฤดูน้ำหลากผ่านไปและระดับน้ำเริ่มลดลงตัวอ่อนมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ยังพบอีกว่าความแห้งแล้งจะทำให้การพัฒนาของตัวอ่อนหยุดชะงัก

Dudgeon (1992) กล่าวว่า ในการศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของแมลงที่อาศัยอยู่ในลำธารนั้นจะมีเครื่องมือที่ใช้ในการหาอาหาร (feeding apparatus) ที่สำคัญ คือ ส่วนของปาก ดังนั้นสัณฐานวิทยาของปากแมลงจึงถูกนำไปใช้ในการศึกษาเชื่อมโยงเกี่ยวกับนิสัยการกินอาหารของแมลงในระยะต้นๆ จนถึงระยะสุดท้าย โดยการศึกษาขนาดและรูปร่างตลอดจนถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของปากเพื่อทำหน้าที่ในการกินอาหาร เช่น การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะปากของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว (Mayflies) พบว่ากลุ่ม Leptophlebiidae มีลักษณะของฟันกัด เรียวยาวสองอันคล้ายกับตะเกียบและลักษณะของฟันบดคล้ายกับเลื่อยที่มีฟันละเอียด จากลักษณะของฟันดังกล่าวเป็นฟันที่เหมาะสำหรับการครูดกินสาหร่ายและ fine particles (gatherer) ซึ่งลักษณะของปากของแมลงกลุ่มนี้จะคล้ายคลึงกับแมลงในกลุ่ม Heptageniidae แต่มีขนาดใหญ่กว่าจึงเลือกกินอาหารที่ใหญ่กว่า หรือการศึกษาในแมลงกลุ่ม Ephemerellidae ลักษณะของ mandible มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยบริเวณฟันกัดมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นงวงยาวเพื่อทำหน้าที่ในการขุดรู เป็นต้น

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติแมลงหนอนปลอกน้ำไว้เพียงเล็กน้อย คือ การศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Ugandatrichia maliwan* และคุณภาพน้ำที่ลำธารน้ำแม่กลาง อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ พบว่า ตัวอ่อนมี 5 ระยะ และตัวอ่อนในระยะที่ 5 มีการสร้างปลอกแบบกระเป๋า (purse case) มีการเจริญเป็นอย่างไม่มีฤดูกาล อาหารที่กิน คือ ซากพืช ซากสัตว์และสาหร่าย โดยเฉพาะกลุ่มไดอะตอม (อิสระ, 2541) ส่วนการศึกษาความหลากหลาย

และชีววิทยาของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Limnocentropus* spp. จากลำธารที่ความสูง 2 ระดับ ในเขตอุทยานแห่งชาติคอยอินทนนท์ พบว่า ตัวอ่อนของ *L. hysbald* และ *L. auratus* มี 5 ระยะ ใช้เวลาในการพัฒนาตัวอ่อนประมาณ 6-7 เดือน และมีวงชีวิตเป็นแบบในเวลา 1 ปี ครบรอบวงชีวิต 1 รอบ (สมจิตร์, 2541)

2.5 การศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สอง (secondary productivity) ของแมลงหนอนปลอกน้ำ

Mackenzie *et.al.* (1998) และ Hauer and Lamberti (1996) กล่าวถึงนิยามของ secondary productivity เอาไว้ว่า คือ อัตราผลผลิตของมวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotrophic organisms) หรือผลผลิตมวลชีวภาพของผู้บริโภคในระบบนิเวศ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราผลผลิตขั้นต้น (primary productivity) ตามโครงสร้างของปิรามิดพลังงาน (pyramidal biomass structure) และลำดับการกินในระบบนิเวศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อัตราผลผลิตขั้นที่สองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญในระบบชีวพลังงาน คือ มีการถ่ายทอดพลังงานผ่านสายใยอาหาร ในเชิงนิเวศวิทยาได้ให้ความสนใจในโครงสร้างของระบบพลังงานมากกว่าหน้าที่ เช่น ความหนาแน่นของประชากรหรือองค์ประกอบของชุมชน เป็นต้น การศึกษาการถ่ายทอดพลังงานจะทำการศึกษาในช่วงระยะเวลา จะได้หน่วยของอัตราผลผลิตขั้นที่สองในหน่วยของมวล เช่น จำนวนมิลลิกรัมของน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า (mg ash-free dry weight) ต่อตารางเมตรต่อปี (mg AFDW/ m^2/ year) หรือในหน่วยของพลังงาน เช่น กิโลแคลอรี่ต่อตารางเมตรต่อปี (kcal/ m^2/ year) เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับอัตราผลผลิตขั้นที่สองควรทำความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลผลิต (productivity) และมวลชีวภาพ (biomass) (P/B concept) โดยมวลชีวภาพเป็นการวัดมวลของเนื้อเยื่อที่มีชีวิต (living tissue) ของประชากรหนึ่งกลุ่ม ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหรือค่าเฉลี่ยของหลายช่วงเวลา ซึ่งจะมีหน่วยเป็นมวลต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กรัมต่อตารางเมตร (g/m^2) เป็นต้น ส่วนอัตราผลผลิตจะเป็นการไหลของพลังงาน เมื่อนำอัตราผลผลิตหารด้วยมวลชีวภาพจะได้เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญของมวลชีวภาพในกลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิต (P/B ratio) มีหน่วยเป็นส่วนกลับของเวลา ($year^{-1}$) และโดยปกติค่า annual P/B ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มีค่า 1 ถึง 10 แต่ก็สามารถพบว่ามีค่าถึง 100 ในกลุ่ม เช่น Diptera และ Ephemeroptera เป็นต้น ค่า annual P/B จะมีค่าคงที่ประมาณ 5 แต่ก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญของประชากร แต่ละกลุ่มโดยกลุ่มที่มีระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญสั้น จะมีค่า annual P/B ค่อนข้างสูง เพราะว่าถ้าสัตว์นั้นมีระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญตั้งแต่ฟักจากไข่จนถึงระยะสุดท้ายมีหลายครั้งใน 1 ปี การคำนวณอัตราผลผลิตในระยะเวลา 1 ปี (annual productivity) ต้องนำจำนวนครั้งของ

ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญหรือค่า CPI (cohort production interval) ไปคูณเข้ากับค่า production จะได้อัตราผลผลิตในระยะเวลา 1 ปี ออกมา (Hauer and Lamberti, 1996; Benk *et.al.*, 1998)

การศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองสามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ คือ Cohort Technique ใช้สำหรับสิ่งมีชีวิตที่มีการเจริญในอัตราที่พร้อมเพรียงกัน (synchronize growth) และ Non-Cohort Technique ใช้สำหรับสิ่งมีชีวิตที่มีการเจริญอย่างไม่มีฤดูกาลและเจริญในอัตราที่ไม่พร้อมเพรียงกัน (asynchronize growth) โดยที่ทั้ง 2 ระดับ มีขั้นตอนในการศึกษาใกล้เคียงกัน (Hauer and Lamberti, 1996) ผลของการศึกษาจะบอกถึง ความหนาแน่นของประชากร อัตราผลผลิตในระยะเวลา 1 ปี และค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญของมวลชีวภาพในกลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิต ดังเห็นได้จากการศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองของ Hydropsychid caddisflies ในเกาะฮ่องกง โดยมีอัตราผลผลิตในระยะเวลา 1 ปี ตามลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ *Macrostemum fastosum, Cheumatopsyche spinosa, C. ventricosa, Hydatopsyche melli, Herbertorossia quadrata, Polymorphonisus asticus, Hydropsyche chekiangana* และ annual P/B มีค่าระหว่าง 3.59 (*Hydatopsyche melli*) ถึง 25.64 (*Herbertorossia quadrata*) พวกที่มีวงชีวิตเป็นแบบในรอบ 1 ปี ครบรอบวงชีวิต 2 รอบ จะมี annual P/B สูงที่สุด (Dudgeon, 1997) และการศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองของ *Stenopsyche angustata* (Trichoptera: Stenopsychidae) ในฮ่องกง มีอัตราผลผลิต 940.4 mg AFDW /0.5 m^2 /two years และ annual P/B เท่ากับ 8.7 และ 8.87 เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ (Dudgeon, 1996) นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับอัตราผลผลิตขั้นที่สองยังสามารถนำมาใช้ในการศึกษากับ benthic macroinvertebrates พบว่า พวกที่มีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกรองกินอาหารขนาดใหญ่ (macrofilterers) กับพวกที่มีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกรองกินอาหารขนาดเล็ก (microfilterers) จะมีอัตราผลผลิตขั้นที่สองไม่แตกต่างกันมาก แต่ค่า annual P/B แตกต่างกัน โดยค่า annual P/B ของ microfilterers มากกว่า macrofilterers และลำธารที่มีค่าความเป็นด่างสูง จะมีอัตราผลผลิตขั้นที่สองสูงกว่า ลำธารที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ (Benke, *et al.*,1998)

2.6 การศึกษาความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย

ความหลากหลายหรือความหลากชนิด (species diversity) ของสิ่งมีชีวิตเป็นมุมมองกว้างๆ ประการหนึ่งของการศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มหรือชุมชนของสิ่งมีชีวิต โดยที่ความหลากชนิดจะขึ้นอยู่กับจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิต (species richness) ของแต่ละชุมชนนั้น (Mackenzie *et.al*, 1998) การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำได้มีการศึกษากันอย่างจริงจังและต่อเนื่องในหลายกลุ่มประเทศ เช่น ในประเทศญี่ปุ่น มีการศึกษาในบริเวณแม่น้ำ Masuhoro ลำธารน้ำในภูเขา และบึง Sarobetsu ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศญี่ปุ่น ในปี 1997-1999 พบแมลงหนอน

ปลอกน้ำที่จับโดยใช้ Malaise trap, insect nets และ ultraviolet lights-trapping ทั้งหมด 65 ชนิด จาก 18 วงศ์ (Ito *et. al.*, 2000) ประเทศฮังการีใช้ระยะเวลา 2 ปี (ปี1992 และปี 1993) ศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำโดยใช้ light-trapping และ netting ในภูเขาทางตอนเหนือของประเทศ พบว่าบริเวณตีนเขา Bükk และ Uppono มีแมลงหนอนปลอกน้ำ 46 ชนิด จากตัวอย่างทั้งหมด 6,194 ตัว (Kiss and Schmera, 1995) นอกจากการรายงานความหลากหลายแล้ว ยังได้มีการพยายามเชื่อมโยงความความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำเข้ากับการประเมินหรือบ่งชี้สถานการณ์สิ่งแวดล้อม เช่น Sykora *et.al.* (1997) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกของอ่างเก็บน้ำ 16 แห่ง จาก 5 รัฐ ในประเทศสหรัฐอเมริกา พร้อมทั้งทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการ พบแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 176 ชนิด จาก 17 วงศ์ และที่บริเวณทางน้ำออกมีความหลากหลายของแมลงน้อยกว่าบริเวณทางน้ำเข้า เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลแมลงหนอนปลอกน้ำกับข้อมูลคุณภาพน้ำแล้ว พบว่าสามารถใช้แมลงหนอนปลอกน้ำในการบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำของแม่น้ำ Danube ในประเทศฮังการี โดย Chantaramongkol (1983) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำในถิ่นที่อยู่ที่ต่างกันและประเมินเทียบกับ Saprobic Index และสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในปีต่างๆ พบว่าในแหล่งน้ำที่มีระดับของคุณภาพน้ำแตกต่างกัน จะมีการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำและองค์ประกอบของชนิดต่างกัน

สำหรับในประเทศไทยได้มีหลักฐานการศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำบางกลุ่มมานานกว่า 70 ปี เช่น รายงานแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดใหม่ในประเทศไทย *Stenopsyche siamensis* Martynov 1931 แต่ไม่ได้มีผู้ทำการรวบรวมเอกสารการสำรวจเอาไว้ และในปี 2530 นักวิจัยชาวไทยได้ให้ความสนใจและเริ่มทำการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ผลการสำรวจพบแมลงหนอนปลอกน้ำที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ประมาณ 3 ใน 4 ส่วน ของแมลงที่สำรวจพบ และได้มีการตั้งชื่อแมลงที่พบเป็นชนิดใหม่โดยคณะผู้วิจัย (พรทิพย์ และ Malicky, 2543; Chantaramongkol and Malicky, 1989, 1995, 1995a; Malicky, 1987, 1989, 1994, 1995, 1997, 1997a, 1998, 1998a; Malicky and Chantaramongkol, 1989, 1989a, 1990, 1991, 1991a, 1991b, 1992, 1992a, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997; Malicky *et.al.*, 2000, 2000a) หลังจากนั้นก็ได้ก็มีการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำในด้านต่างๆ เช่น การใช้ประโยชน์ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำโดย Chaibu (2000) ศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในบริเวณแม่น้ำปิงตอนบน พบแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 58 ชนิด 13 วงศ์ จากตัวอย่างแมลงเพศผู้ทั้งหมด 19,562 ตัว หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์หลายตัวแปร HMDS ordination และ TWINSPAN classification ได้แมลงหนอนปลอกน้ำที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ (Trichoptera

indicator species) ทั้งหมด 24 ชนิด แบ่งเป็นชนิดที่ทนทานต่อมลพิษ (tolerant species) 7 ชนิด และชนิดที่มีความอ่อนไหวต่อมลพิษ (sensitive species) 11 ชนิด เป็นต้น การศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำ (สมจิตร์, 2541; อิสระ, 2541) ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การศึกษาความหลากหลายและการกระจายของตัวเต็มวัยและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำและแมลงน้ำกลุ่มอื่นที่สัมพันธ์กัน เช่น การศึกษาการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำกลุ่ม Ephemeroptera Plecoptera และ Trichoptera ในลำธารต้นน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้ Surber sampler และ Emergence trap พบแมลงหนอนปลอกน้ำกลุ่ม EPT ทั้งหมดอย่างน้อย 46 ชนิด 13 ชนิด และ 64 ชนิด ตามลำดับ และแมลงกลุ่ม Plecoptera มีความอ่อนไหวต่อมลภาวะและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม สามารถนำการกระจายและความหลากหลายของแมลงกลุ่มนี้มาเป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะปลอดมลพิษของลุ่มน้ำ (นฤมล และคณะ, 2542) และการศึกษาความหลากชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae บริเวณห้วยพรมแล้ง และห้วยหญ้าเครือ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว พบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยทั้งหมด 14 ชนิด 7 สกุล และตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 9 ชนิด 7 สกุล ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวและความชุกชุมของตัวอ่อนมากที่สุด คือ ลักษณะของพื้นลำธารและความเร็วของกระแสน้ำ (ศุภลักษณ์, 2542) เป็นต้น

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis)

งานวิจัยส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ มักจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปร ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มักจะมีความสัมพันธ์อยู่มากน้อยต่างกันออกไป โดยสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ คือ การวิเคราะห์ความถดถอย เช่น Weight Regression, Nonlinear Regression เป็นต้น การวิเคราะห์ความแปรปรวน เช่น MANOVA (Multivariate Analysis of Variance), ANCOVA (Analysis of Covariance) เป็นต้น และการจำแนกกลุ่มข้อมูลหรือตัวแปร เช่น Multidimensional Scaling, Cluster Analysis, Factor Analysis เป็นต้น (กัลยา, 2544) การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรเป็นคณิตศาสตร์สาขาหนึ่งที่ใช้ได้ในหลายกรณีตามวัตถุประสงค์การใช้ เช่น ใช้สำหรับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่หรือใช้เพื่องานวิจัย เป็นต้น งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมหลายสาขามีการใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรเพื่อช่วยในการอธิบายและตัดสินใจในผลการศึกษา เช่น Chaibu (2000) ใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปรในงานวิจัยเกี่ยวกับศักยภาพในการใช้ Trichoptera เพื่อการติดตามตรวจทางชีวภาพของมลพิษในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สถิติการจำแนกกลุ่มข้อมูลหรือตัวแปร จากคอมพิวเตอร์โปรแกรม PATN จัดกลุ่มแม่น้ำปิงโดยใช้แมลงกลุ่ม Trichoptera ได้ 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มแม่น้ำปิงตอนบนที่ได้รับมลพิษน้อย กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ได้รับผลกระทบจาก

การพังทะลายของพื้นที่เหนือเมืองเชียงใหม่ กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากเมืองเชียงใหม่ คลองแม่ข่า และกลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มตอนล่างที่ยังไม่ฟื้นตัวจากมลพิษที่ได้รับจากเมืองเชียงใหม่ ส่วน Mustow (1999) ได้ทำการศึกษากลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ ในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีการกระจายตลอดความยาวของแหล่งน้ำ ระดับความสูงและระดับมลพิษที่ได้รับ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านคุณภาพน้ำกับข้อมูลที่เกี่ยวกับกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ โดย Canonical Correspondence Analysis (CCA) จากคอมพิวเตอร์โปรแกรม CANOCO v.3.10 พบกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันกับคุณภาพน้ำบางประการ คือ อุณหภูมิ ค่าการนำกระแสไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่างและความเร็วของกระแสน้ำ เช่นเดียวกันกับ Dohet (1999) ที่ทำการศึกษาการจัดกลุ่มลุ่มน้ำที่ปราศจากการปนเปื้อนสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมของชุมชนโดยใช้แมลงน้ำกลุ่ม Trichoptera ด้วย Multidimensional Scaling: PCA (Principle Component Analysis) และศึกษาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำด้วย CCA พบว่าการจัดกลุ่มด้วยแมลงกลุ่ม Trichoptera ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมที่ความเกี่ยวพันกับมลพิษที่เกิดจากสารอินทรีย์ (organic pollution) โดยแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Agapetus fusipes* และ *Potamophylax cingulatus* มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดมลพิษของสารอินทรีย์ที่มีค่าสูง โดยเฉพาะ total phosphorus, nitrite และ BOD_5 เป็นต้น และงานวิจัยความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ใช้สถิติการจัดจำแนกกลุ่มหรือตัวแปรด้วย Cluster Analysis จากคอมพิวเตอร์โปรแกรม SPSS for Window (นฤมลและคณะ, 2542; ศุภลักษณ์, 2542; แตงอ่อน, 2543; สมยศ, 2543)

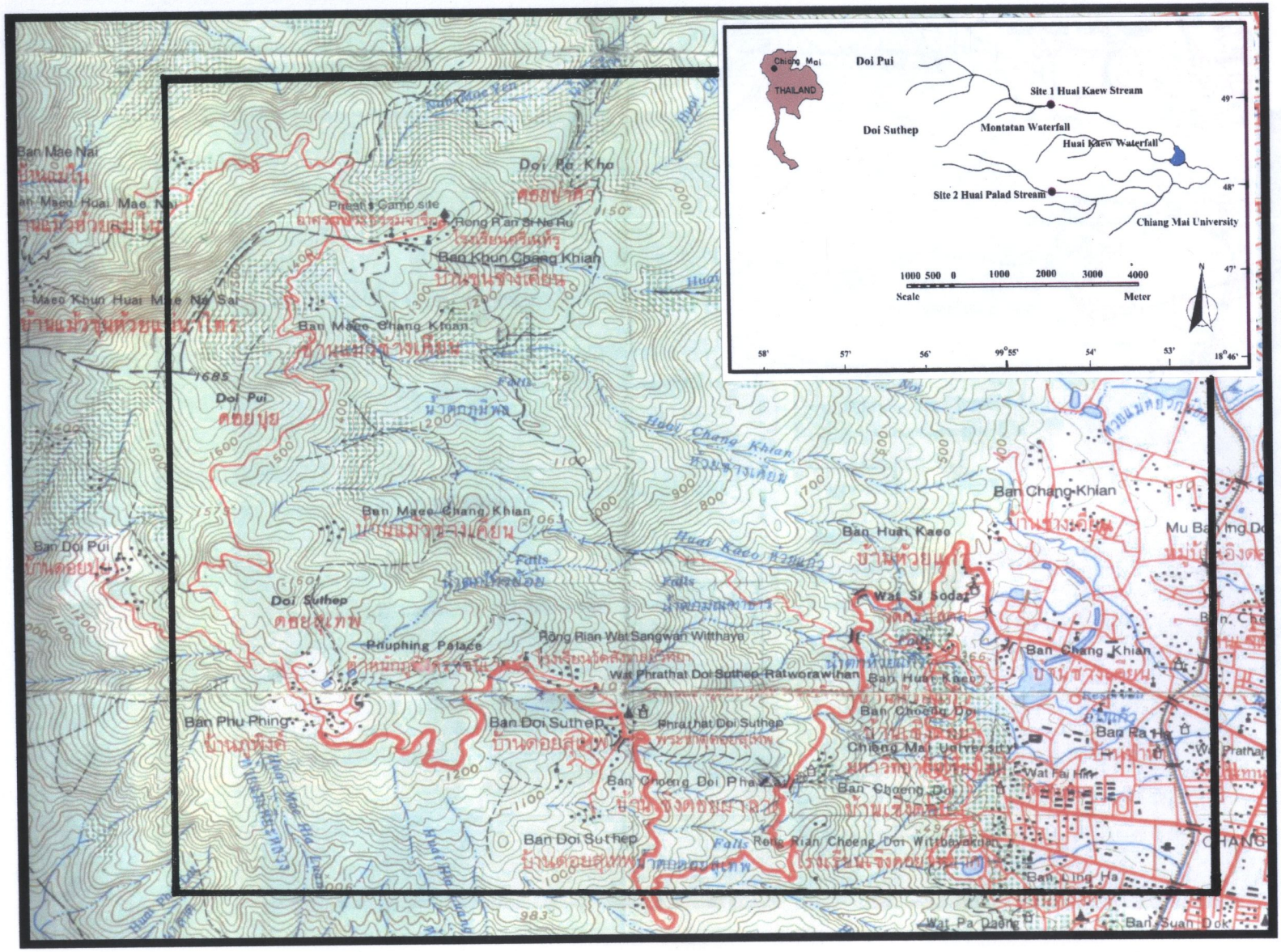
บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. สถานที่ทำการศึกษา

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 98°47'-98°56' E, 18°47'-18°55' N ส่วนที่มีความสูงน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 330 เมตร และส่วนที่สูงที่สุด (ดอยปุย) สูง 1,685 เมตร อุทยานจะมีเนื้อที่ประมาณ 262 ตารางกิโลเมตร ในท้องที่ 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอหางดงและอำเภอแม่ริม พื้นที่ส่วนที่สองมีขนาดเล็กและตั้งอยู่ในเขตอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน ยอดเขาที่สำคัญ คือ ดอยปุย ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุด ส่วนยอดเขาอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ดอยสุเทพใกล้กับสันกู่ ดอยแม่สาน้อย ดอยบวกห้าบริเวณพระตำหนักภูพิงค์ราชนิเวศน์ ดอยค่อมร่อง บริเวณที่ทำการอุทยานแห่งชาติ บริเวณวัดพระธาตุดอยสุเทพ เป็นต้น จากลักษณะความสูงที่แตกต่างกันทำให้ป่าไม้ในอุทยานแห่งชาติดอนสุเทพ-ปุย มีอยู่ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าสนเขา (Pine Forest) ป่าชนิดต่างๆ เหล่านี้มีลักษณะการกระจายพื้นที่ด้านล่างขึ้นไปสู่ยอดเขาตามลำดับ (สุนทรและคุสิต, 2541) โดยจุดที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 จุดที่ระดับความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลเท่ากัน (ภาพ 5) ดังนี้

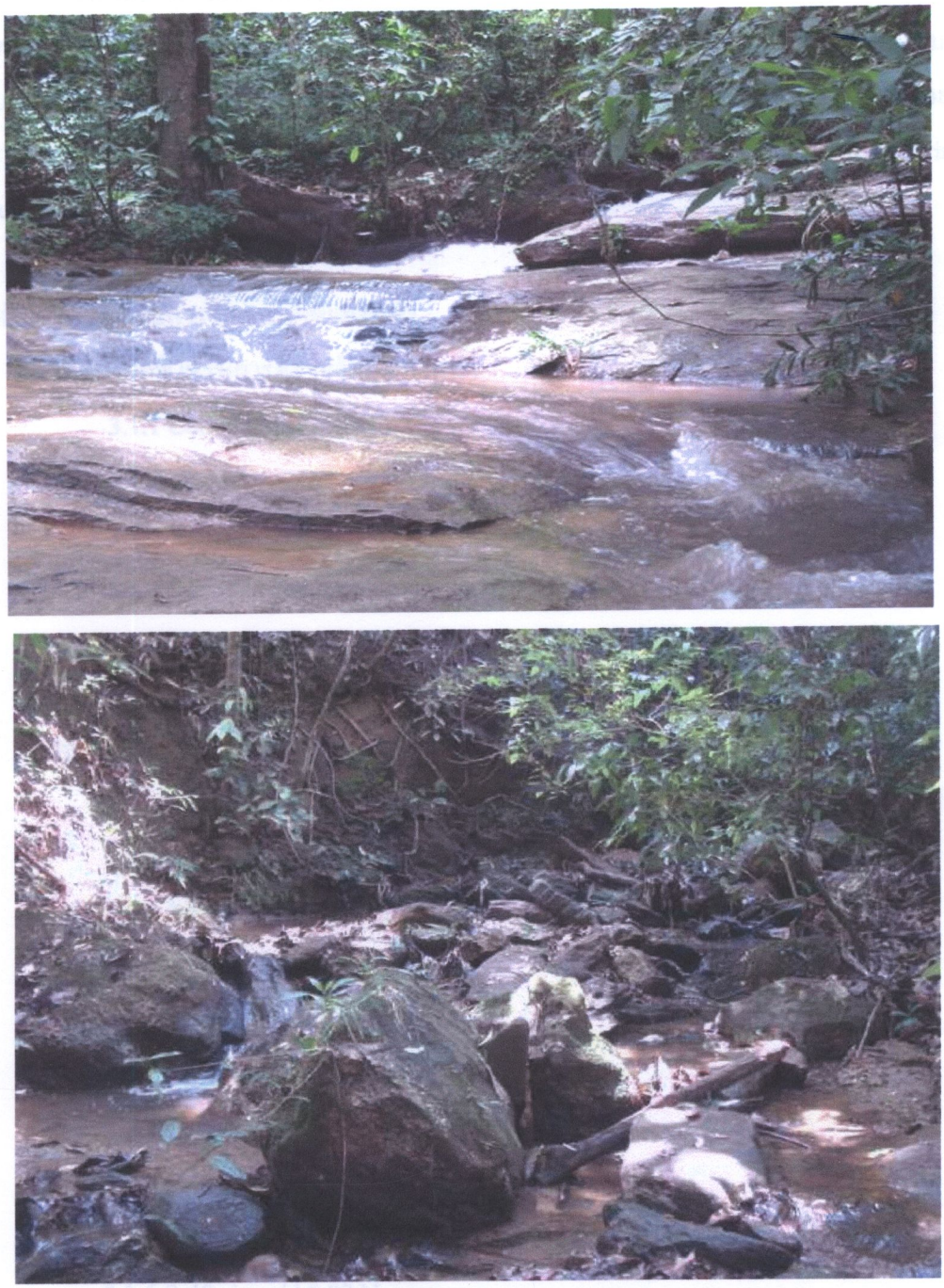
1.1 น้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว ตั้งอยู่ที่พิกัด 98°55' E, 18°49' N (ภาพ 6) สภาพบริเวณด้านข้างลำธารเป็นป่าเบญจพรรณ ลำธารมีน้ำไหลตลอดทั้งปี พื้นท้องน้ำประกอบด้วย หินขนาดใหญ่ หินขนาดกลางจนถึงหินขนาดเล็ก กรวด และทราย น้ำตกมณฑาธารเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นที่รู้จักของชาวไทยและชาวต่างประเทศมีผลทำให้ลำธารน้ำได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การลงเล่นน้ำ การทิ้งเศษอาหารและเศษขยะ เป็นต้น

1.2 ลำธารห้วยผาลาด ตั้งอยู่ที่พิกัด 98°55' E, 18°47' N (ภาพ 7) สภาพบริเวณด้านข้างลำธารเป็นป่าเบญจพรรณ ลำธารน้ำแห้งในบางปีที่แล้งจัด พื้นท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นแผ่นหิน (bed rock) และยังประกอบด้วย หินขนาดกลางจนถึงขนาดเล็ก กรวด และทรายเช่นกัน ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวเช่นเดียวกันกับลำธารห้วยแก้ว



ภาพ 5 แผนที่ลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย (● จุดเก็บตัวอย่าง)

ภาพ 6 ลักษณะของน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้วที่ความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล



ภาพ 7 ลักษณะของลำธารห้วยผาลาดที่ระดับความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล

2. เวลาที่ทำการศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย พร้อมทั้งทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการเป็นระยะเวลา 12 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่างเมื่อเดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 และทำการจัดจำแนกตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พร้อมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ Environmental Monitoring: Aquatic Insects Research Unit

3. การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.1.1 Conductivity / TDS meter

3.1.2 pH meter

3.1.3 Velocity meter

3.1.4 DR/2000 Spectrophotometer HACH

3.1.5 Thermometer

3.1.6 ตลับเมตร

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.2.1 ขวด polyethylene ขนาด 1 ลิตร

3.2.2 ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร

3.2.3 เครื่องแก้วอื่นๆ เช่น flask, burette, pipette, dropper, beaker เป็นต้น

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.3.1 Manganous sulfate

3.3.2 Alkali-iodide-azide solution

3.3.3 Concentrated sulfuric acid

3.3.4 Standard sodium thiosulfate titrant (0.02 N)

3.3.5 Starch solution

3.3.6 Sulfuric acid 0.02 N

3.3.7 Phenolphthalein indicator

3.3.8 Methyl orange indicator

3.3.9 PhosVer3Phosphate reagent

3.3.10 NitraVer5Nitrate reagent

3.3.11 Nessler reagent

3.3.12 Mineral stabilizer

3.3.13 Polyvinyl alcohol

3.3.14 Distilled water

3.4 วิธีการวิเคราะห์ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีโดยทำการศึกษาทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ทั้งหมด 14 ปัจจัย น้ำตัวอย่างที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทำการเก็บด้วยขวด polyethylene ขนาด 1 ลิตร การตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถทำการศึกษาได้ดังนี้

3.4.1 การตรวจวัดภาคสนาม

1) อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ ตรวจวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
2) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ตรวจวัดโดยใช้ pH meter
3) ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (Conductivity) และค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solid; TDS) ตรวจวัดโดยใช้ conductivity/TDS meter
4) ความกว้างของลำธาร วัดโดยใช้ตลับเมตร
5) ค่าความเร็วของกระแสน้ำ (Velocity) ตรวจวัดโดยใช้ Velocity meter
6) ค่าปริมาตรน้ำ (Discharge) ตรวจวัดโดยการหาพื้นที่หน้าตัดของกระแสน้ำกับความเร็วของกระแสน้ำในขณะนั้น

3.4.2 การตรวจวัดคุณภาพน้ำภายในห้องปฏิบัติการ

1) การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ด้วยวิธี Azide Modification Method (APHA, 1992) โดยเก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวด BOD 300 มิลลิลิตรแล้วเติม manganous sulfate, alkali-iodide-azide และ Concentrated sulfuric acid อย่างละ 1 มิลลิลิตร แล้วนำมาไตเตรตด้วย Sodium thiosulfate 0.02 N โดยใช้ Starch solution เป็น indicator
2) การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ด้วยวิธี Azide Modification Method (APHA, 1992) โดยการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวด BOD สีดำขนาด 300 มิลลิลิตร นำมา incubate ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นก็นำมาเติมสารเคมี และไตเตรทตามวิธีในข้อ 1)

3) การวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) ด้วยวิธี Phenolphthalein methyl orange indicator (APHA, 1992) เป็นการไตเตรทน้ำตัวอย่างด้วย sulfuric acid 0.02 N โดยใช้ phenolphthalein และ methyl orange เป็น indicator

4) การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารจากน้ำตัวอย่างที่เก็บมาด้วยขวด polyethylene ขนาด 1 ลิตร โดยใช้เครื่องมือ DR/2000 Spectrophotometer ของบริษัท HACH สหรัฐอเมริกา วิเคราะห์คุณภาพน้ำดังต่อไปนี้

- แอมโมเนีย ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) ด้วยวิธี Nessler Method โดยใช้ร่วมกับสาร Nessler reagent, Mineral stabilizer และ Polyvinyl alcohol
- ไนเตรท ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen) ด้วยวิธี Cadmium Reduction Method โดยใช้ร่วมกับสาร NitraVer5Nitrate reagent
- ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method โดยใช้ร่วมกับสาร PhosVer3Phosphate reagent

5) การวิเคราะห์ค่าความขุ่นใสของน้ำ (Turbidity) โดยใช้เครื่องมือ DR/2000 Spectrophotometer ของบริษัท HACH สหรัฐอเมริกา

4. การเก็บตัวอย่างและศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำ

4.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 Surber sampler ขนาด 25x25 เมตร และขนาดของตาข่าย 250 ไมโครเมตร

4.1.2 ถ้วยกระเบื้อง (crucible)

4.1.3 โถดูดความชื้น (desiccator)

4.1.4 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace)

4.1.5 เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง

4.1.6 หลอดไฟ black light 6 วัตต์ 12 โวลต์ พร้อมด้วยบัลลาสและสตาร์ทเตอร์

4.1.7 แบตเตอรี่ 12 โวลต์

4.1.8 ภาชนะสำหรับรองรับแมลง ในที่นี้ใช้กะละมังพลาสติกสีดำและตะแกรง (sieve) ใช้สำหรับกรองเอาตัวอย่าง

4.1.9 น้ำยา detergent (dish washing liquid)

4.1.10 70 % Alcohol

4.1.11 Sodium Hydroxide solution (10 % NaOH)

4.1.12 Potassium Hydroxide solution (10 % KOH)

4.1.13 Dimethyl Hydantoin Formaldehyde Resin: DMHF-Resin

4.1.14 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereomicroscope)

4.1.15 Hotplate ชนิดควบคุมอุณหภูมิและมีระบบตัดไฟอัตโนมัติ (automatic thermostat)

4.1.16 คู่มือที่ใช้ในการวินิจฉัยตัวอย่าง เช่น A preliminary picture atlas for identification of Trichoptera of Thailand (Malicky, 1997) หรือ A preliminary survey of the caddisflies (Trichoptera) of Thailand (Malicky and Chantaramongkol, 1999) เป็นต้น

4.1.17 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น slide, cover slip, Petri dishes, beakers, stenter dishes, forceps, needles, light source, ถาดที่ใช้สำหรับแยกแมลง เป็นต้น

4.2 วิธีการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำ

4.2.1 การเก็บตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

การเก็บตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทำได้โดยใช้ Surber sampler (ภาพ 8) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทราบพื้นที่ที่แน่นอน จึงใช้สำหรับการศึกษาในเชิงปริมาณ เหมาะสำหรับลำธารน้ำซึ่งมีความลึกต่ำกว่า 30 เซนติเมตร และความเร็วของกระแสน้ำปานกลาง ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง โดยการวาง Surber ขนาด 25X25 ตารางเซ็นติเมตร ให้ขนานไปกับกระแสน้ำและกรอบของ Surber ฝังลงไปในพื้นท้องน้ำ แล้วหลังจากนั้นก็พยายามทำให้แมลงหนอนปลอกน้ำที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดลอยไปกับกระแสน้ำและไปติดในตาข่ายของ Surber ที่ดักเอาไว้ (Lind, 1979) โดยการกวนพื้นท้องน้ำหรือในกรณีที่เป็นก้อนหินให้ใช้แปรงขัดเบาๆ เพื่อให้แมลงที่เกาะอยู่หลุดออกไป หลังจากนั้นก็นำมาแยก (sort) เอาตัวอ่อนแมลงที่ต้องการด้วย forceps ในถาดที่มีพื้นสีขาวหรือสีอื่นๆ ที่ช่วยในการมองเห็นได้ดีขึ้น และเก็บในพาชนะที่เตรียมไว้ เช่น vial หรือถุงพลาสติก พร้อมกับติดฉลาก (label) เพื่อนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการต่อไป

4.2.2 การเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย

การเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย ทำได้โดยการใช้แสงไฟล่อจับ (light trap) (ภาพ 9) ซึ่งประกอบด้วย หลอดไฟ black light บัลลาสและสตาร์ทเตอร์ ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ วางชุดหลอดไฟไว้บนกะละมังพลาสติกสีดำซึ่งใส่น้ำและน้ำยา detergent การวาง light trap จะวางตั้งไว้ข้างลำธาร และวางไว้ตลอดทั้งคืนเพื่อให้สามารถจับแมลงที่มีช่วงออกบินที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นใช้ตะแกรงกรองเอาแมลงที่ดักได้ทั้งหมดใส่ในภาชนะเตรียมไว้ พร้อมทั้ง

label และรักษาสภาพด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเดือนละ 1 ครั้ง ในแต่ละครั้งเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 12 เดือน

ภาพ 8 อุปกรณ์ Surber sampler ที่ใช้ในการเก็บตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเชิงปริมาณ

ภาพ 9 อุปกรณ์ light trapping ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย

4.3 การจัดจำแนก (identification)

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำนำมาแยกและจัดจำแนกถึงระดับชนิดภายใต้กล้อง stereo โดยใช้ภาพวาดในวิทยานิพนธ์ของ สมยศ (2543) เพื่อที่จะนำไปศึกษาในส่วนต่างๆ ต่อไป ส่วนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยนำมาทำการแยกเพศผู้และเพศเมีย เพื่อที่จะนำเฉพาะแมลงหนอนปลอกน้ำเพศผู้มาตัดเอาส่วนปลายของปล้องท้องส่วนที่เรียกว่า genitalia ไปทำใส (maceration) ด้วยการต้มกับ 10 % NaOH ใน stenter dish ซึ่งวางบน hot plate ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และล้างทำความสะอาดด้วยสารละลาย detergent แล้วจึงนำมาจัดจำแนกถึงระดับชนิดภายใต้กล้อง stereo โดยคู่มือที่ใช้ในการวินิจฉัยตัวอย่าง

4.4 การศึกษาวงชีวิต (life cycle)

นำตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมาทำการวัดความกว้างของส่วนหัว (head capsule width) บริเวณระหว่างขอบด้านนอกของตาทั้งสองข้างและวัดความยาวจากปลายของส่วนหัวจนถึงปล้องท้องปล้องสุดท้ายด้วย ocular micrometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และบันทึกผล นำผลความกว้างของส่วนหัวมาทำการศึกษา size frequency histogram เพื่อหาความกว้างของส่วนหัวโดยเฉลี่ยของตัวอ่อนในแต่ละระยะ ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และหลังจากนั้นจึงศึกษาการปรากฏของตัวอ่อนในแต่ละระยะ ส่วนข้อมูลความยาวของแมลงนั้นจะนำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของแมลงกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า (AFDW) โดยใช้โปรแกรม SPSS

4.5 การศึกษาพฤติกรรมการกินอาหาร (food habit)

การศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารทำได้โดยการศึกษา gut analysis ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงแหล่งอาหารหลักของผู้บริโภค มีขั้นตอน คือ แยกเอาทางเดินอาหารของแมลงออกมาโดยพยายามไม่ให้ทางเดินอาหารขาดขณะตัดเอาหัวแมลงออกมา ซึ่งอาจจะใช้เข็มช่วยยึดทางเดินอาหารเอาไว้ แล้วเลือกตัดเอาทางเดินอาหารส่วนหน้า (fore gut) วางลงบนแผ่นสไลด์สะอาด แล้วหยดด้วย moulting media หรือน้ำกลั่น ฉีกทางเดินอาหารออกให้กระจายใน moulting media โดยใช้เข็มปลายเล็กๆ แล้วหลังจากนั้นก็ปิด cover slip พร้อมทั้งกดเบาๆ ให้ media กระจายให้ทั่ว นำแผ่นสไลด์ไปอบให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปศึกษาถึงประเภทของอาหารที่แมลงหนอนปลอกน้ำกินเข้าไป และบันทึกผล

เมื่อต้องการทราบถึงลักษณะของปากของแมลงเพื่อเชื่อมโยงถึงลักษณะของอาหารที่แมลงกินเข้าไปจะทำการศึกษาถึงลักษณะของ mandible โดยนำส่วนหัวของแมลงมาทำให้ใสโดยต้มด้วย 10 % KOH ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปทำเป็นสไลด์โดยใช้ DMHF-resin เป็น moulting media แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4.6 การศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สอง (secondary productivity)

นำตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ที่ทำการวัดความกว้างส่วนหัวและความยาวของลำตัวเรียบร้อยแล้วไปหาน้ำหนักแห้ง (dry mass) โดยใส่ตัวอย่างลงไปในถ้วยกระเบื้องที่อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณน้ำหนักแห้ง ดังสูตรต่อไปนี้

Dry mass = น้ำหนักหลังการอบ – น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

นำตัวอย่างหลังการอบไปหาน้ำหนักเถ้า (ash mass) โดยเผาด้วย muffle furnace ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณหาน้ำหนักเถ้าดังสูตรต่อไปนี้

Ash mass = น้ำหนักหลังการเผา – น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

น้ำหนักที่ปราศจากเถ้า (AFDW-Ash Free Dry Weight) คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

AFDW = dry mass - ash mass

บันทึกผลที่ได้จากทุกขั้นตอน เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงผลและเปรียบเทียบชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae โดยใช้ข้อมูลส่วนที่เป็นวงชีวิต พฤติกรรมการกินอาหารและการปรากฏของตัวอ่อนและตัวเต็มวัย

ข้อมูลน้ำหนักแห้ง น้ำหนักเถ้าและน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า ใช้คำนวณความหนาแน่นของประชากร (population density) annual production และ P/B ratio โดยวิธี Non-Cohort Technique-Size-Frequency Method (Hauer and Lamberti, 1996) (ภาคผนวก ก)

ข้อมูลความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS และทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับ แตงอ่อน (2543) โดยใช้โปรแกรม PATN (Belbin, 1995) พร้อมทั้งศึกษาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการ

การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบริเวณน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 เดือนละ 1 ครั้ง ทั้งหมด 14 ปัจจัย คือ อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธาร ค่าความเร็วของกระแสน้ำ ค่าปริมาตรน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ความสามารถในการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าความเป็นเบสของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน มีค่าที่ได้จากการตรวจวัดและวิเคราะห์ในแต่ละเดือน ดังตาราง 2-3 และพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาภาคเหนืออีก 2 ปัจจัย โดยแบ่งพิจารณาเป็นปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีดังนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ

จากข้อมูลของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือในปี 2541-2543 พบว่าในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 0-181.3 มิลลิเมตร 2.6-164.9 มิลลิเมตร และ 0-195.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพ 10) และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 21.7-30.1 องศาเซลเซียส 20.2-29.0 องศาเซลเซียส และ 22.64-28.91 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพ 11)

อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าที่ลำธารห้วยแก้วอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.51 ± 2.62 องศาเซลเซียส และ 21.79 ± 3.46 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และที่ลำธารห้วยผาลาดพบอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศมีค่าระหว่าง 21.98 ± 2.33 องศาเซลเซียส และ 23.0 ± 3.512 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยค่าของอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดังภาพ 12 และ 13 โดยแถบสี่เหลี่ยมของภาพ boxplot จะครอบคลุมข้อมูล 50 เปอร์เซ็นต์ นับจากข้อมูลสูงสุดและข้อมูลต่ำสุด เส้นตรงกลางแถบสี่เหลี่ยม คือ ค่ากลางข้อมูล (median) เส้นที่ยื่นออกทั้งสองข้าง คือ ค่าของข้อมูลที่สูงสุดและต่ำสุด

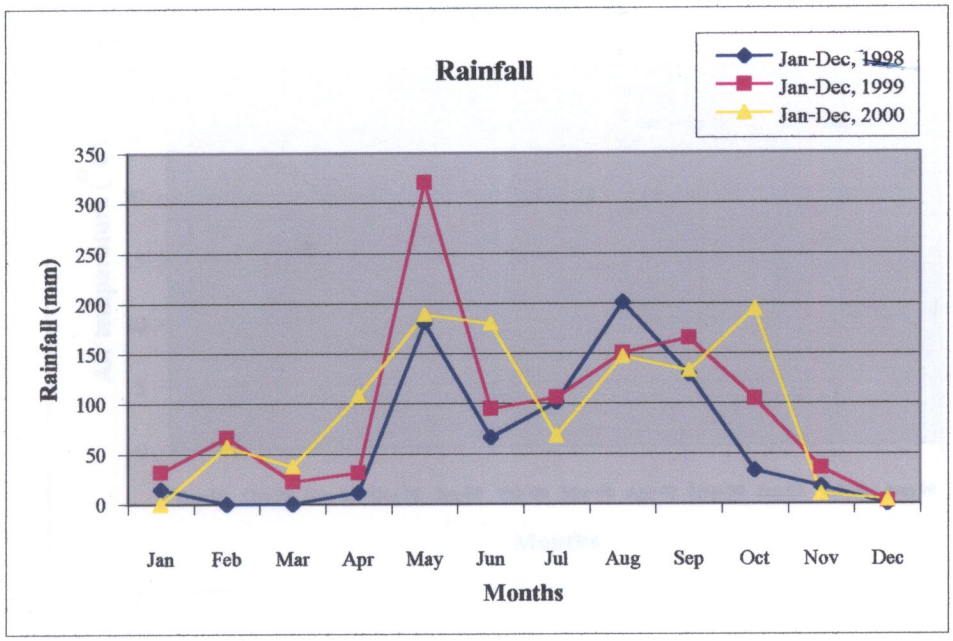
ความกว้างของลำธาร ที่ลำธารห้วยแก้วมีค่าความกว้างของลำธารเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 ± 2.62 เมตร และที่ลำธารห้วยผาลาดมีค่าความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 1.80 ± 0.29 เมตร ค่าของความกว้างของลำธารจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (ภาพ 14)

ตาราง 2 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการในลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542ถึงเดือนสิงหาคม 2543

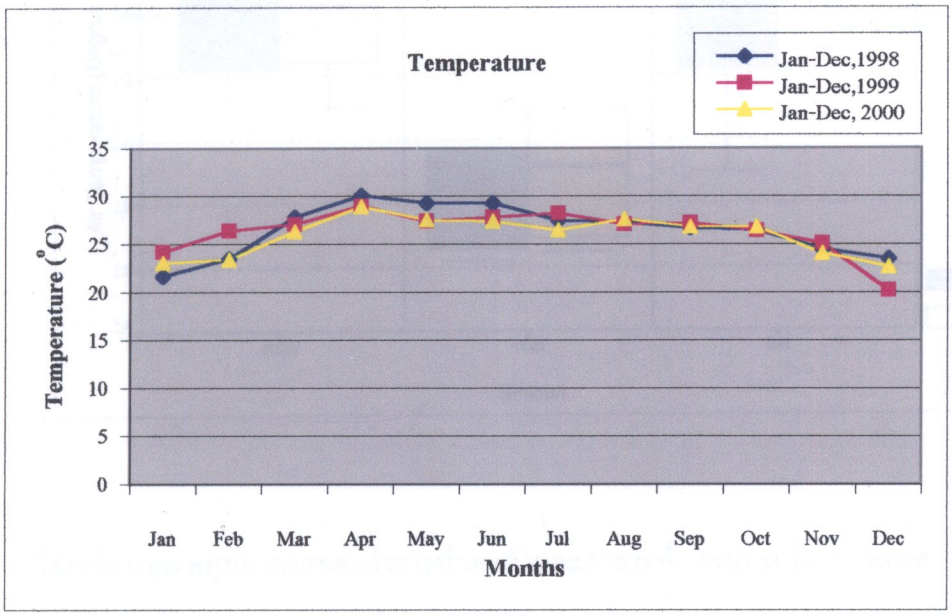
parameter	Sep, 1999	Oct, 1999	Nov, 1999	Dec, 1999	Jan, 2000	Feb, 2000	Mar, 2000	Apr, 2000	May, 2000	Jun, 2000	Jul, 2000	Aug,2000
Air temperature (^{O}C)	24	22.8	20	16.2	17	19.4	19	25.5	25.4	26	25	21.2
Water temperature(^{O}C)	23.5	22.4	20.4	16	18.5	19	22.4	22.2	24.2	24.5	24	21
width (m)	2.8	2.65	2.58	2.7	2.3	2.5	2.4	2.2	3.5	4.55	4.35	4.1
Velocity (m/s)	0.58	0.49	0.47	0.46	0.39	0.41	0.49	0.5	0.52	0.6	0.47	0.57
Discharge (m^3/s)	0.235	0.219	0.152	0.132	0.119	0.109	0.102	0.134	0.165	0.13	0.15	0.209
Turbidity (FTU)	15	12	10	15	8	12	8	17	13	14	44	71
pH	7.8	7.7	7.9	8	7.33	7.7	7.8	7.5	7.5	7.6	7.6	7.9
Conductivity (us/cm)	29.4	30	30.2	32	32.2	33	33.6	36.7	40.5	30.4	3.08	34.8
TDS (mg/l)	14.7	15.1	15	16	16.1	17	19.6	18.6	26	15.3	15	17.4
Alkalinity (mg/l)	13.5	15	14	14.5	11	12	14.5	14.5	13.5	14.5	15	14.5
DO_0 (mg/l)	7.4	7	7.2	7	7.9	8.9	9	8	5.8	6.5	7.2	6.7
BOD_5 (mg/l)	3.3	2.3	3.1	2	1.2	2.4	1.5	1.1	3.2	1	1.8	1.85
Orthphosphate (mg/l)	0.1	0.05	0.1	0.15	0.15	0.11	0.18	0.36	0.41	0.1	0.15	0.23
Nitrate (mg/l)	1.1	1	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	1.3	1.9	1.3	0.17	1
Ammonia (mg/l)	0.15	0.22	0.18	0.15	0.07	0.17	0	0.19	0.49	0.17	0.9	0.15

ตาราง 3 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการในลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543

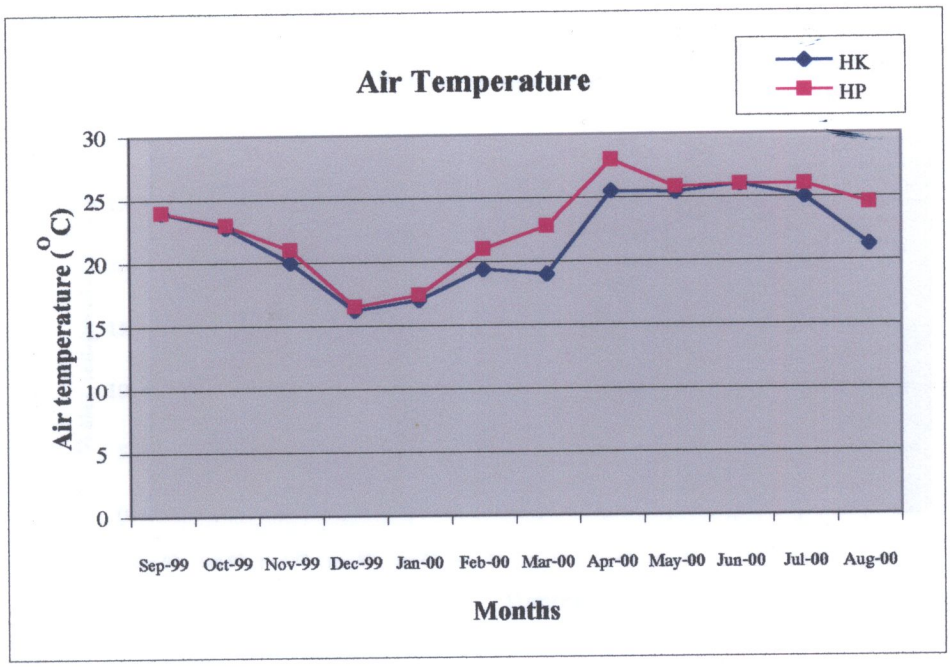
parameter	Sep, 1999	Oct, 1999	Nov, 1999	Dec, 1999	Jan, 2000	Feb, 2000	Mar, 2000	Apr, 2000	May, 2000	Jun, 2000	Jul, 2000	Aug,2000
Air temperature (^{O}C)	24	23	21	16.5	17.4	21	22.8	28	25.8	26	26	24.5
Water temperature (^{O}C)	23	22	21.8	17	18.5	20.2	22.5	22.8	24.5	24.5	24	23
width (m)	1.85	1.68	1.65	1.7	1.5	1.34	1.55	1.8	2	2.1	2.285	2.2
Velocity (m/s)	0.6	0.53	0.5	0.49	0.45	0.43	0.52	0.63	0.56	0.68	0.49	0.48
Discharge (m^3/s)	0.114	0.095	0.092	0.089	0.08	0.08	0.085	0.098	0.115	0.105	0.102	0.15
Turbidity (FTU)	3.4	20	18	12	13	7	11	18	60	23	20	67
pH	8.3	8.2	8	8.2	7.8	8	8	7.9	7.8	7.7	7.8	8.2
Conductivity (us/cm)	129	132.4	134.4	130	128.4	137.5	182.4	174.1	180.4	129.5	149.4	151.2
TDS (mg/l)	64.5	66.2	67.2	65	64.2	69	91.4	85.8	90.2	65	74.9	75.1
Alkalinity (mg/l)	55	58	52	49	50	57	62	59.5	63	48	51	50
DO_0 (mg/l)	7.5	7	7.2	7.4	7.9	8.5	8.1	8.7	5.6	6.9	7.5	7.6
BOD_5 (mg/l)	3.7	3.3	2.9	2	2.1	1.3	2.3	3.9	3.3	1	1.7	0.95
Orthophosphate (mg/l)	0.38	0.29	0.45	0.34	0.48	0.31	0.35	0.72	0.94	0.43	0.39	0.42
Nitrate (mg/l)	2.6	1.9	1.8	2.4	2	1.9	2.5	1.8	2	2	0.1	1.8
Ammonia (mg/l)	0.12	0.19	0.17	0.14	0.03	0.2	0.02	0.14	0.07	0.19	2.2	0.12

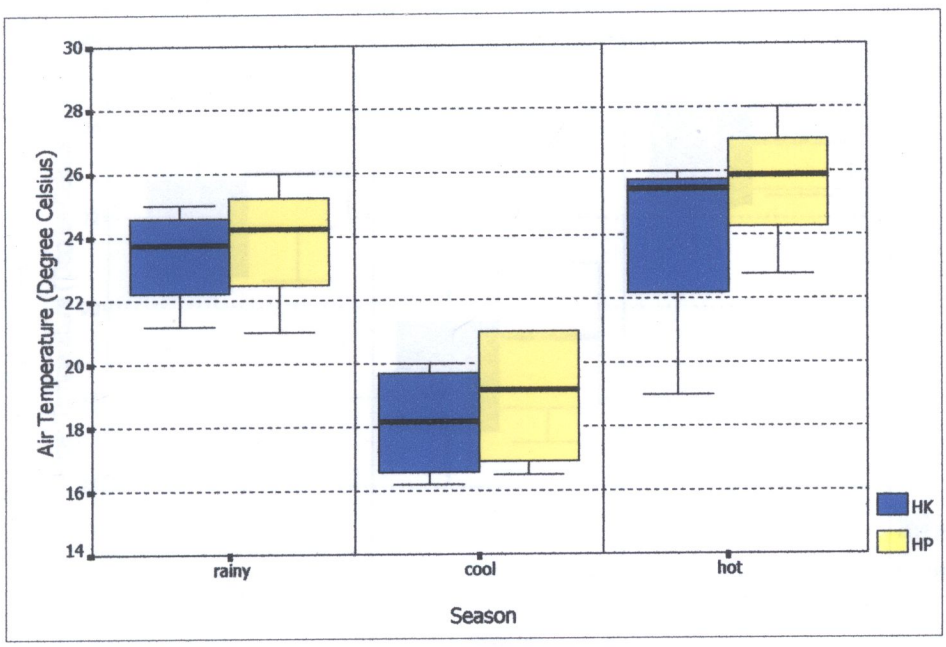


ภาพ 10 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2541-2543 (ที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2541; 2542; 2543)

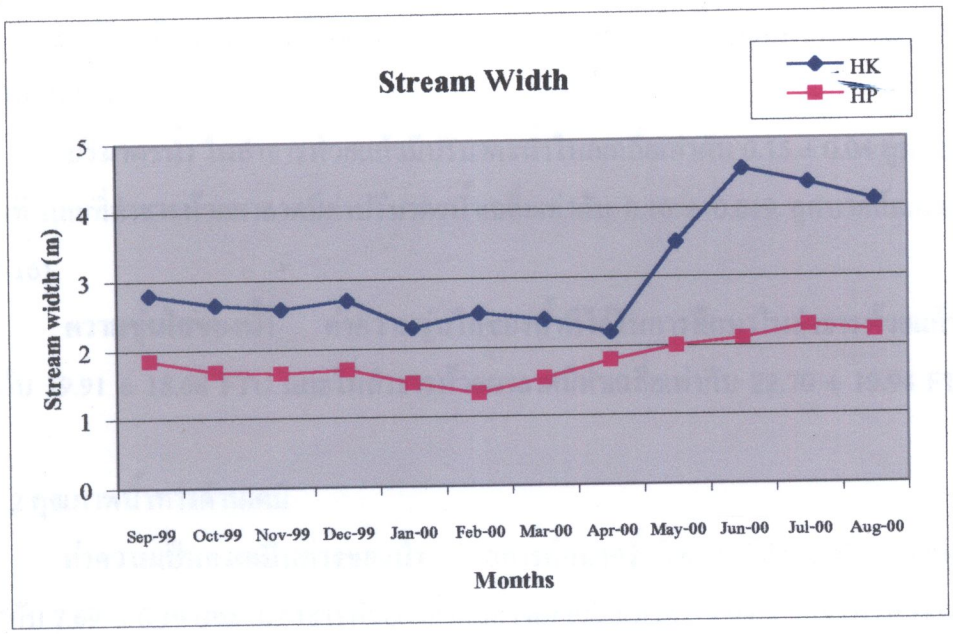


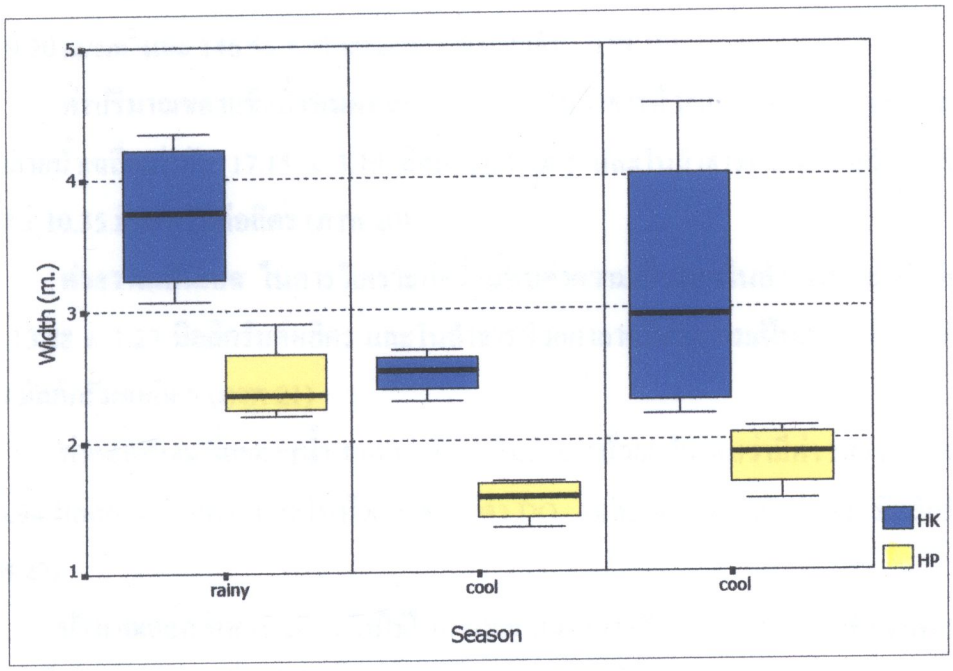
ภาพ 11 อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2541-2543 (ที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2541; 2542; 2543)





ภาพ 12 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล





ภาพ 14 เปรียบเทียบความกว้างของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล

ความเร็วของกระแสน้ำ ที่ลำธารห้วยแก้วมีค่าความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.06 เมตรต่อวินาที และลำธารห้วยผาลาดมีค่าความเร็วของกะแสน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.53 ± 0.07 เมตรต่อวินาที (ภาพ 15)

ปริมาตรน้ำ ในลำธารห้วยแก้วมีปริมาตรน้ำไหลเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ± 0.04 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และที่ลำธารห้วยผาลาดมีค่าปริมาตรน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 ± 0.019 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ภาพ 16)

ความขุ่นใสของน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำที่ได้ในการศึกษาในลำธารห้วยแก้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.91 ± 18.68 FTU และในลำธารห้วยผาลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.70 ± 19.94 FTU (ภาพ 17)

4.1.2 คุณภาพน้ำทางด้านเคมี

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าที่ลำธารห้วยแก้วมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.69 ± 0.19 และในลำธารห้วยผาลาดมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.99 ± 0.19 (ภาพ 18)

ค่าการนำไฟฟ้า ในลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 30.49 ± 9.20 $\mu s/cm^2$ และ 146.56 ± 21.00 $\mu s/cm^2$ ตามลำดับ (ภาพ 19)

ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ในลำธารห้วยแก้วมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 17.15 ± 3.19 มิลลิกรัมต่อลิตร และในลำธารห้วยผาลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.20 ± 10.35 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 20)

ค่าความเป็นเบส ในการวิเคราะห์ครั้งนี้พบค่าความเป็นเบสในลำธารห้วยแก้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.88 ± 1.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และในลำธารห้วยผาลาดมีค่าความเป็นเบสเฉลี่ยเท่ากับ 5.454 ± 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 21)

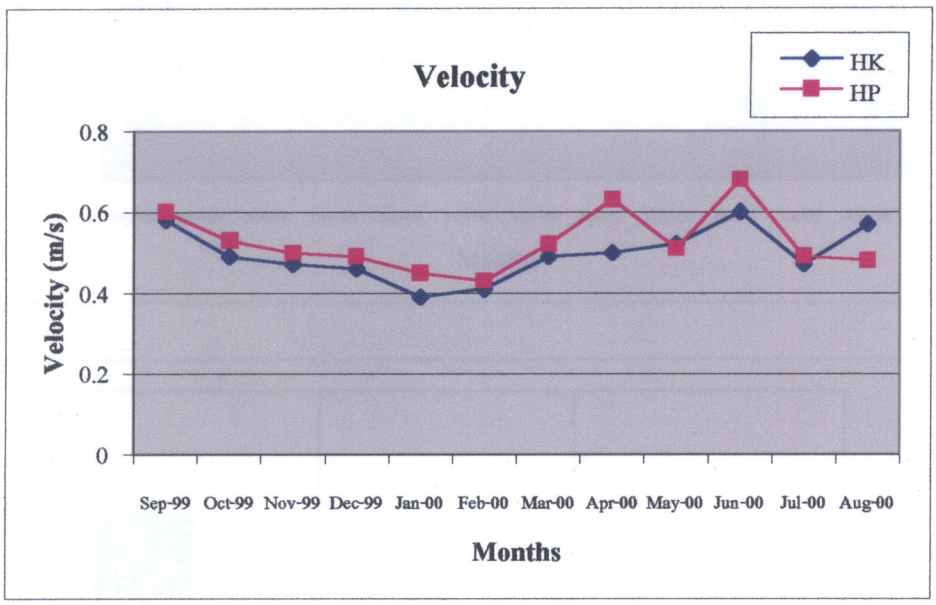
ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ จากการศึกษาในลำธารห้วยแก้ว พบว่ามีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 7.38 ± 0.94 มิลลิกรัมต่อลิตร และในห้วยผาลาดมีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ 7.49 ± 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 22)

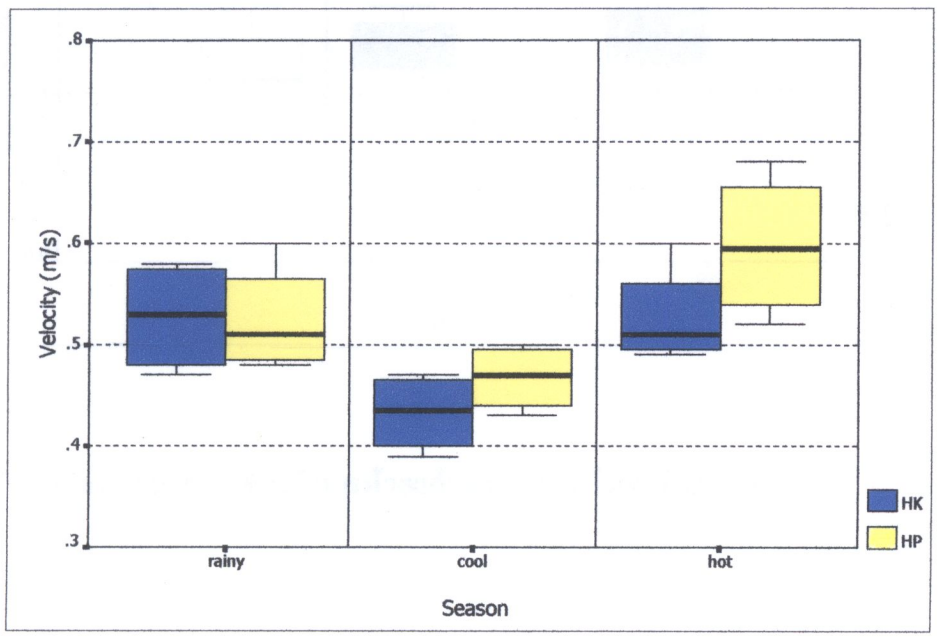
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จากการศึกษาพบว่าในลำธารห้วยแก้วมีค่า BOD_5 เฉลี่ยเท่ากับ 2.06 ± 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลำธารผาลาดมีค่า BOD_5 เฉลี่ยเท่ากับ 2.37 ± 1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 23)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต เป็นฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำและถูกนำไปใช้โดยตรงโดยสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเป็นรูปเดียวที่สามารถวิเคราะห์หาได้โดยตรง จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าที่ลำธารห้วยแก้วมีค่าออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร และในลำธารห้วยผาลาดมีค่าออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 ± 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 24)

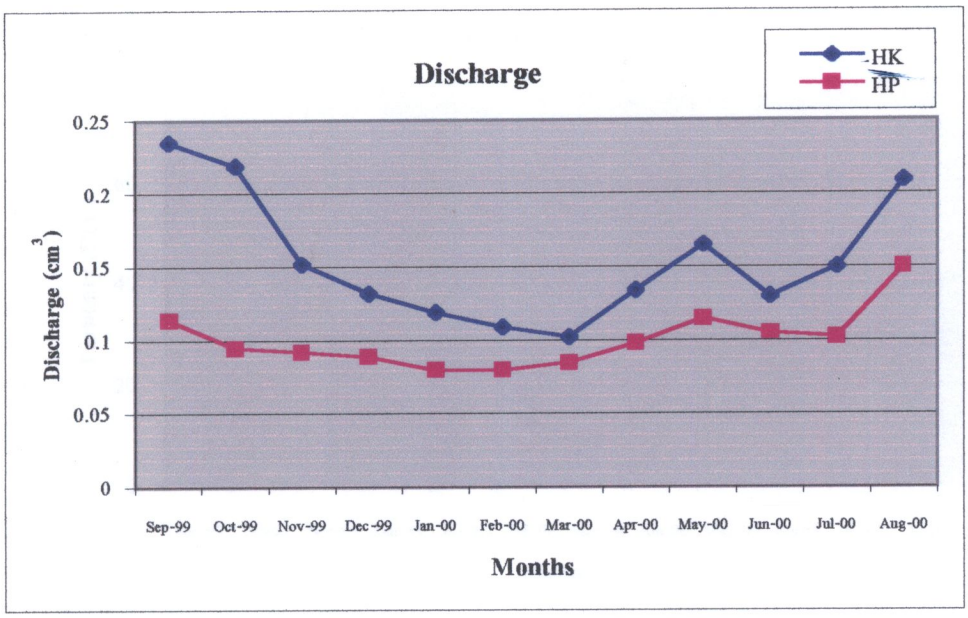
ไนเตรตไนโตรเจน จากการศึกษาในลำธารห้วยแก้ว พบว่ามีค่าไนเตรตไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลำธารห้วยผาลาดมีค่าไนเตรตไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 1.9 ± 0.63 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 25)

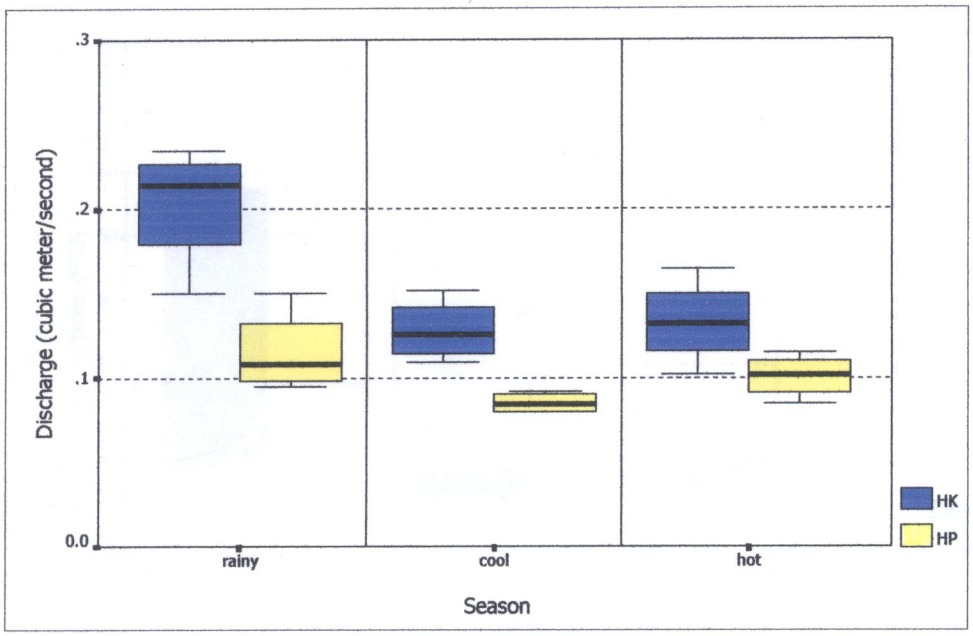
แอมโมเนียไนโตรเจน ในลำธารน้ำห้วยแก้วมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 ± 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และในลำธารห้วยผาลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 ± 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพ 26)



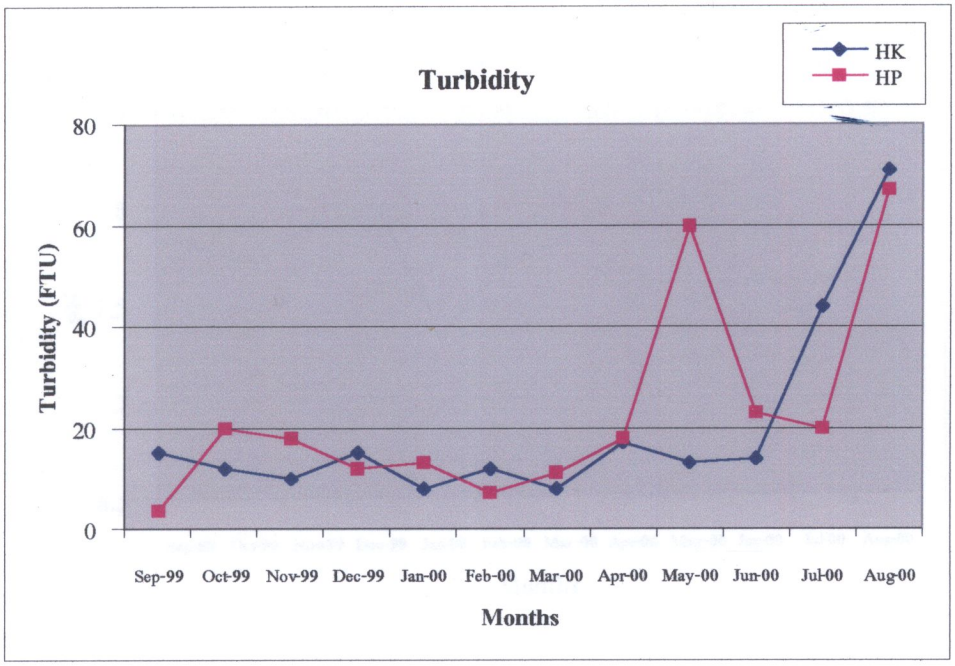


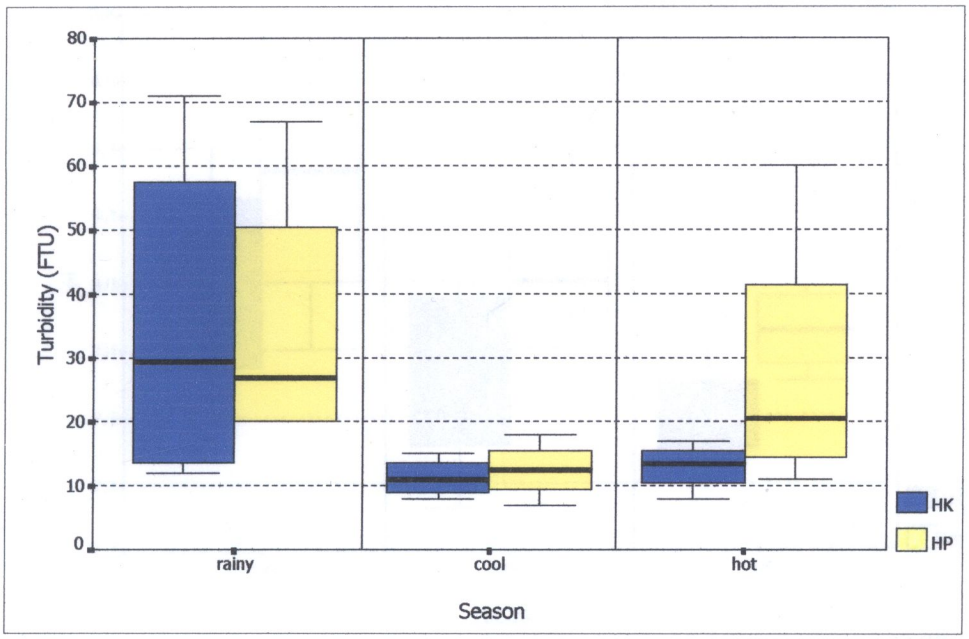
ภาพ 15 เปรียบเทียบความเร็วกระแสน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



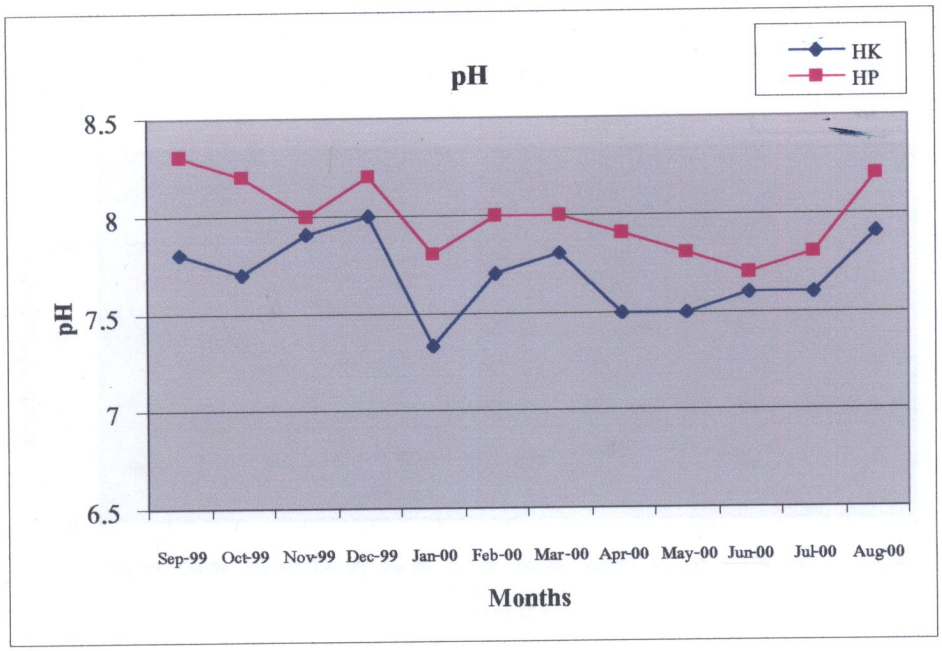


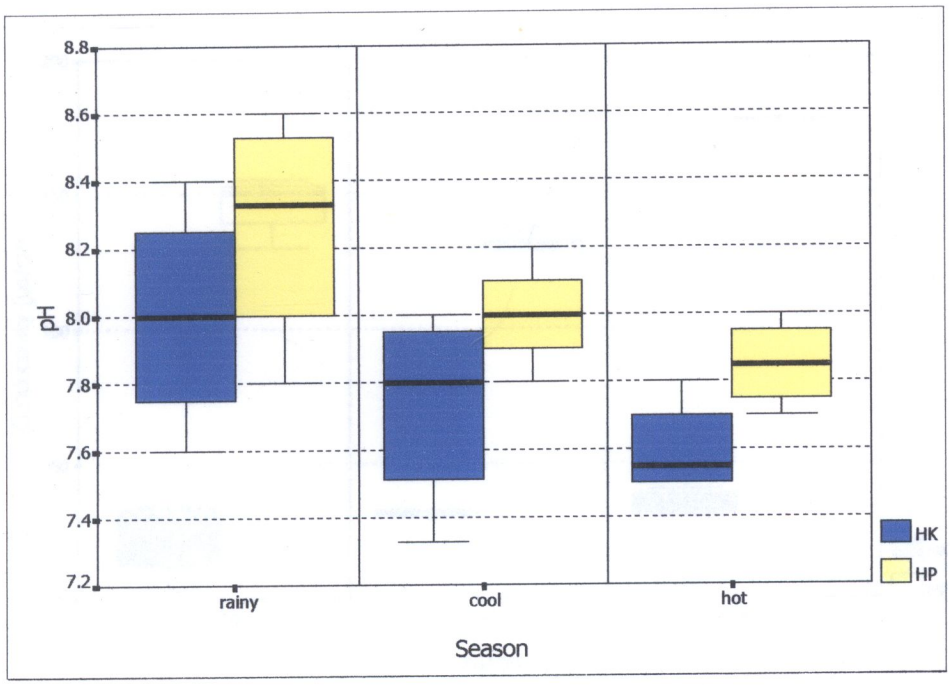
ภาพ 16 เปรียบเทียบปริมาตรน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดใน 3 ฤดูกาล



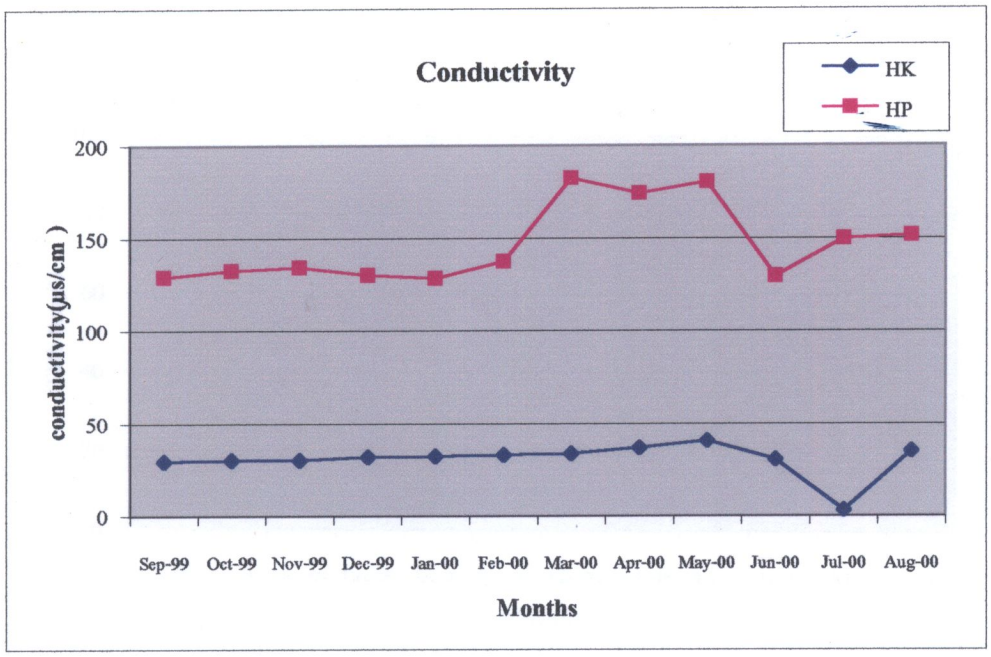


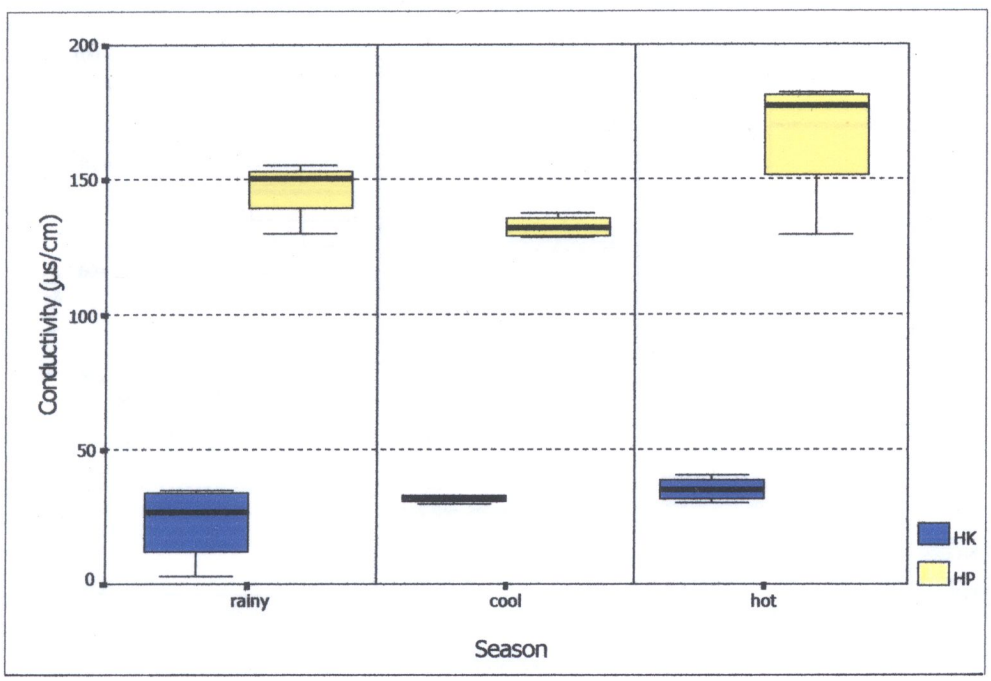
ภาพ 17 เปรียบเทียบความขุ่นใสของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดใน 3 ฤดูกาล



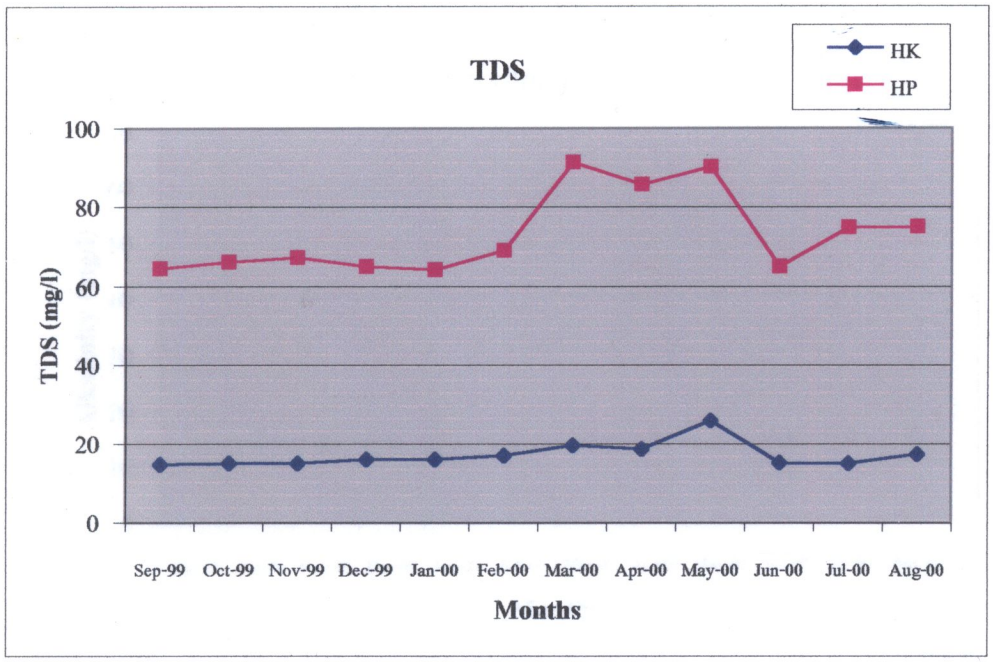


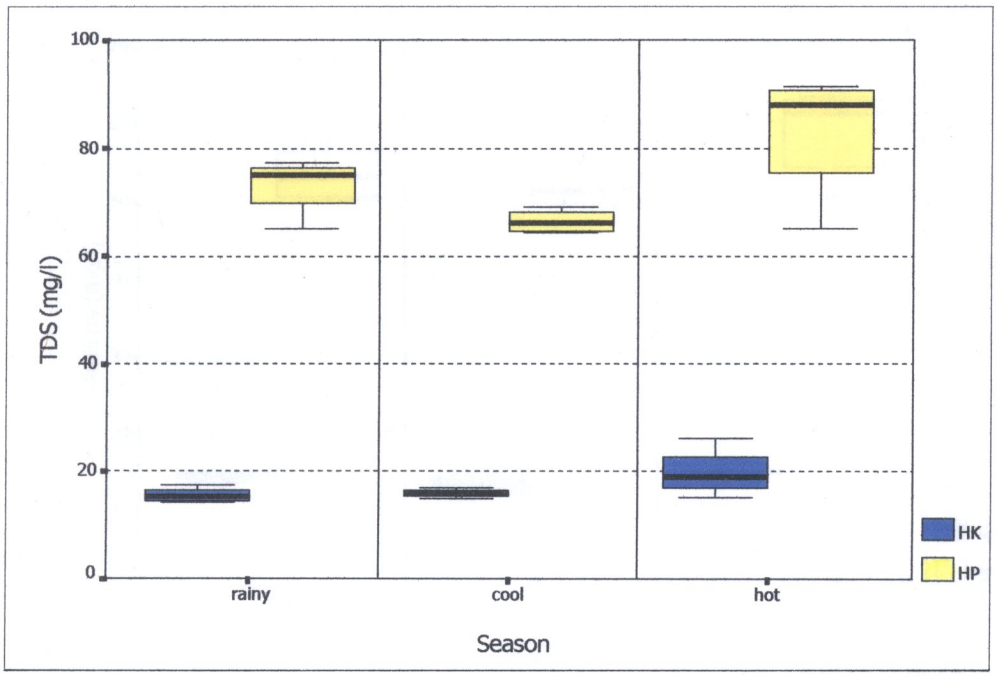
ภาพ 18 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



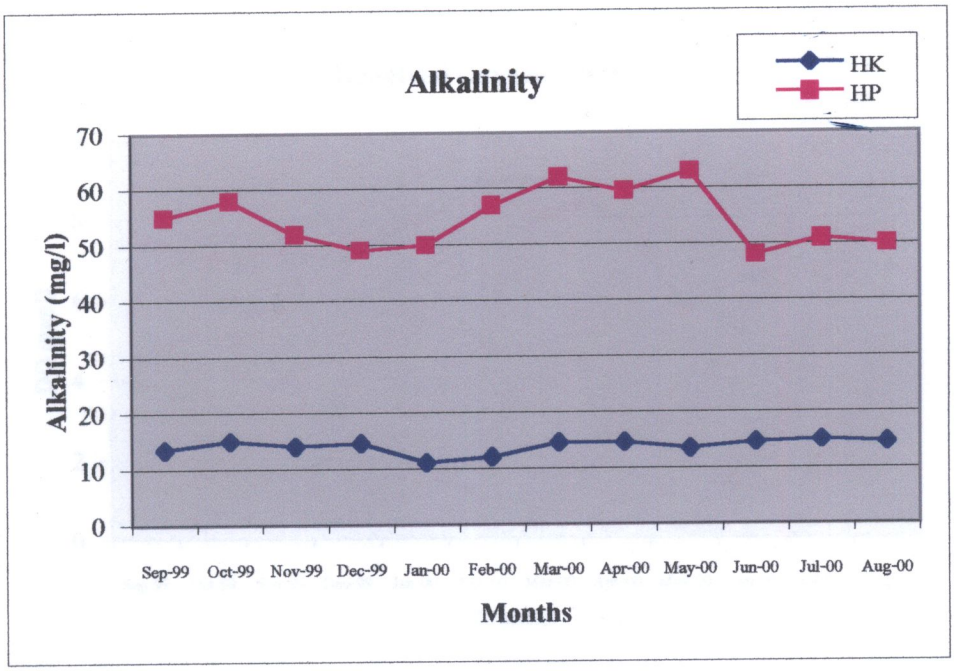


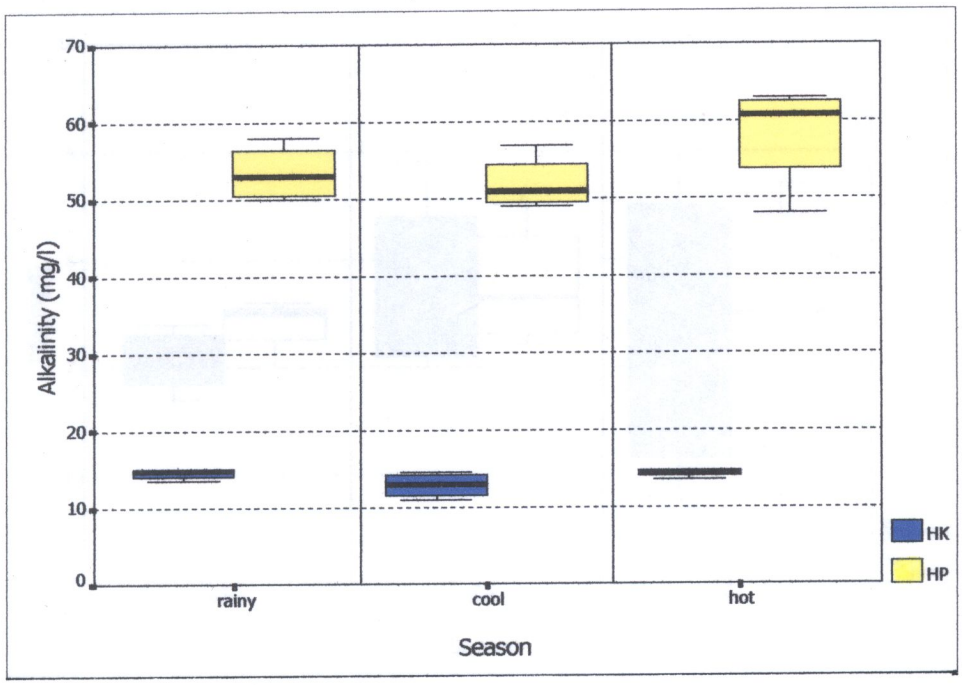
ภาพ 19 เปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



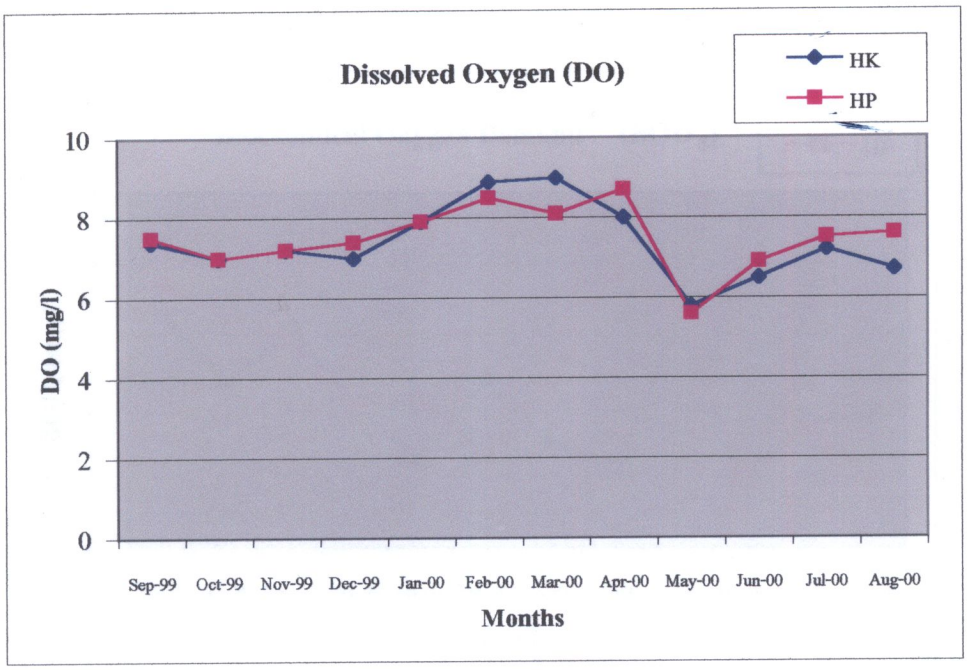


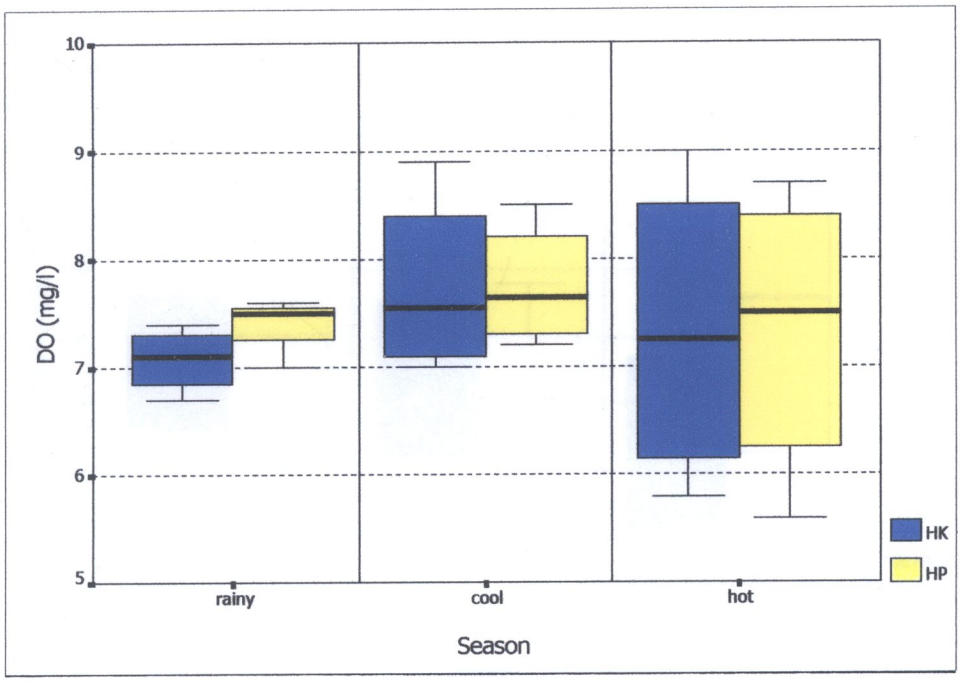
ภาพ 20 เปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



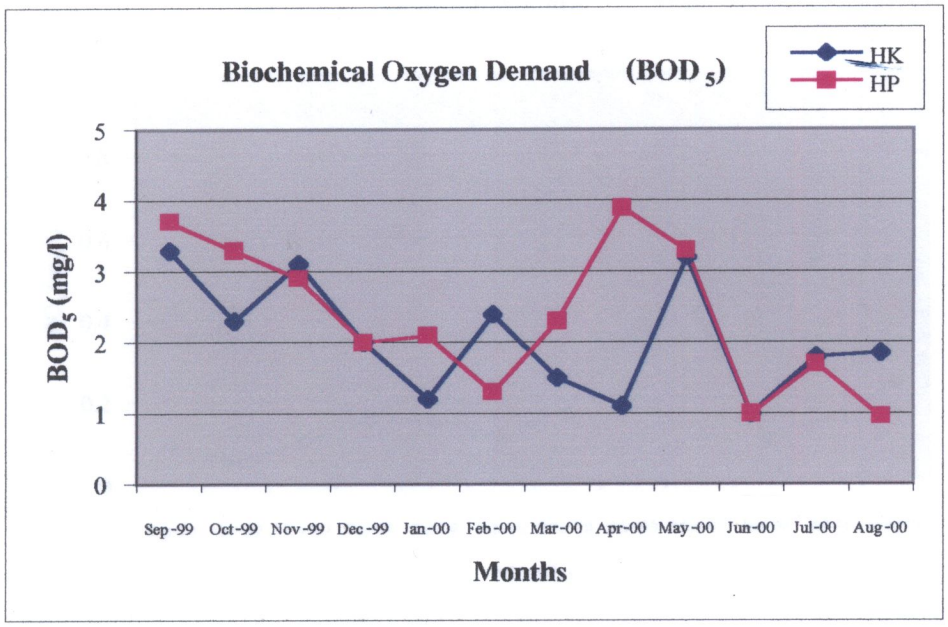


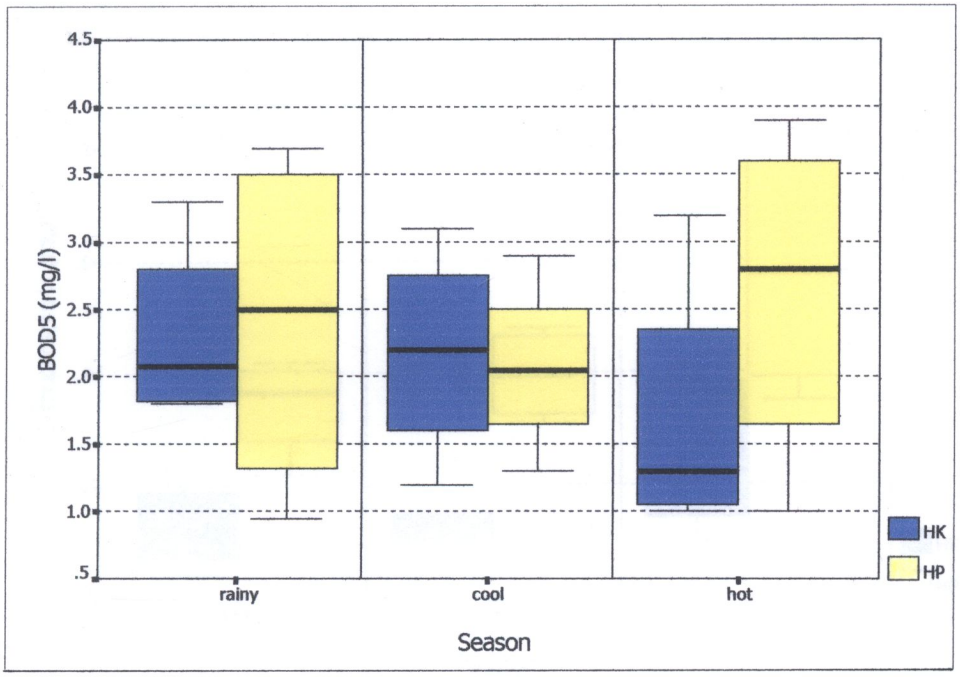
ภาพ 21 เปรียบเทียบค่าความเป็นเบสของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



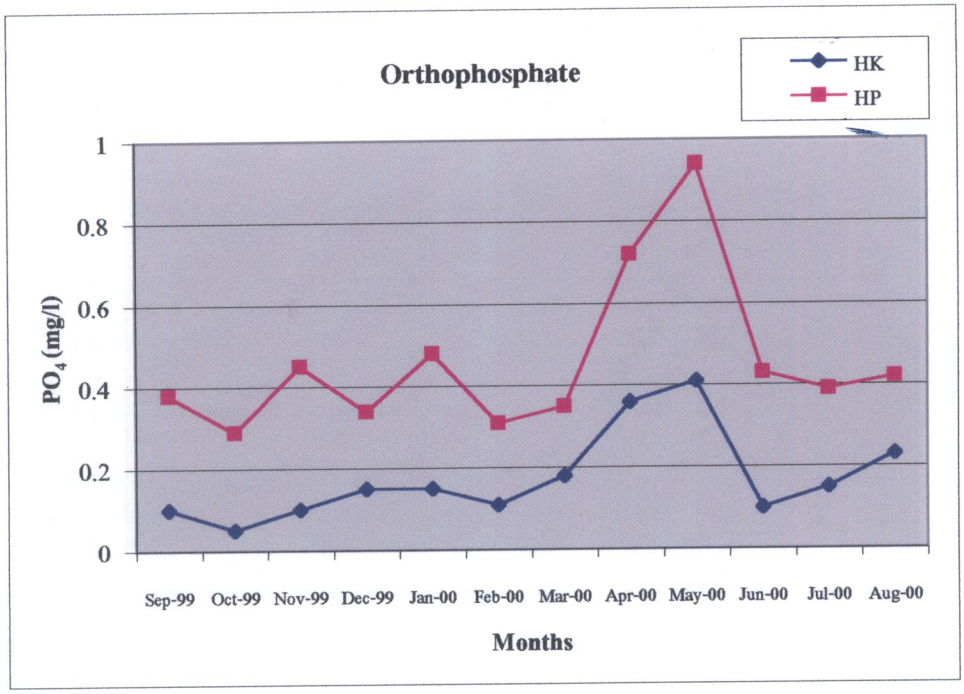


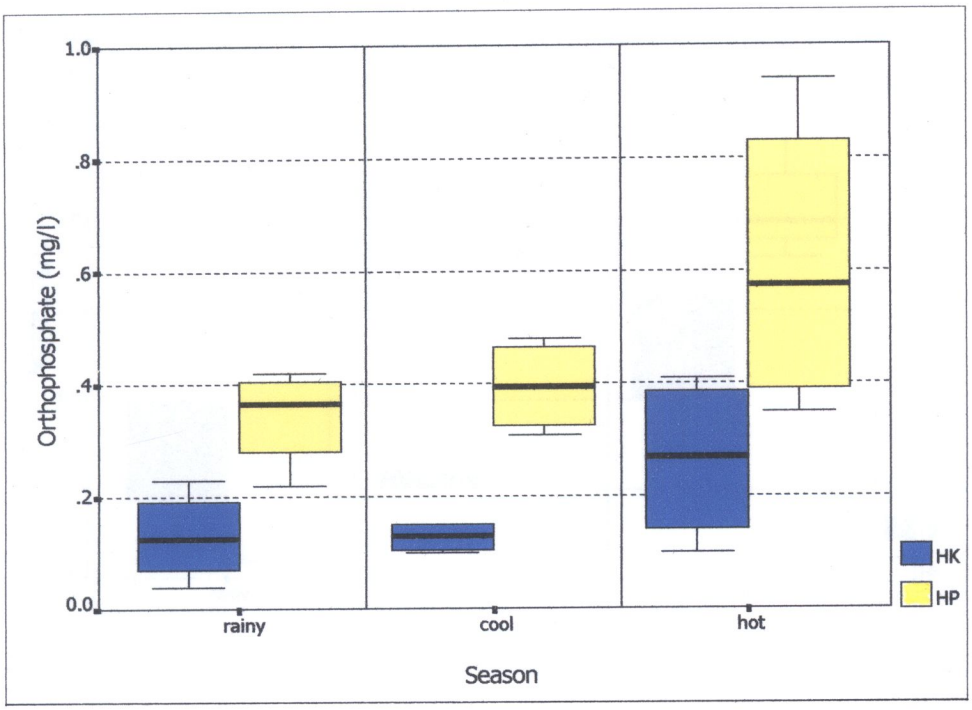
ภาพ 22 เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



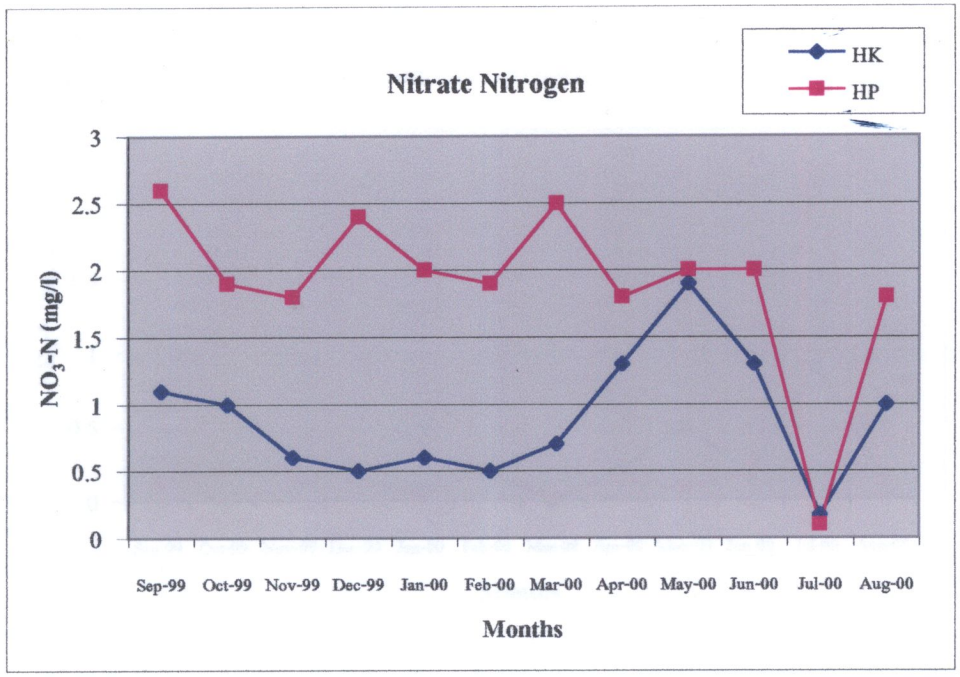


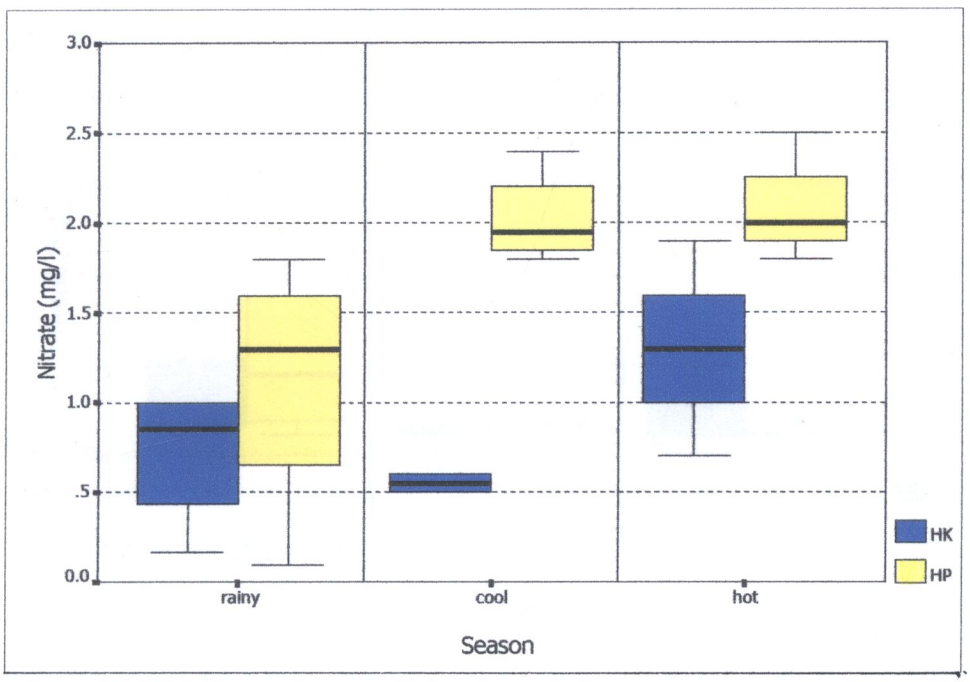
ภาพ 23 เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของลำธารห้วยแก้ว และลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล



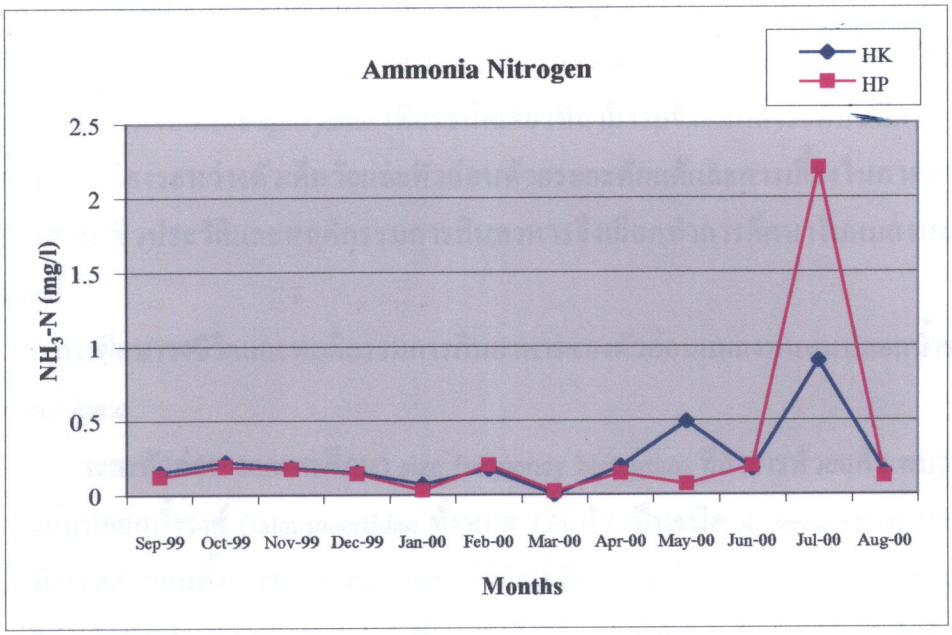


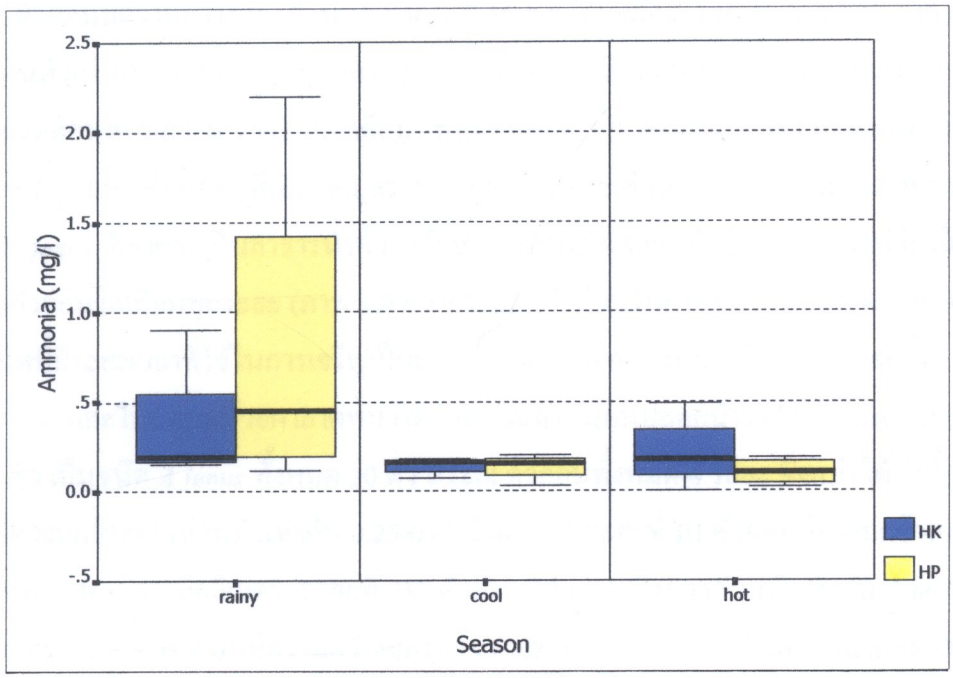
ภาพ 24 เปรียบเทียบปริมาณออร์โธฟอสเฟตของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดใน 3 ฤดูกาล





ภาพ 25 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล





ภาพ 26 เปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด ใน 3 ฤดูกาล

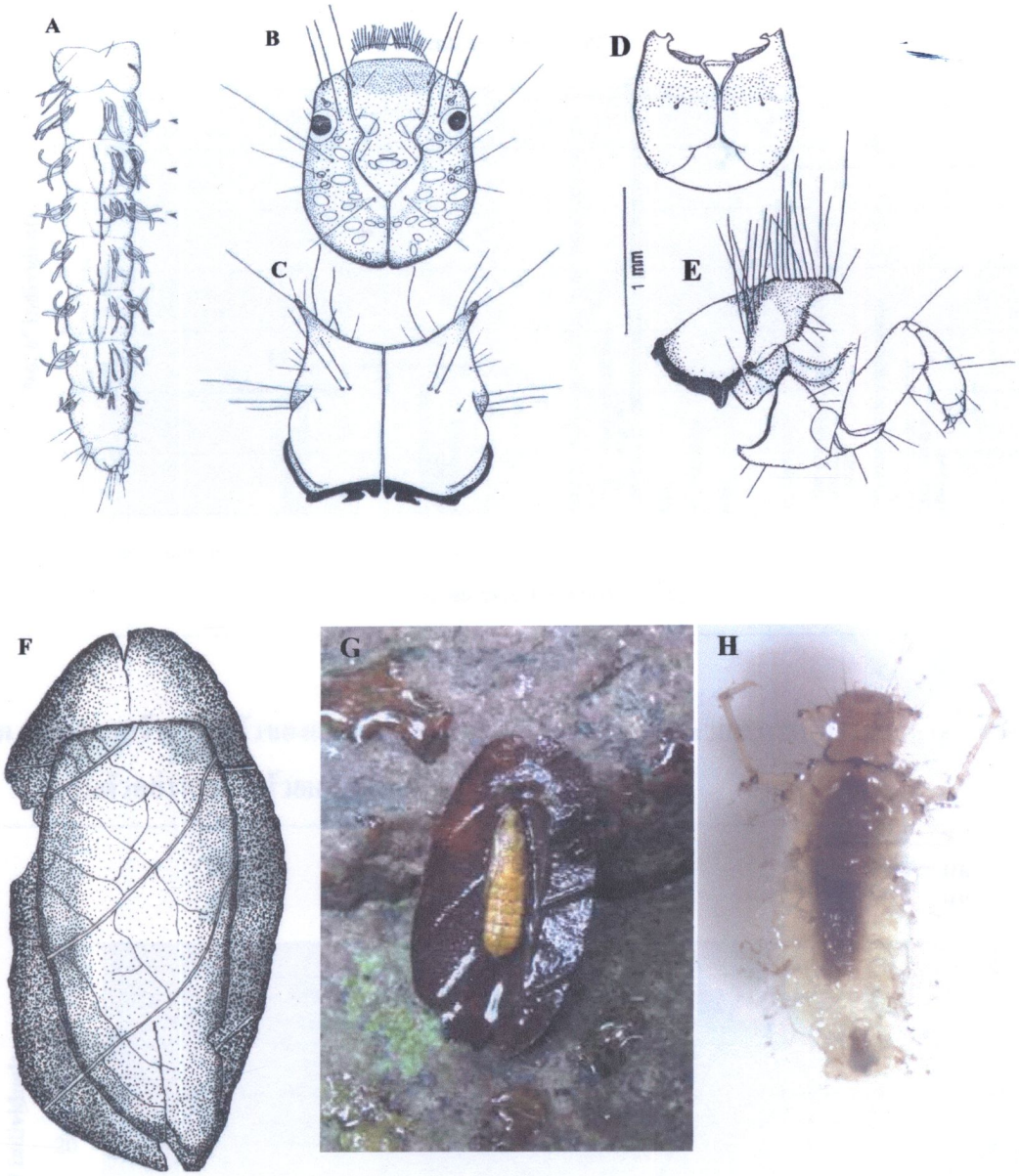
4.2 การศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae

จากการศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae พบว่ามีแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus janus* เพียงชนิดเดียวที่สามารถจำแนกถึงระดับชนิดได้ โดยอาศัยลักษณะเชื่อมโยงระหว่างตัวเต็มวัยและตัวอ่อนด้วยระยะดักแด้และการเลี้ยงในภาคสนาม ดังนั้นในการศึกษาชีวประวัติและพฤติกรรมการกินอาหารจึงเลือกทำการศึกษาในแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้

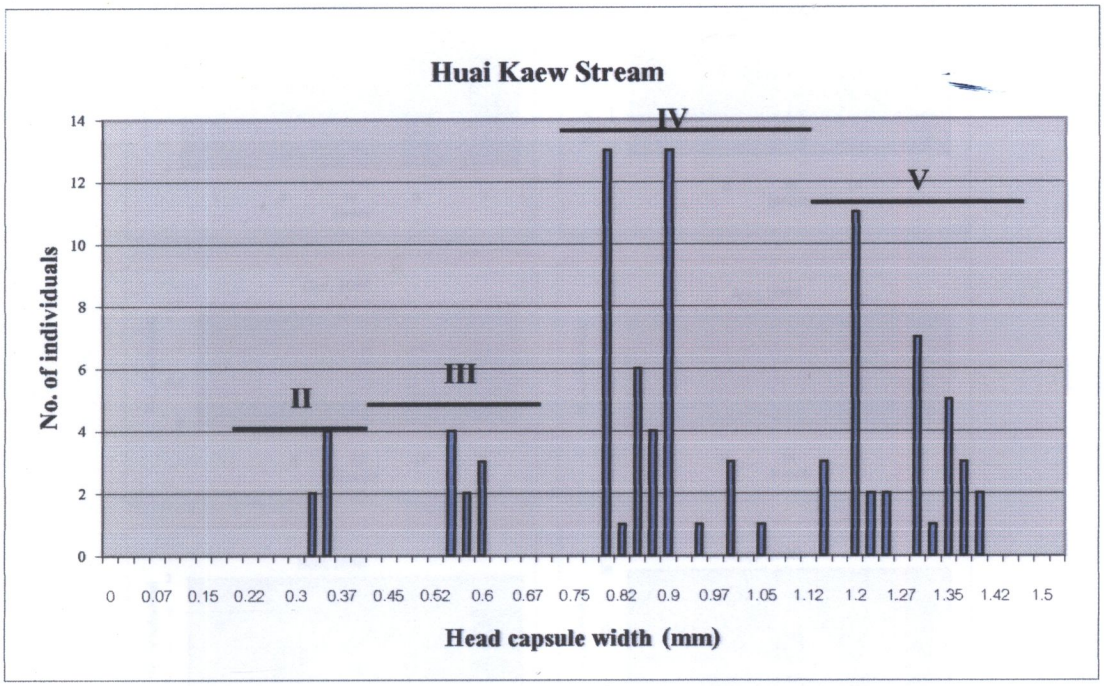
4.2.1 การศึกษาวงชีวิตและพฤติกรรมการกินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus janus*

ระยะตัวอ่อน จากการศึกษา size frequency histogram ที่ลำธารห้วยแก้ว พบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamocertidae ทั้งหมด 154 ตัว เป็นชนิด *A. janus* (ภาพ 27) ทั้งหมด 97 ตัว มีระยะตัวอ่อนทั้งหมด 4 ระยะ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ คือ ระยะที่ II มีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.25-0.45 มิลลิเมตร ระยะที่ III ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.46-0.65 มิลลิเมตร ระยะที่ IV ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.66-1.1 มิลลิเมตร ระยะที่ V ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 1.2-1.5 มิลลิเมตร (ภาพ 28) ในการสำรวจพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำพบมากในช่วงเดือนพฤษภาคม 2543 และเดือนที่พบน้อยที่สุด คือ เดือนกันยายนและเดือนตุลาคม 2542 (ภาพ 29) และเมื่อทำการศึกษาข้อมูลรายละเอียดในแต่ละเดือน พบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *A. janus* ที่อาศัยอยู่ในลำธารน้ำห้วยแก้วสามารถพบได้ตลอดทั้งปี และในแต่ละเดือนสามารถพบตัวอ่อนได้เกือบทุกระยะ (ภาพ 30) จากการเลี้ยงตัวอ่อนในภาคสนามพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้มีระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเป็นแบบในรอบ 1 ปี ครบรอบวงชีวิตได้หลายครั้ง

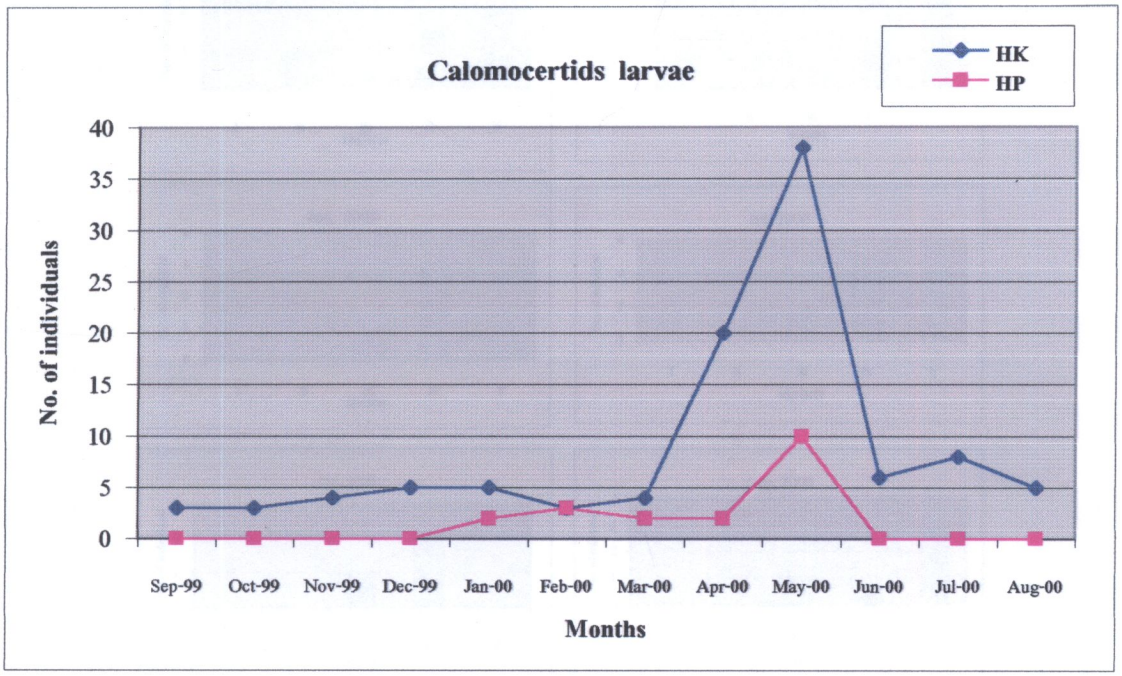
และในลำธารห้วยผาลาดพบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ทั้งหมด 39 ตัว เป็นชนิด *A janus* ทั้งหมด 30 ตัว มีระยะตัวอ่อนทั้งหมด 4 ระยะ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ คือ ระยะที่ II มีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.25-0.45 มิลลิเมตร ระยะที่ III ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.46-0.65 มิลลิเมตร ระยะที่ IV ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 0.66-1.1 มิลลิเมตร และระยะที่ V ตัวอ่อนมีความกว้างของส่วนหัวเท่ากับ 1.2-1.5 มิลลิเมตร และเมื่อทำการศึกษาข้อมูลรายละเอียดในแต่ละเดือน (ภาพ 31) พบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *A. janus* ที่อาศัยอยู่ในลำธารห้วยผาลาด สามารถพบได้ในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2543 และเดือนที่พบมากที่สุด คือ เดือนพฤษภาคม ในช่วงที่ไม่พบแมลงหนอนปลอกน้ำ คือ เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม และพบว่าในแต่ละเดือนสามารถพบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *A. janus* ได้ทุกระยะ (ภาพ 29)



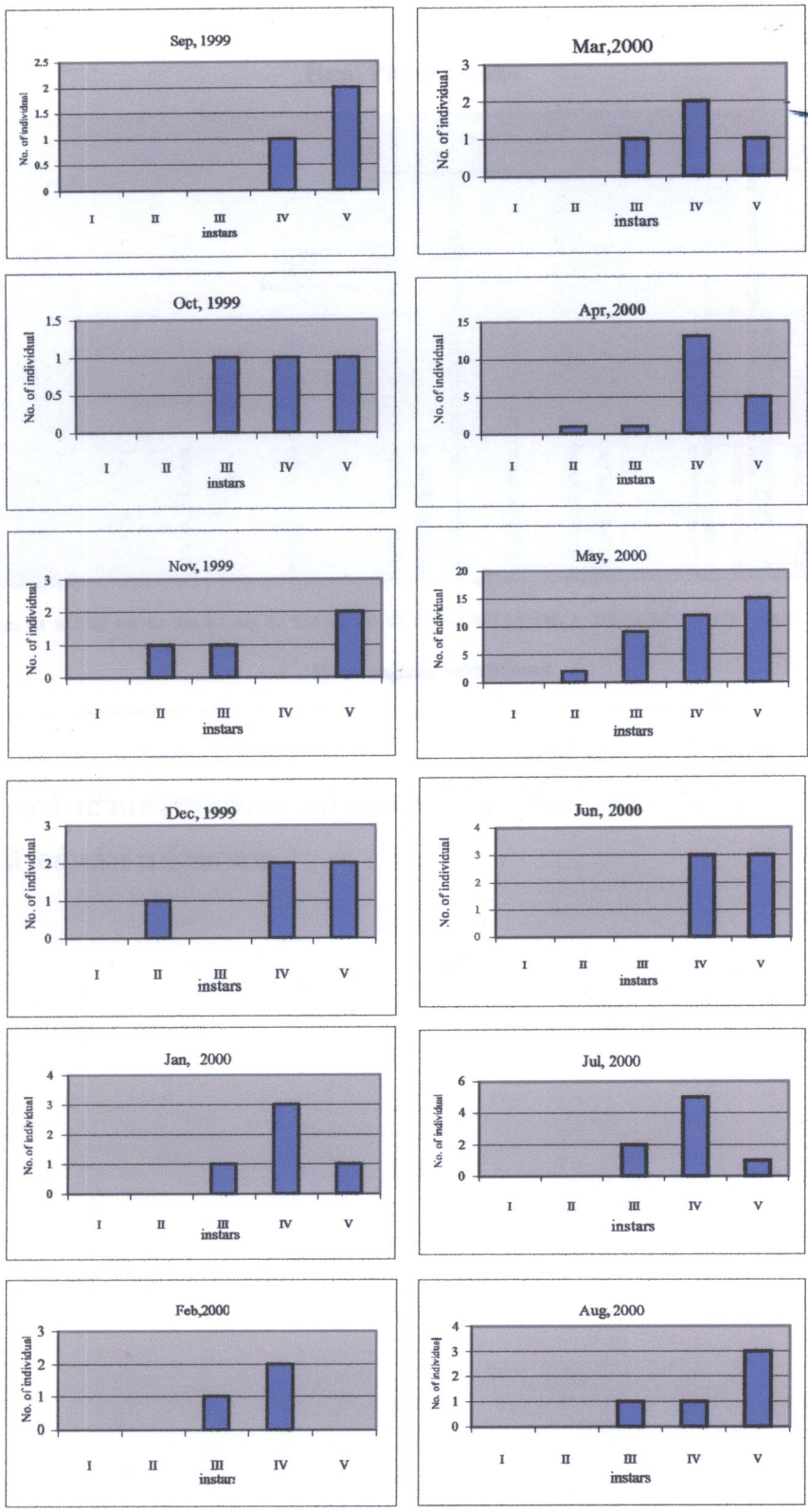
ภาพ 27 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* A) ด้านข้างของปล้องท้อง B) ด้านบนของส่วนหัว C) pronotum D) ด้านล่างของส่วนหัว E) ด้านข้างของปล้องอกปล้องที่ 1 F) ภาพวาดปลอก (ที่มา: สมยศ, 2543) G) ภาพถ่ายปลอก H) ภาพถ่ายด้านบนของตัวอ่อน



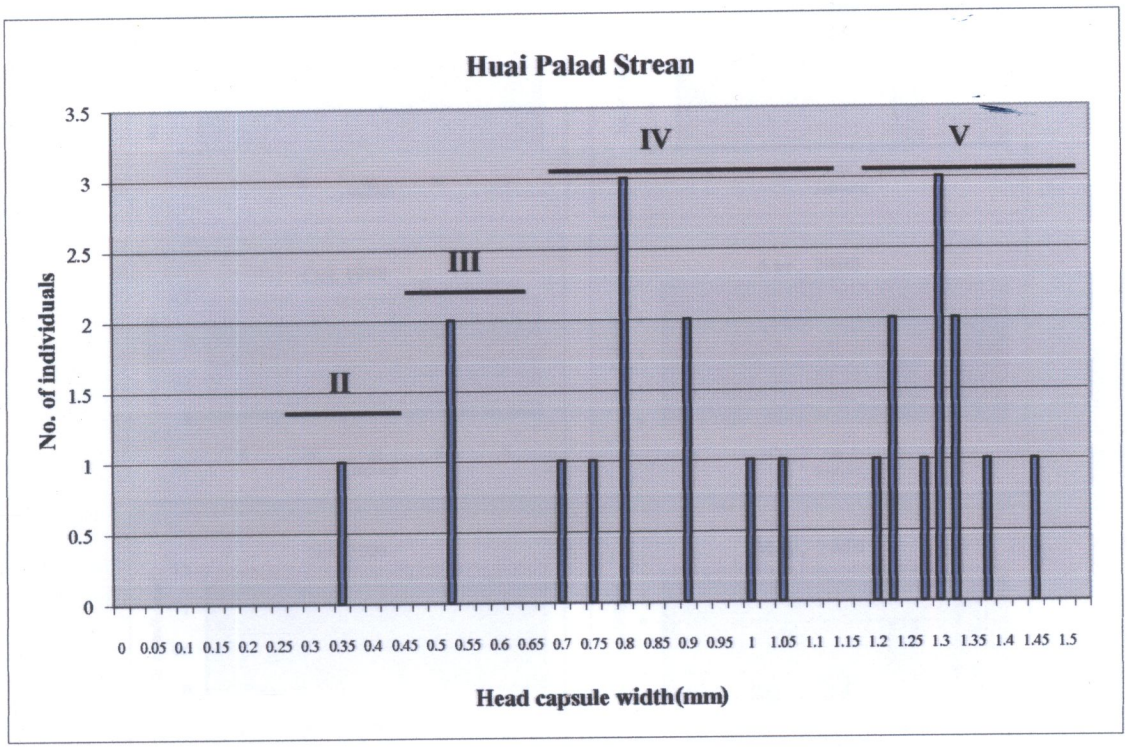
ภาพ 28 ความกว้างส่วนหัวของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* และการแบ่งระยะต่างๆ จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารห้วยแก้ว



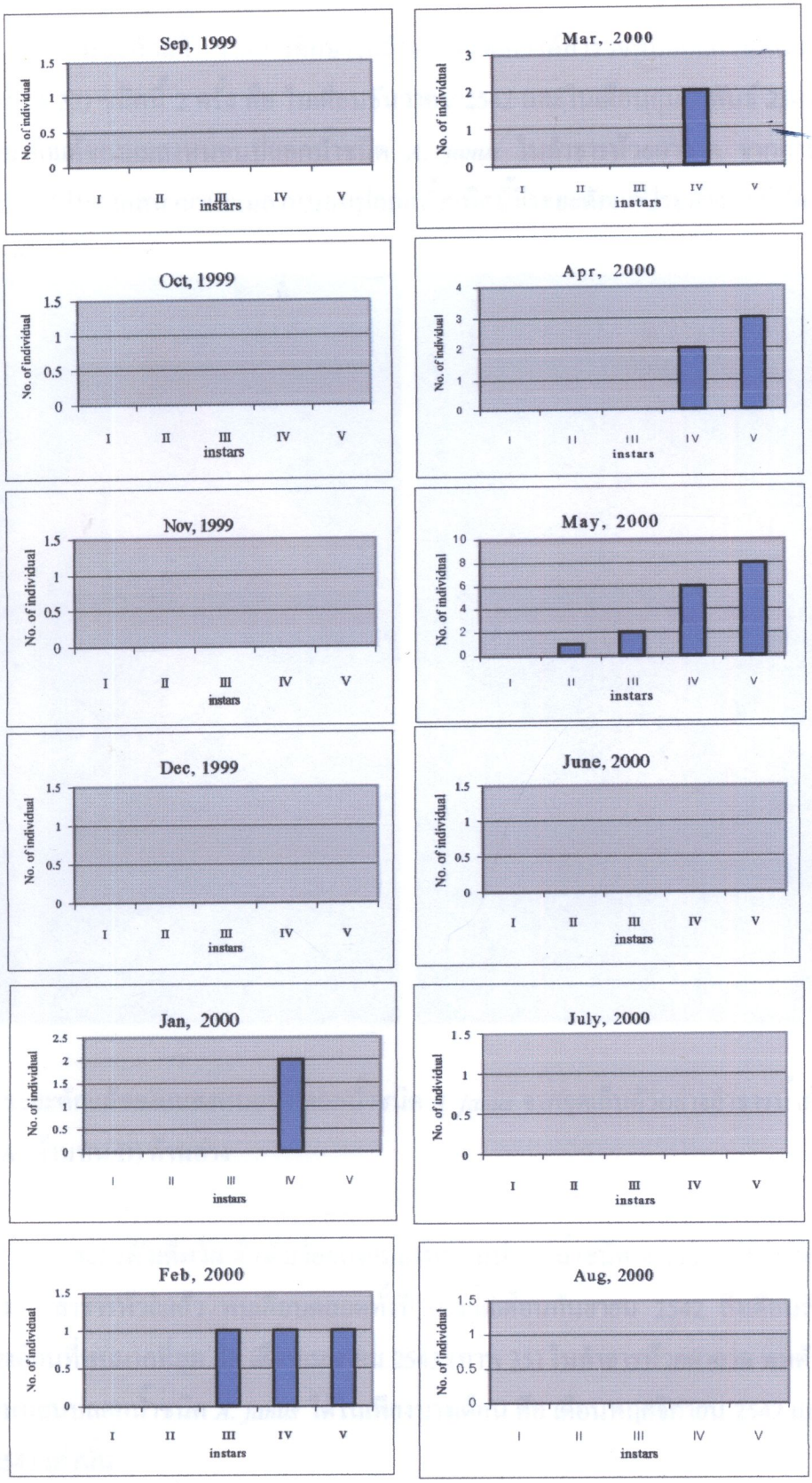
ภาพ 29 เปรียบเทียบจำนวนตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543



ภาพ 30 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ที่พบในแต่ละเดือน ในลำธารห้วยแก้ว

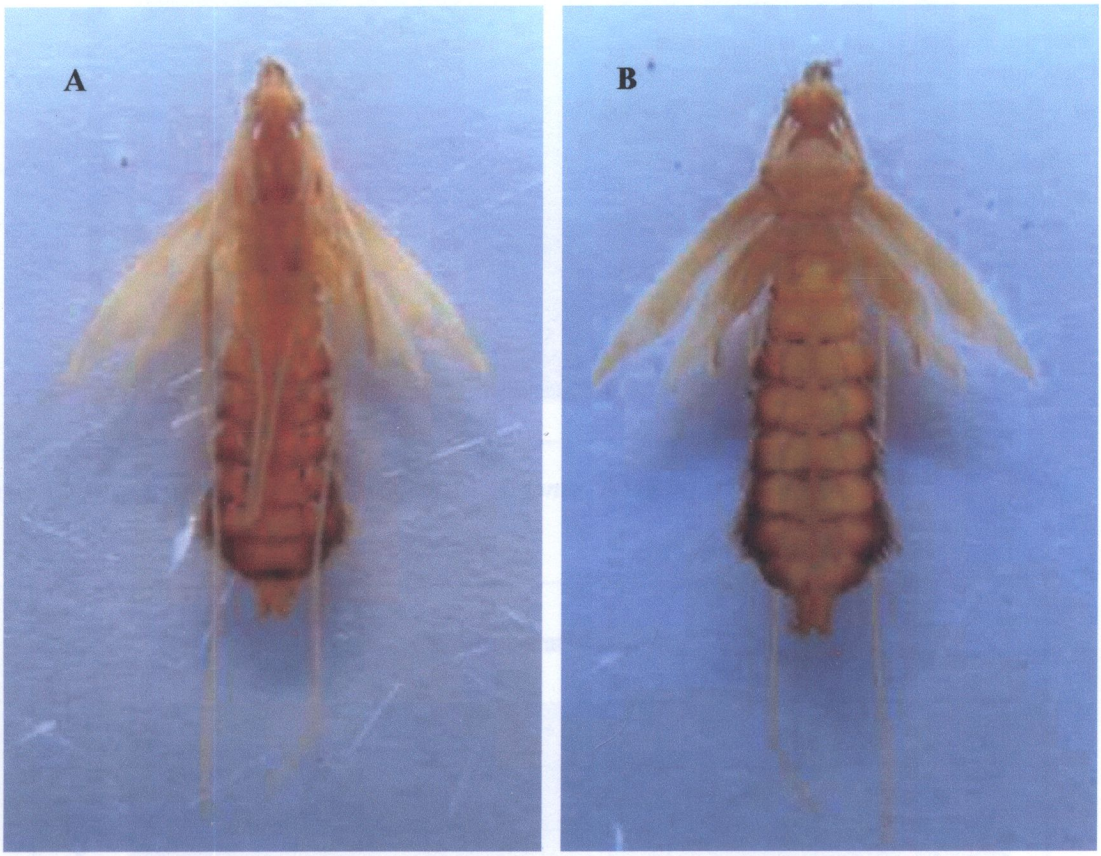


ภาพ 31 ความกว้างส่วนหัวของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* และการแบ่งระยะต่างๆ จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารห้วยผาลาด



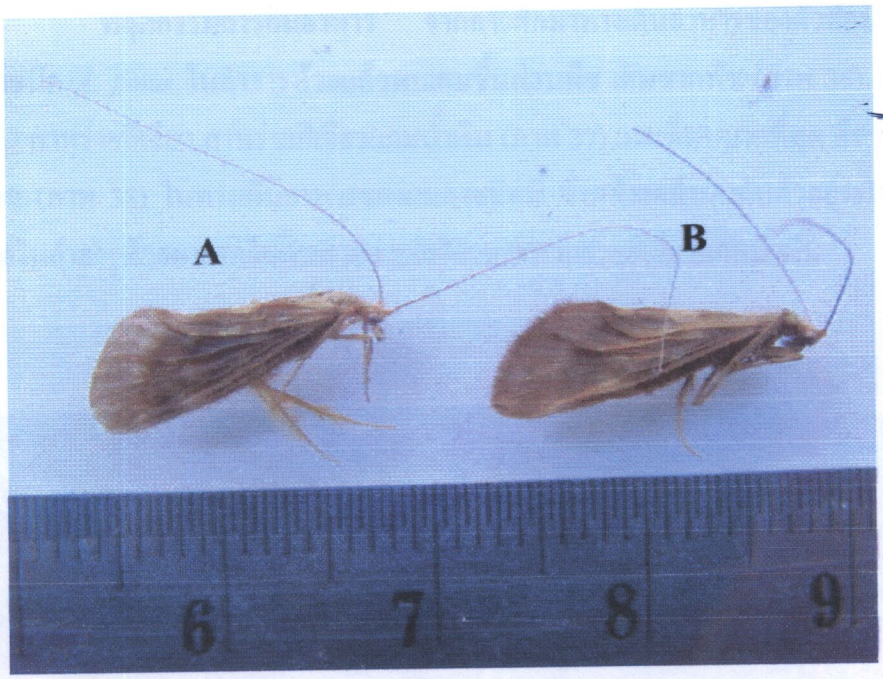
ภาพ 32 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ที่พบแต่ละเดือน ในลำธารห้วยผาลาด

ระยะดักแด้ จากการศึกษาในลำธารห้วยแก้วได้สำรวจพบดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำ(ภาพ 33) ชนิดนี้ 2 ครั้ง คือ ในเดือนธันวาคม 2542 และในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 สำรวจไม่พบระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด จากการเลี้ยงตัวอ่อนระยะที่ IV ในภาคสนามพบแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้มีระยะดักแด้ประมาณ 2 สัปดาห์

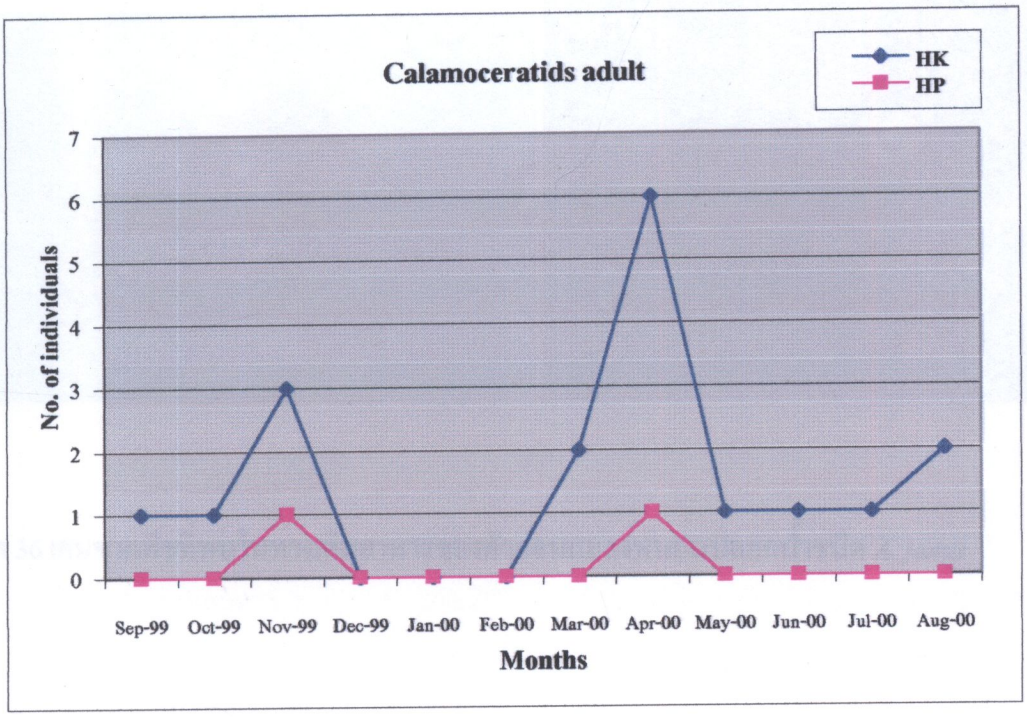


ภาพ 33 ระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* จากจุดเก็บตัวอย่างลำธารน้ำห้วยแก้ว A) ด้านบน B) ด้านล่าง

ระยะตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* (ภาพ 34) ในน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว พบเกือบตลอดทั้งปี (ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543) โดยเดือนที่พบมากที่สุด คือ เดือนเมษายน 2543 (ภาพ 35) ในลำธารห้วยผาลาด พบตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ได้ในเพียงบางเดือน คือ เดือนพฤศจิกายน 2542 และเดือนเมษายน 2543 เท่านั้น

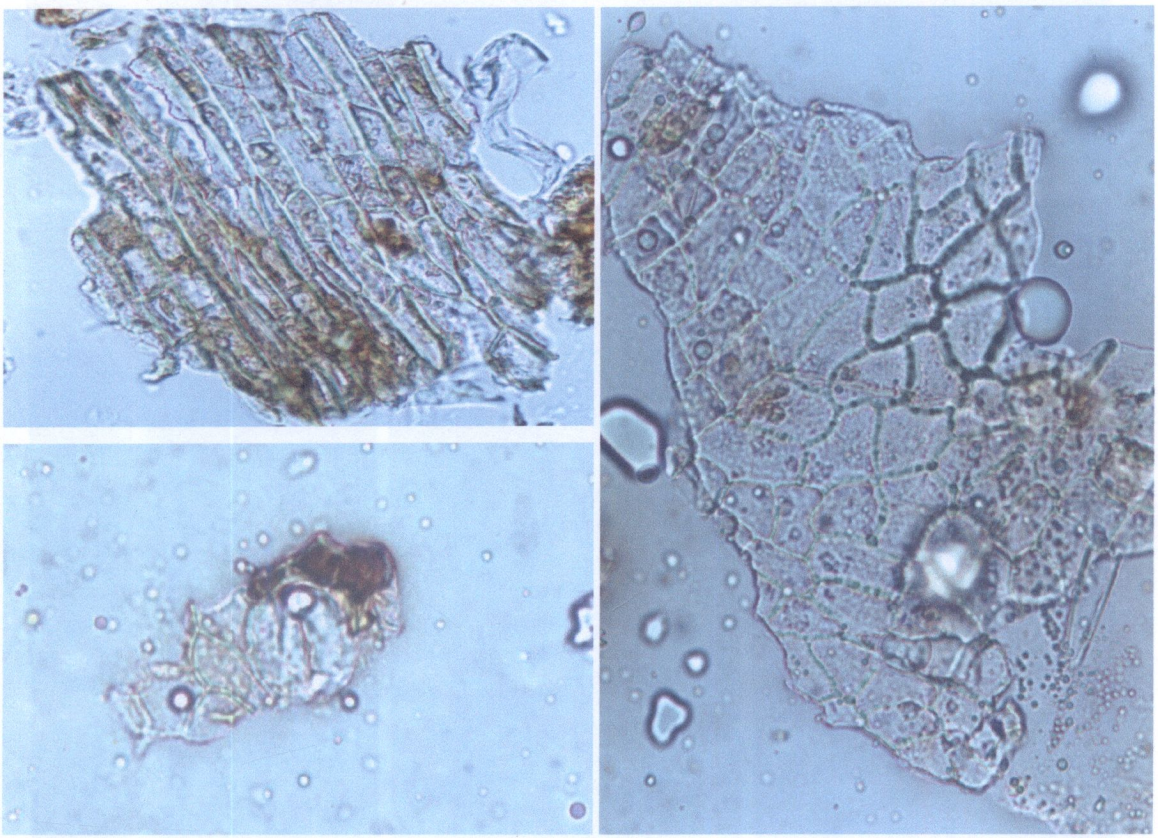


ภาพ 34 แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยชนิด *A. janus* A) เพศผู้ B) เพศเมีย

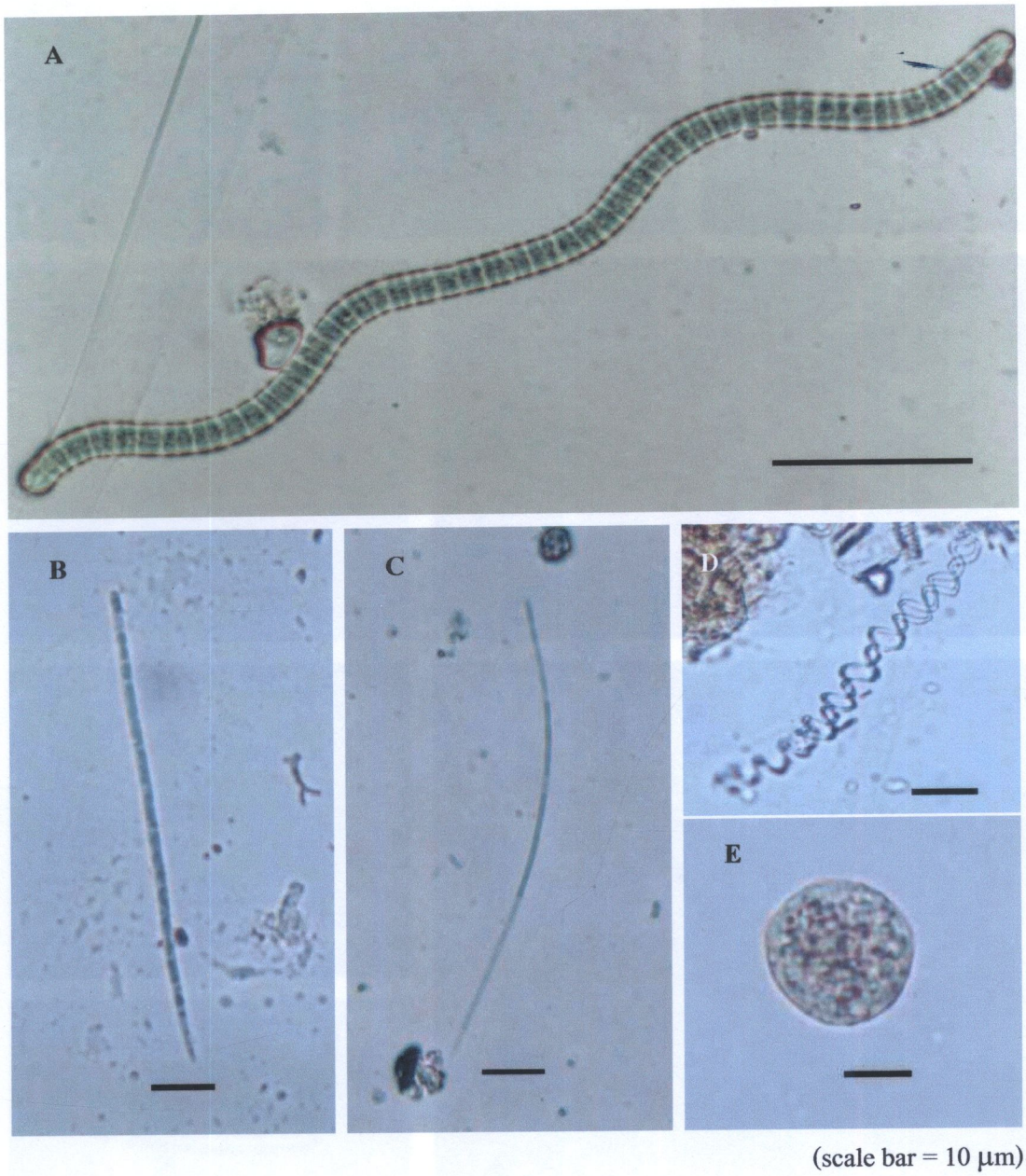


ภาพ 35 เปรียบเทียบการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยชนิด *A. janus*

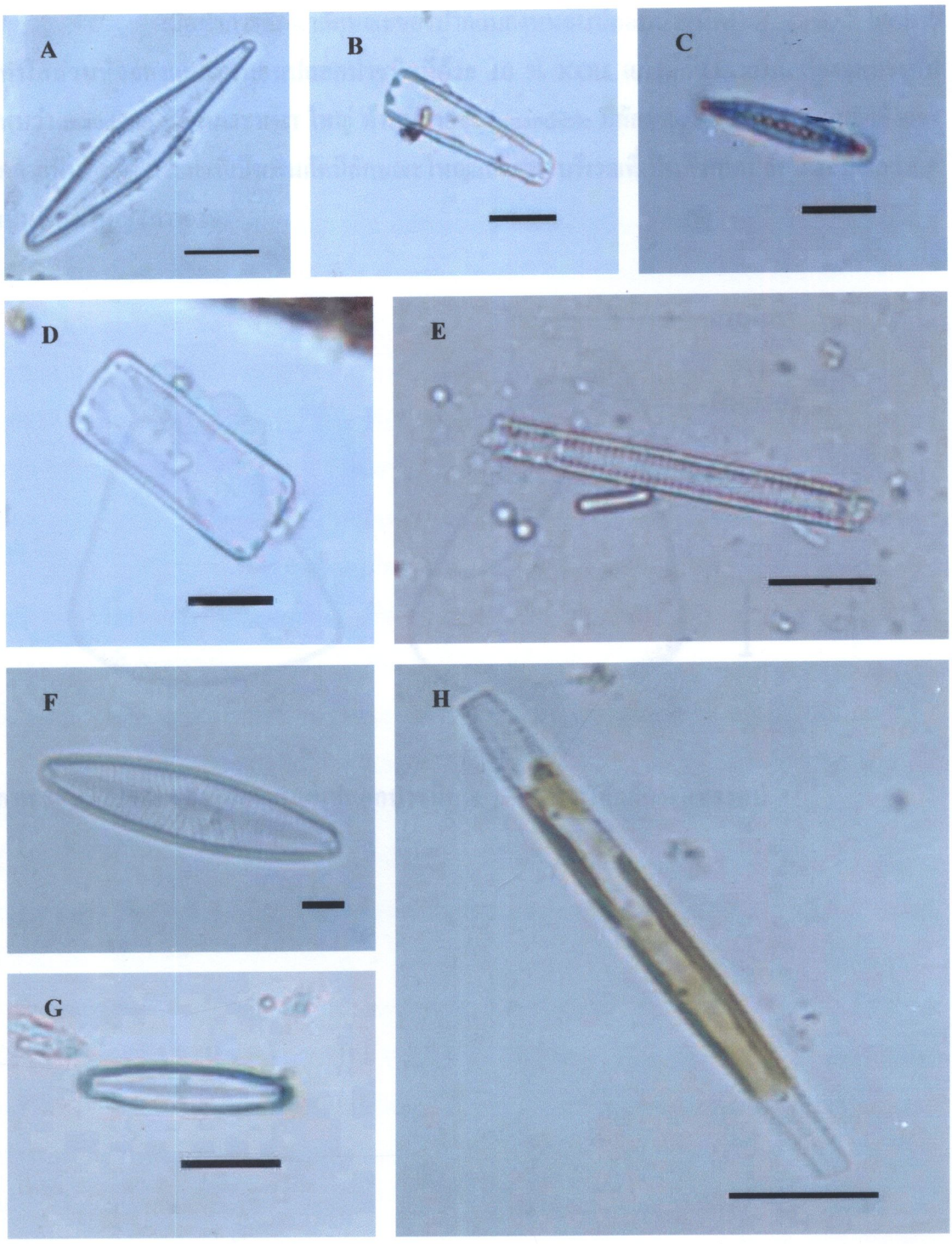
พฤติกรรมการกินอาหาร จากการศึกษาทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้วพบเศษชิ้นส่วนพืช เศษซากพืช (ภาพ 36) สาหร่ายกลุ่มต่างๆ เช่น สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ภาพ 37) และที่พบมากที่สุด คือ สาหร่ายกลุ่มไดอะตอม (ภาพ 38) ในทางเดินอาหารของแมลงชนิดนี้ ซึ่งคล้ายคลึงกันกับตัวอย่างในลำธารห้วยผาลาดแต่ในลำธารห้วยผาลาดไม่พบสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน



ภาพ 36 เศษซากพืชที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus*

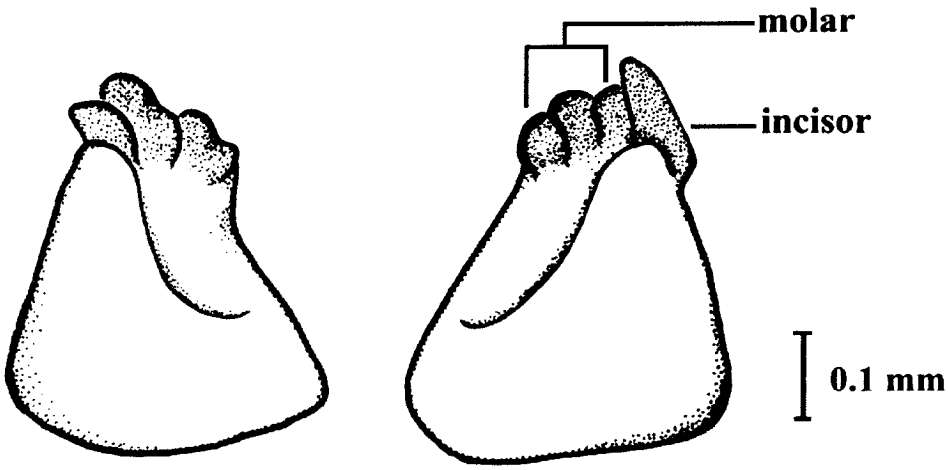


ภาพ 37 สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* A) *Oscillatoria* sp. B) *Pseudanabaena* sp. C) *Leptolyngbya* sp. D) *Maxima* sp. E) Family Chlorococcales



ภาพ 38 สาหร่ายไดอะตอมที่พบในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* A-B) *Gomphonema* spp. C) *Bacillaria* sp. D) *Eunotia* sp. E) *Synedra* sp. F) *Navicula* sp. G) *Stauroneis* sp. H) *Fragilaria* sp.

เมื่อทำการศึกษาลักษณะของปากแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* โดยการทำใสส่วนหัวของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้ด้วย 10 % KOH แล้วศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า mandible มีลักษณะหนา ใหญ่ ด้านปลายของ mandible มีลักษณะค่อนข้างหนาและแข็งแรง คล้ายฟัน 4 ซี่ บริเวณที่เป็นฟันกัดมีลักษณะใหญ่และยาว บริเวณที่เป็นฟันบดมีลักษณะสั้นกว่าแต่เป็นฟันซี่ใหญ่ (ภาพ 39)



ภาพ 39 mandible ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4.3 การศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae

จากการศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ในน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 พบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 154 ตัว ในพื้นที่ 12 ตารางเมตร คิดเป็นความหนาแน่นของประชากรทั้งหมดเท่ากับ 12.83 ตัวต่อตารางเมตร เป็นแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ทั้งหมด 97 ตัว ซึ่งคิดเป็นความหนาแน่นทั้งหมดเท่ากับ 8.08 ตัวต่อตารางเมตร หลังจากการศึกษาน้ำหนักแมลงภายหลังการเผาด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ระยะที่ II มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม ระยะที่ III มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 0.1993 มิลลิกรัม ระยะที่ IV มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 0.7071 มิลลิกรัม และระยะที่ V มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 2.8874 มิลลิกรัม ตัวอ่อนวงศ์ Calamoceratidae ทั้งหมดมีมวลชีวภาพเท่ากับ 220.7239 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร คิดเป็นอัตราผลผลิตต่อปีเท่ากับ 672.4370 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี มี Annual P/B เท่ากับ 3.0465 ปี$^{-1}$ (ตาราง 4) และแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* มีมวลชีวภาพเท่ากับ 134.1078 มิลลิกรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร คิดเป็นอัตราผลผลิตต่อปีเท่ากับ 503.2272 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี มี Annual P/B เท่ากับ 3.7524 ปี$^{-1}$ (ตาราง 5)

ในลำธารห้วยผาลาดพบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ทั้งหมด 39 ตัว ในพื้นที่ 12 ตารางเมตร คิดเป็นความหนาแน่นของประชากรทั้งหมดเท่ากับ 3.25 ตัวต่อตารางเมตร เป็นแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ทั้งหมด 30 ตัว คิดเป็นความหนาแน่นเท่ากับ 2.5 ตัวต่อตารางเมตร หลังจากการศึกษาน้ำหนักแมลงภายหลังการเผาด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ระยะที่ II มีน้ำหนักที่ปราศจากที่เถ้าเท่ากับ 0.03 มิลลิกรัม ระยะที่ III มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 0.66 มิลลิกรัม ระยะที่ IV มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 0.9488 มิลลิกรัม และระยะที่ V มีน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าเท่ากับ 5.47 มิลลิกรัม ตัวอ่อนวงศ์ Calamoceratidae ทั้งหมดมีมวลชีวภาพ เท่ากับ 98.204 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร คิดเป็นอัตราผลผลิตต่อปีเท่ากับ 193.359 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี มี Annual P/B เท่ากับ 1.9690 ปี$^{-1}$ (ตาราง 6) และแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* มีมวลชีวภาพเท่ากับ 80.9338 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร คิดเป็นอัตราผลผลิตต่อปีเท่ากับ 128.37692 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี มี Annual P/B เท่ากับ 1.5862 ปี$^{-1}$ (ตาราง 7)

ตาราง 4 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. ในลำธารห้วยแก้ว

Head capsule width (mm)	Density (No/m^2)	Individual mass (mg)	No. lost (No/m^2)	Biomass (mg/m^2)	Mass at loss (mg)	Biomass lost (mg/m^2)	Times no. size classes
	N	W	ΔN	N X W	$\overline{W}$=(W1+W2)/2	$\overline{W}$ΔN	$\overline{W}$ΔNX 5
0-0.2	0	0		0			
0.25-0.475	8	0.0337	-8	0.2696	0.01685	-0.1348	-0.674
0.475-0.675	55	0.2952	-47	16.236	0.16445	-0.1348	-0.674
0.675-1.05	52	1.286	3	66.872	0.7906	2.3718	11.859
1.05-1.45	39	3.5217	13	137.3463	2.40385	31.25005	156.25025
			Biomass =	220.7239		Production =	168.10925
			Cohort P/B =	0.761626856			
			Annual P/B =	3.046507424		Annual P =	672.437
						CPI = 3	

ตาราง 5 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว

Head capsule width (mm)	Density (No/m^2)	Individual mass (mg)	No. lost (No/m^2)	Biomass (mg/m^2)	Mass at loss (mg)	Biomass lost (mg/m^2)	Times no. size classes
	N	W	Δ N	N X W	$\overline{W}$=(W1+W2)/2	$\overline{W}\Delta$ N	$\overline{W}\Delta$NX 5
0-0.2	0	0		0			
0.2-0.45	4	0.04	-4	0.16	0.02	-0.08	-0.4
0.45-0.68	16	0.1993	-11	3.1888	0.1196	-0.08	-0.4
0.68-1.1	42	0.7071428	-52	29.6999976	0.4532214	-23.5675128	-117.837564
1.1-1.45	35	2.8874	14	101.059	1.79724	25.16136	125.8068
			Biomass =	134.1077976		Production =	125.8068
			Cohort P/B =	0.938102051			
			Annual P/B =	3.752408204		Annual P =	503.2272
						CPI = 3	

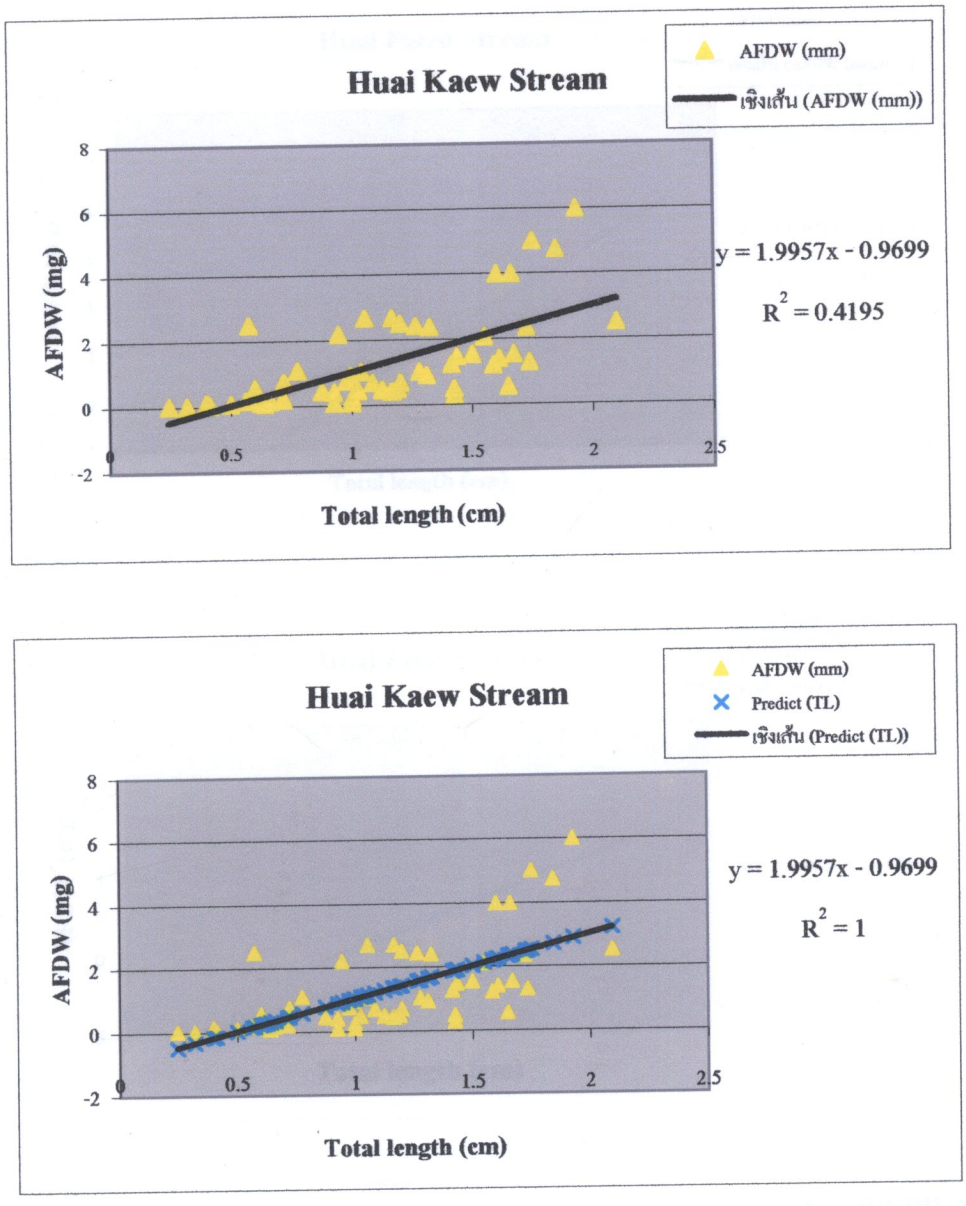
ตาราง 6 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp.ในลำธารห้วยผาลาด

Head capsule width (mm)	Density (No/m^2)	Individual mass (mg)	No. lost (No/m^2)	Biomass (mg/m^2)	Mass at loss (mg)	Biomass lost (mg/m^2)	Times no. size classes
	N	W	ΔN	N X W	$\overline{W}$=(W1+W2)/2	$\overline{W}$ΔN	$\overline{W}$ΔNX 5
0-0.2	0	0		0			
0.2-0.425	1	0.03	-1	0.03	0.015	-0.015	-0.075
0.425-0.65	6	0.1883	-5	1.1298	0.109415	-0.015	-0.075
0.65-1.15	18	1.7025	-12	30.645	0.9454	-11.3448	-56.724
1.15-1.45	14	4.7428	4	66.3992	3.22265	12.8906	64.453
			Biomass =	98.204		Production =	64.453
			Cohort P/B =	0.656317462			
			Annual P/B =	1.968952385		Annual P =	193.359
						CPI = 3	

ตาราง 7 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด

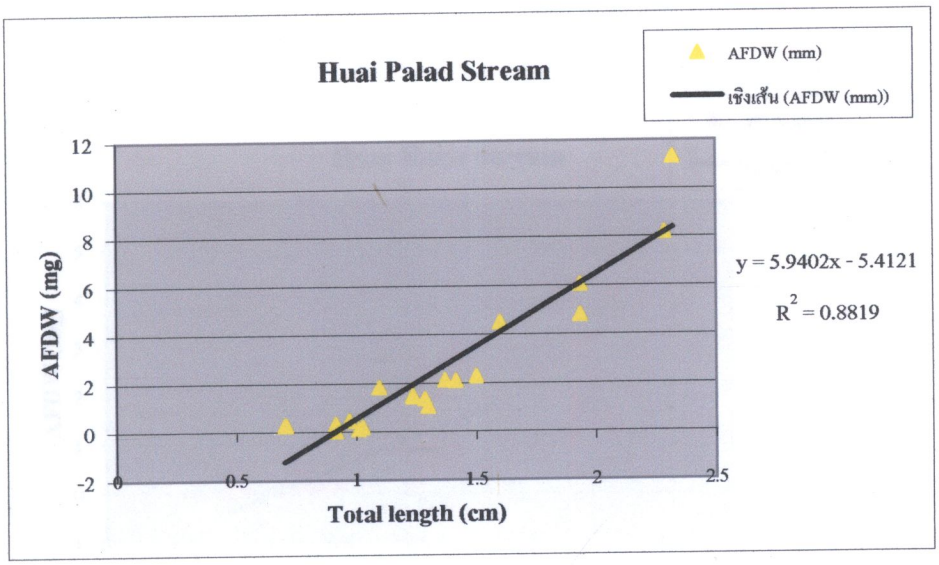
Head capsule width (mm)	Density (No/m^2)	Individual mass (mg)	No. lost (No/m^2)	Biomass (mg/m^2)	Mass at loss (mg)	Biomass lost (mg/m^2)	Times no. size classes
	N	W	ΔN	N X W	$\overline{W}$=(W1+W2)/2	$\overline{W}$ΔN	$\overline{W}$ΔNX 5
0-0.2	0	0		0			
0.2-0.45	1	0.03	-1	0.03	0.015	-0.015	-0.075
0.45-0.65	3	0.66	-2	1.98	0.345	-0.69	-3.45
0.65-1.15	14	0.9488461	-8	13.2838454	0.804423	-6.435384	-32.17692
1.1-1.45	12	5.47	2	65.64	3.209423	6.418846	32.09423
			Biomass =	80.9338454		Production =	32.09423
			Cohort P/B =	0.396548933			
			Annual P/B =	1.58619573		Annual P =	128.37692
						CPI = 3	

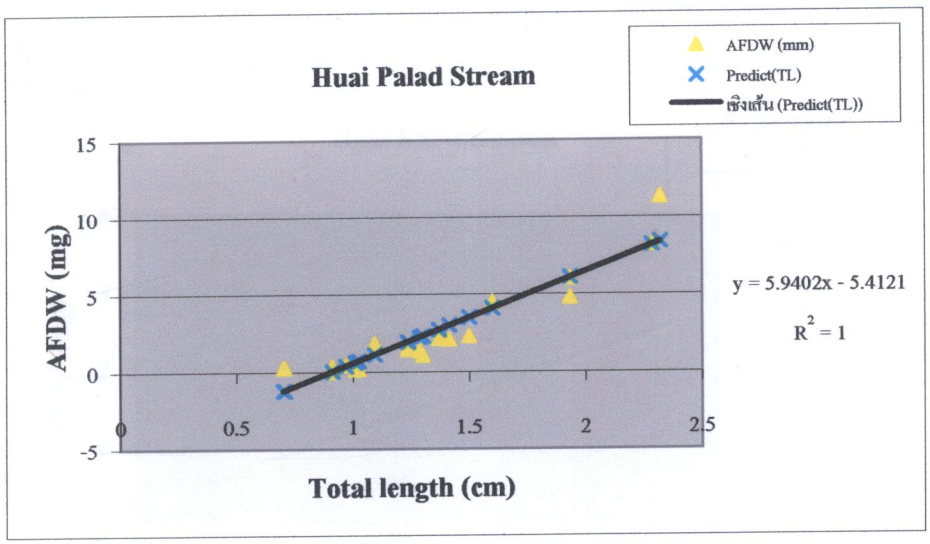
และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าในลำธารห้วยแก้วได้สมการถดถอยที่ได้จากผลการศึกษา คือ $y= 1.9957x - 0.9699$ ($R^2=0.4195$) และเมื่อนำเอาค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลแทนในสมการถดถอยได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนาย คือ $y= 1.9957x - 0.9699$ ($R^2=1$) (ภาพ 40)



ภาพ 40 กราฟสมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว

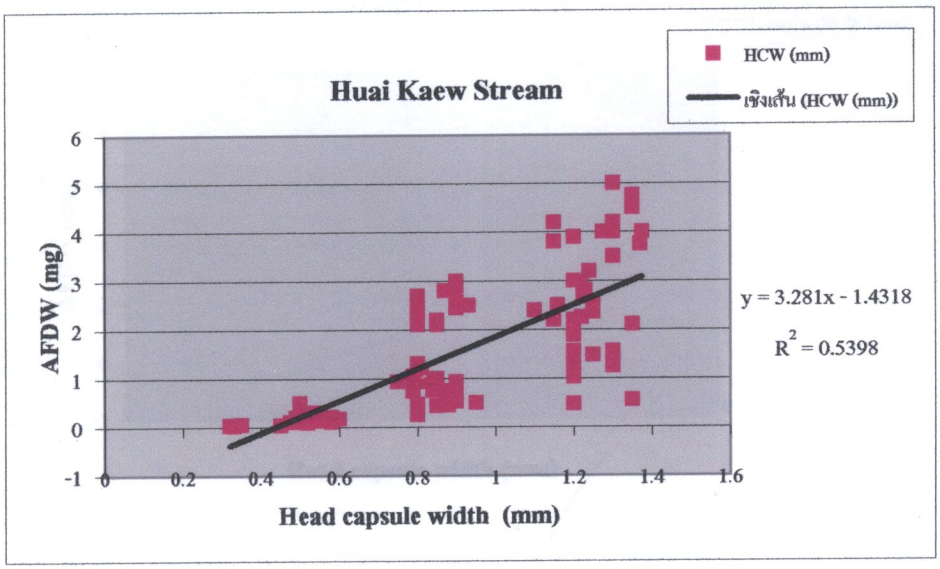
ในลำธารห้วยผาลาด ได้สมการถดถอยระหว่างความยาวลำตัวของแมลงหนอนปลอกน้ำกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าที่ได้จากผลการศึกษา คือ $y = 5.9402x - 5.4121$ (R^2=0.8819) และเมื่อนำเอาค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลแทนในสมการถดถอยได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนาย คือ $y = 5.9402x - 5.4121$ (R^2=1) (ภาพ 41)

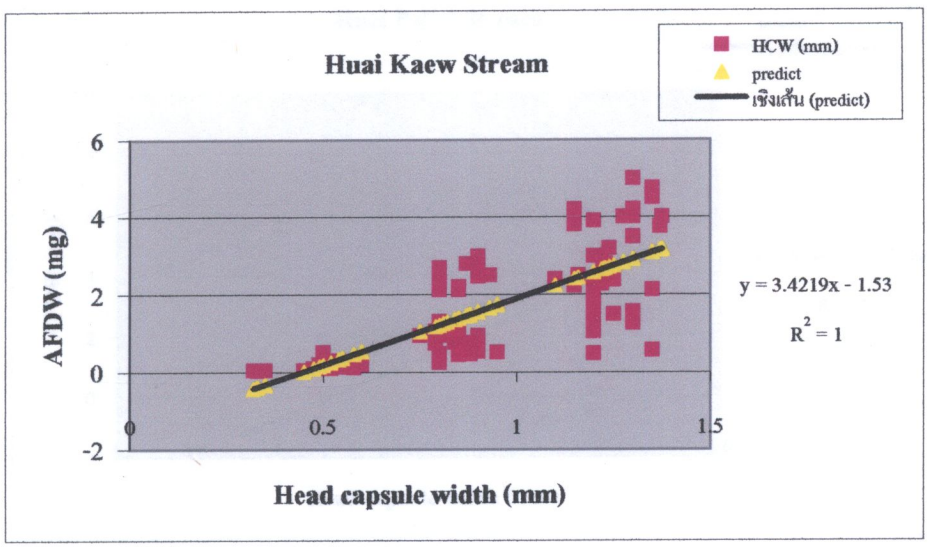




ภาพ 41 กราฟสมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด

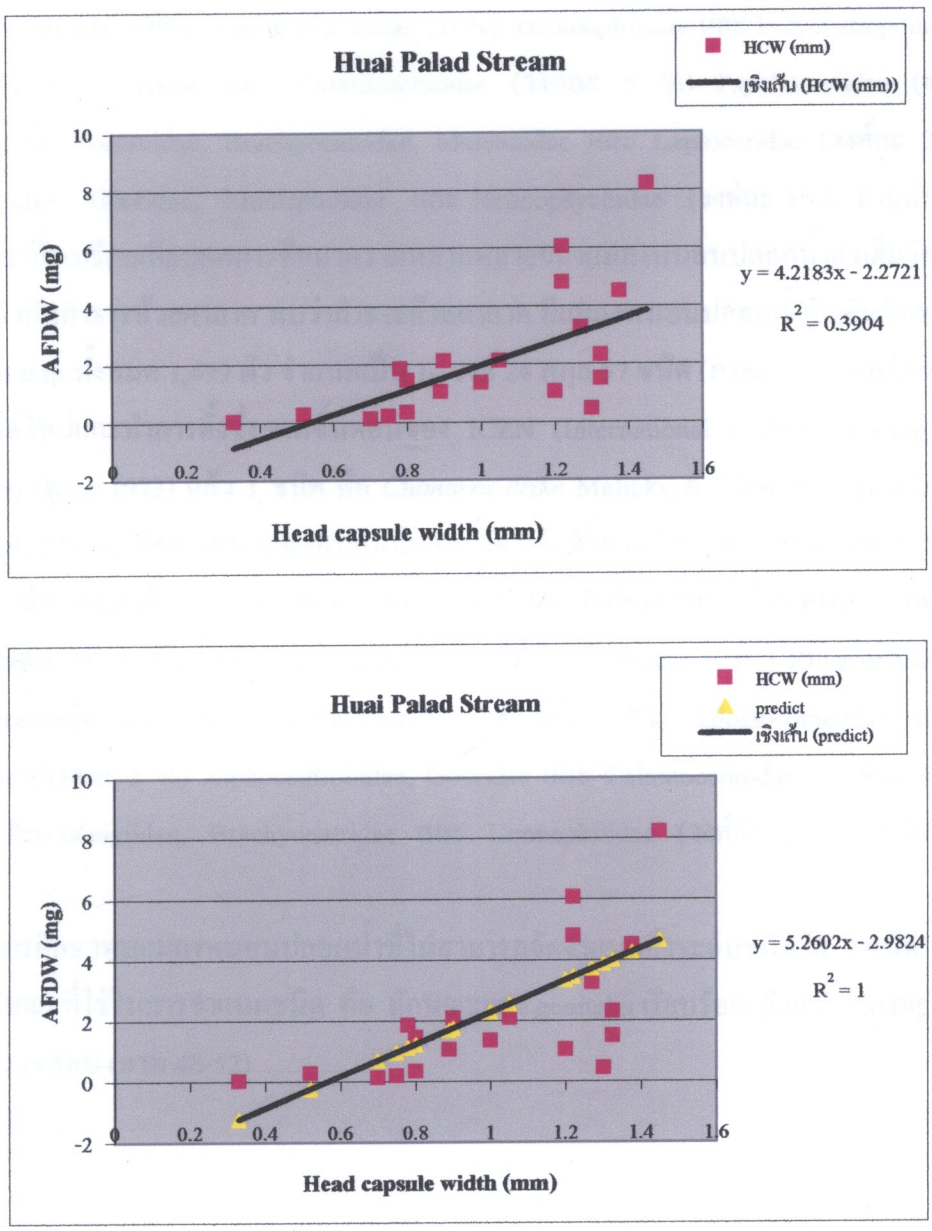
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของส่วนหัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าในลำธารห้วยแก้วได้สมการถดถอยที่ได้จากผลการศึกษา คือ $y = 3.281x - 1.4318$ (R^2=0.0.5398) และเมื่อนำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลแทนในสมการถดถอยได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนาย คือ $y = 3.281x - 1.4318$ (R^2=1) (ภาพ 42)





ภาพ 42 กราฟสมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้ว

ในลำธารห้วยผาลาด ได้สมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าที่ได้จากผลการศึกษา คือ $y = 4.2183x - 2.2721$ (R^2=0.3904) และเมื่อนำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลแทนในสมการถดถอยได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนาย คือ $y = 4.2183x - 2.2721$ (R^2=1) (ภาพ 43)

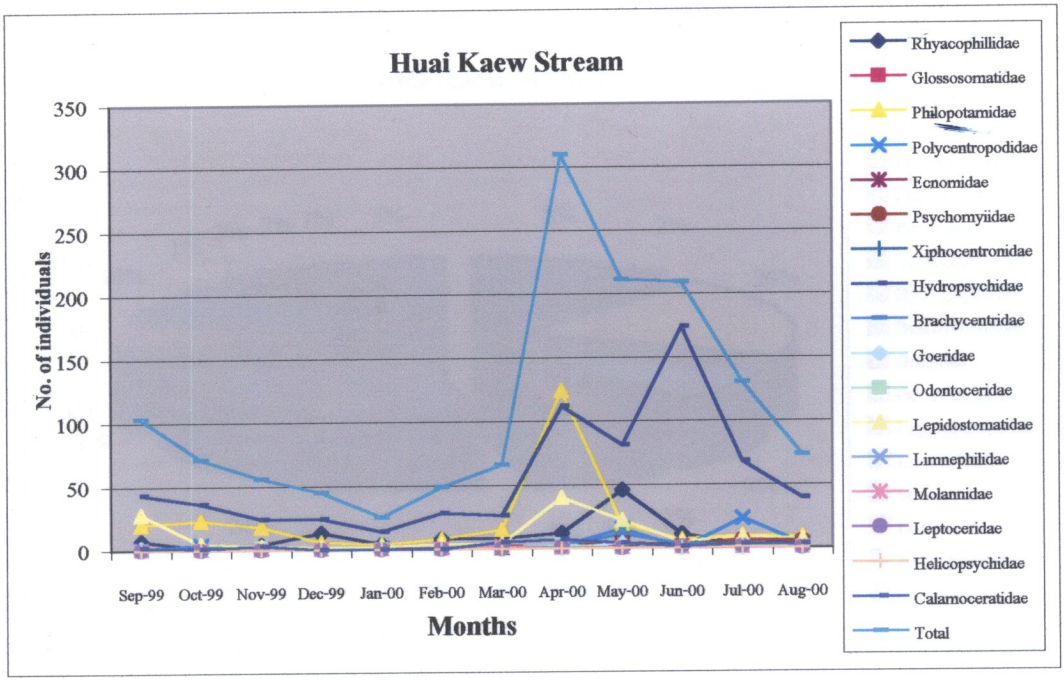


ภาพ 43 กราฟสมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยผาลาด

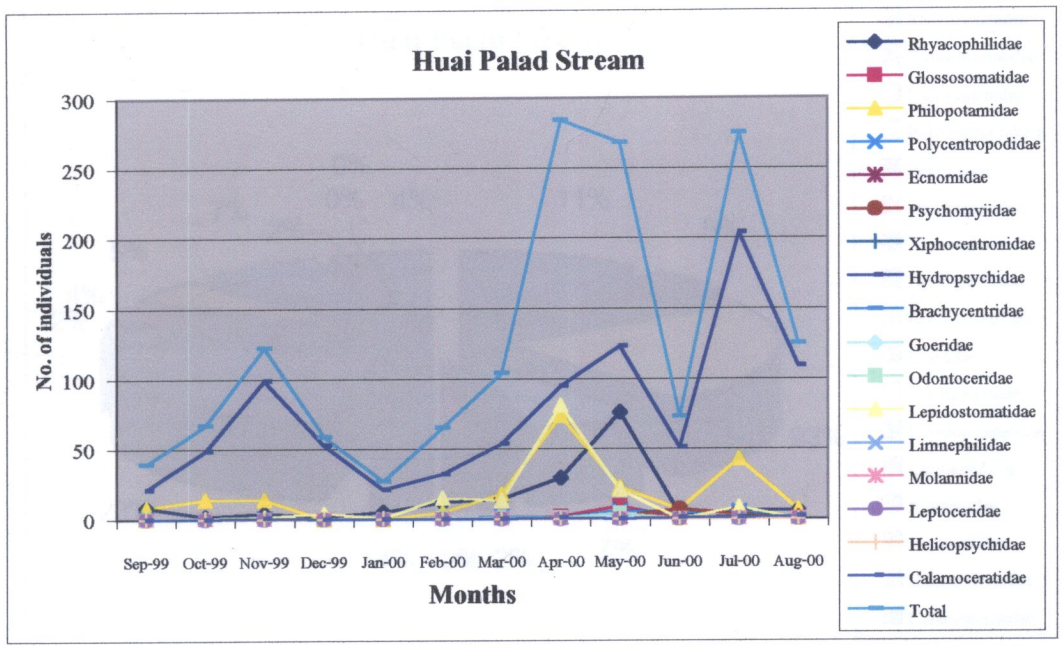
4.4 การศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย

จากการศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย ในน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว ด้วย light trap พบตัวเต็มวัยเพศผู้ทั้งหมด 1,332 ตัว จัดจำแนกเป็น 17 วงศ์ 34 สกุล 86 ชนิด (ภาคผนวก ข) เดือนที่พบมากที่สุด คือ เดือนเมษายน 2543 และเดือนที่พบน้อยที่สุด คือ เดือนมกราคม 2543 (ภาพ 44) เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์พบว่าวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ Hydropsychidae (24 %) Philopotamidae (20%) Lepidostomatidae (10%) Rhyacophilidae และ Polycentropodidae (วงศ์ละ 8%) Odontoceridae และ Calamoceratidae (วงศ์ละ 5 %) Psychomyiidae (4%) Glossosomatidae, Ecnomidae, Brachycentridae, Molannidae และ Leptoceridae (วงศ์ละ 2%) Xiphocentronidae, Goeridae, Limnephilidae และ Helicopsychidae (วงศ์ละ 1%) ตามลำดับ (ภาพ 45) และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยใน ลำธารห้วยแก้วกับลำธารห้วยผาลาด พบว่าลำธารห้วยผาลาด มีแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเพศผู้ ที่จับโดย light trap ทั้งหมด 1,499 ตัว จำแนกเป็น 14 วงศ์ 24 สกุล 57 ชนิด (ภาคผนวก ข) พร้อมทั้ง สำรวจพบชนิดใหม่และทำการตั้งชื่อตามขั้นตอนของ ICZN (International Code of Zoological Nomenclature) (Key, 1973) แล้ว 1 ชนิด คือ *Chimarra drike* Malicky & Thamsenanupap 2000 (Malicky *et. al.*, 2000a) เดือนที่พบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยมากที่สุด คือ เดือนเมษายน 2543 และเดือนที่พบน้อยที่สุด คือ เดือนมกราคม 2543 (ภาพ 46) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่าวงศ์ที่มี ความหลากชนิดมากที่สุด คือ วงศ์ Hydropsychidae และ Philopotamidae (23%) Rhyacophilidae (11%) Polycentropodidae และ Lepidostomatidae (วงศ์ละ 7%) Glossosomatidae และ Odontoceridae (วงศ์ละ 5 %) Xiphocentronidae, Goeridae และ Calamoceratidae (วงศ์ละ 4%) Ecnomidae, Psychomyiidae, Brachycentridae และ Limnephilidae (วงศ์ละ 2%) ตามลำดับ (ภาพ 47)

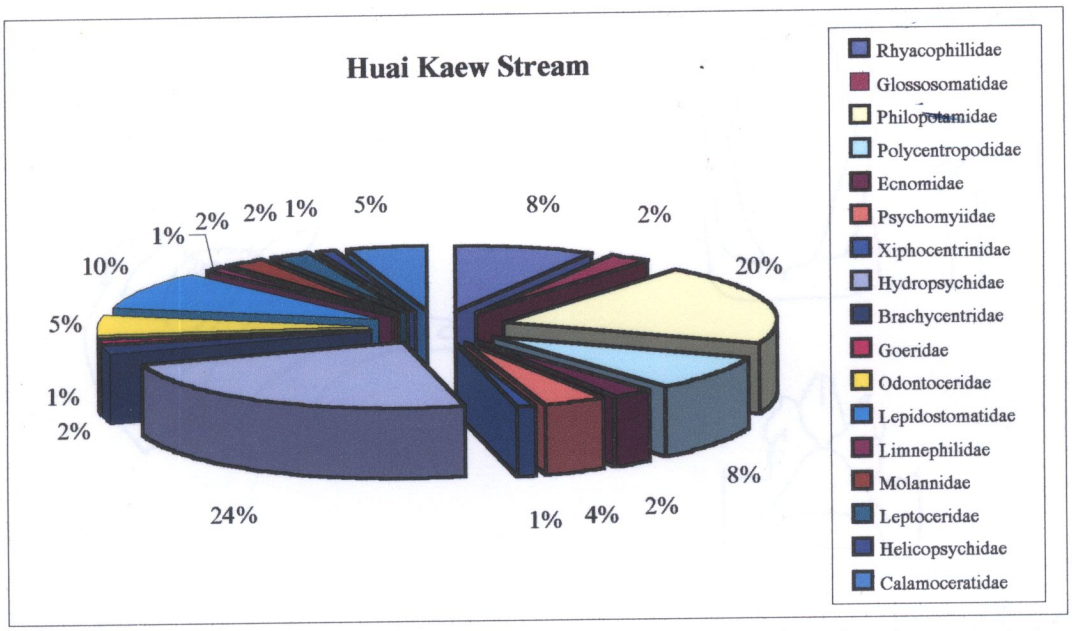
จากการศึกษาพบแมลงหนอนปลอกน้ำที่ไม่สามารถจัดจำแนกถึงระดับชนิดได้ 5 ชนิด ได้ ทำการวาดลักษณะที่ใช้ในการจำแนกชนิด คือ ลักษณะของ genitalia เรียบร้อยแล้วและกำลังอยู่ใน ระหว่างการตรวจสอบ (ภาพ 48-52)



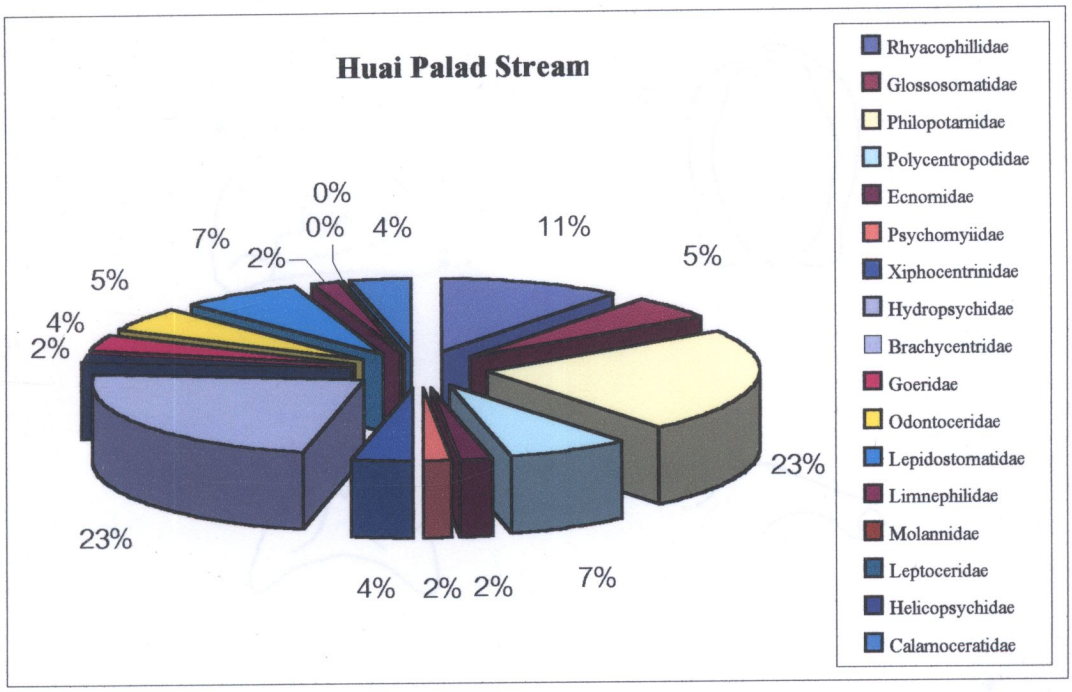
ภาพ 44 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543



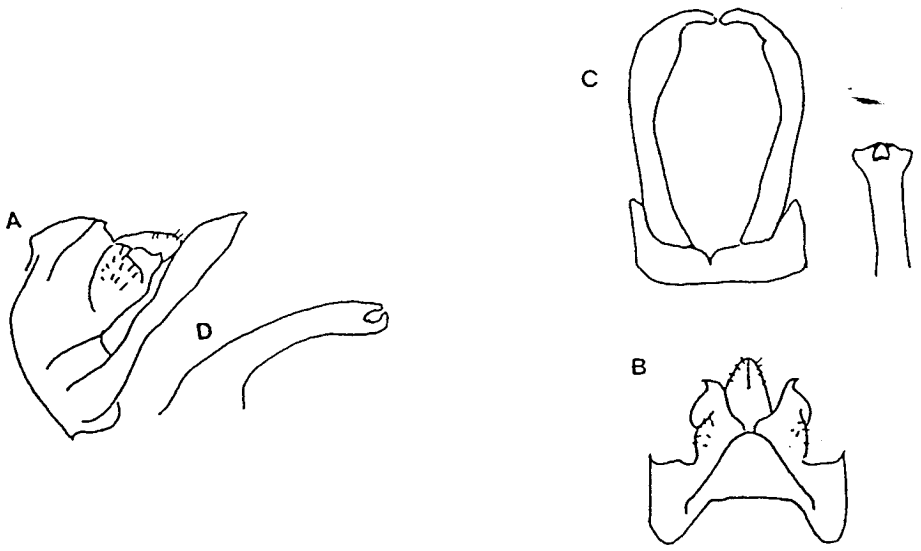
ภาพ 45 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543



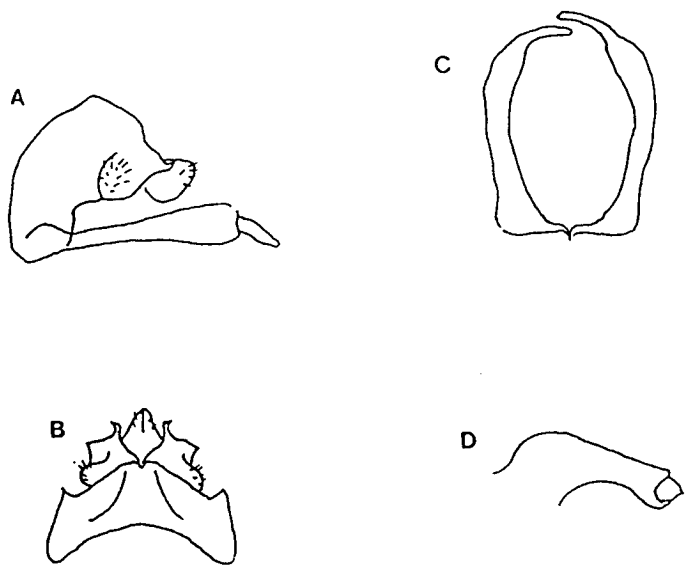
ภาพ 46 เปอร์เซ็นต์ชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละวงศ์ ที่พบในบริเวณลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2542



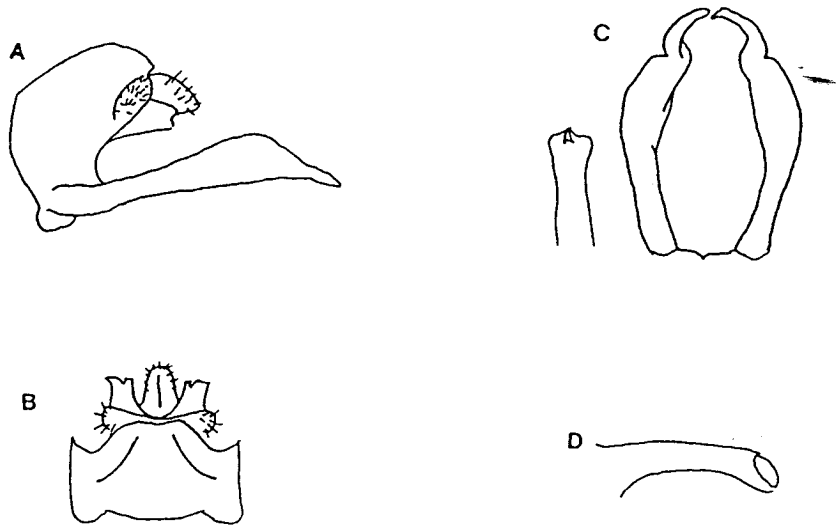
ภาพ 47 เปอร์เซ็นต์ชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละวงศ์ที่พบในบริเวณลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่ เดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543



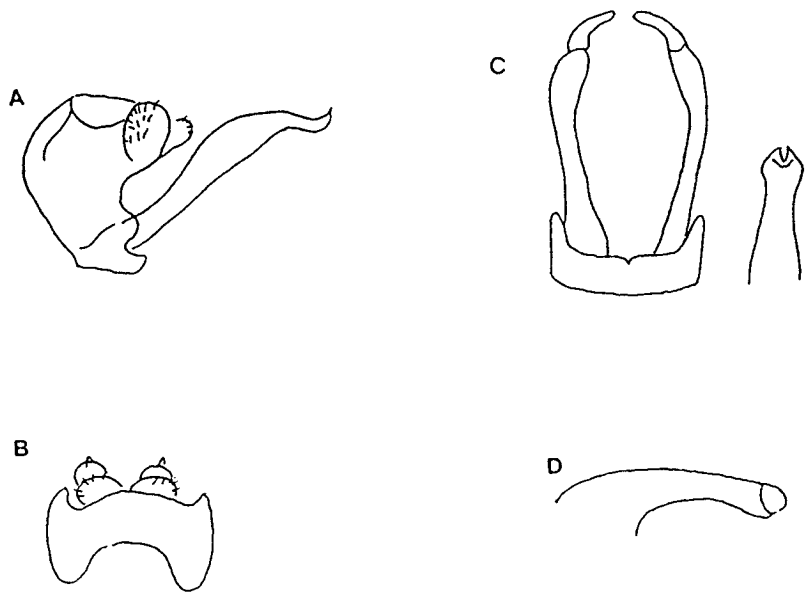
ภาพ 48 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T6) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ A) lateral B) dorsal C) ventral D) aedeagus



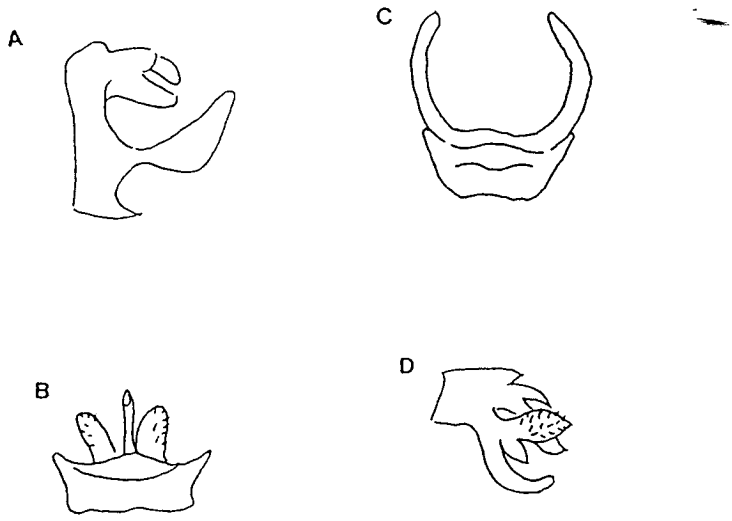
ภาพ 49 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T7) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ A) lateral B) dorsal C) ventral D) aedeagus



ภาพ 50 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T8) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ A) lateral B) dorsal C) ventral D) aedeagus



ภาพ 51 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae (*Diplectona* T10) ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ A) lateral B) dorsal C) ventral D) aedeagus



ภาพ 52 ลักษณะของ posterior abdomen และ genitalia ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Leptoceridae ที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ A) lateral B) dorsal C) ventral D) aedeagus

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี 14 ปัจจัย กับข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย ในระยะเวลา 12 เดือน ด้วยโปรแกรม SPSS ในลำธารห้วยแก้ว พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ($r>0.75$, $p<0.05$) กับอุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธาร ความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นเบส ปริมาณออร์โธฟอสเฟตและปริมาณแอมโมเนีย และความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ($r < -0.75$, $p<0.05$) กับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ตาราง 8)

ในลำธารห้วยผาลาดพบความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ($r>0.75$, $p<0.05$) กับปริมาตรน้ำ ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นเบส ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD_5) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตและปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ($r<-0.75$, $p<0.05$) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปริมาณไนเตรต (ตาราง 9)

ตาราง 8 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในลำธารห้วยแก้ว

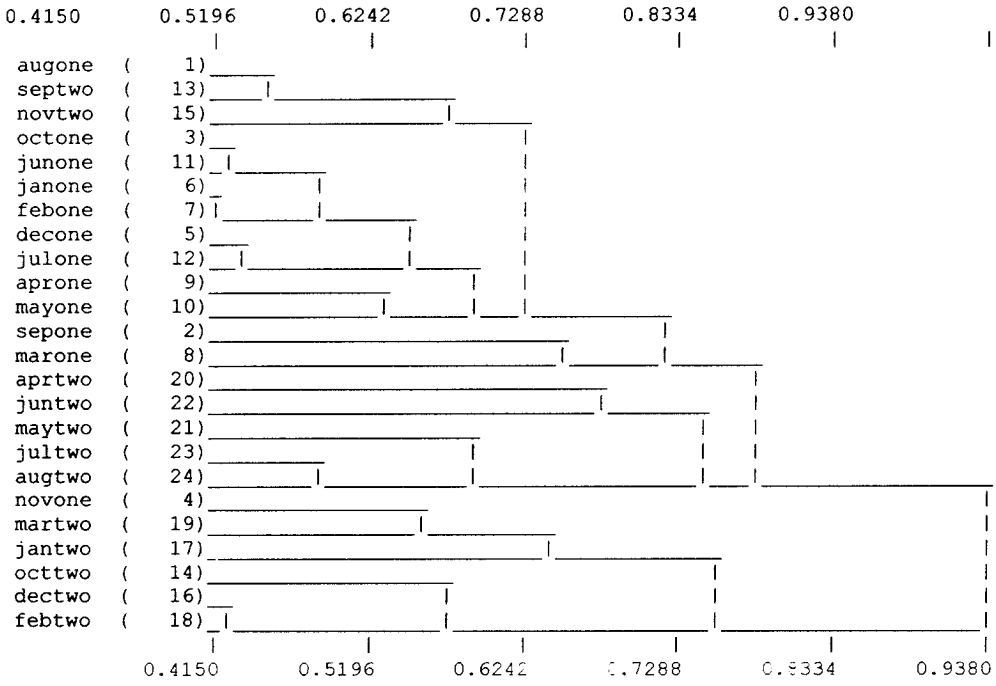
คุณภาพน้ำ	ชนิดแมลง (r>0.75, p<0.05)	ชนิดแมลง (r<-0.75, p<0.05)
อุณหภูมิอากาศ	*Cheumatopsyche cocles*	-
ความกว้าง	*Chimarra momma, Dinarthrum martius, Macrostemum midus, Anisocentropus brevipennis, Nyctiophylax suthepensis, Pahamunaya jihmita, Pseudoneureclipsis saccheda*	-
ความขุ่นใสของน้ำ	*Chimarra berenike, Hydromanicus truncatus*	-
ค่าการนำไฟฟ้า	-	*Chimarra berenike, C. khamuorum, Pseudoneureclipsis uma, Ecnomus jojachin, Setodes* sp.3
ค่าความเป็นเบส	*Adinarthrum moulmina, Agapetus lalus*	-
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ	*Chimara akkaorum, Dinathrum pratetaiensis, Ecnomus suadus, Micrasema fortiso, Rhyacophila quana, R. suthepensis, Trichomacronema paniae*	-
DO	*Kisaura cina*	-
ออร์โธฟอสเฟต	*Chimarra akkaorum, Dinathrum pratetaiensis, Ecnomus suadus*	-
แอมโมเนีย	*Agapetus halong, Chimarra berenike, Pseudoneureclipsis uma, Ecnomus jojachin, Setodes* sp3., *Psychomyia barata*	-

ตาราง 9 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในลำธารห้วยผาลาด

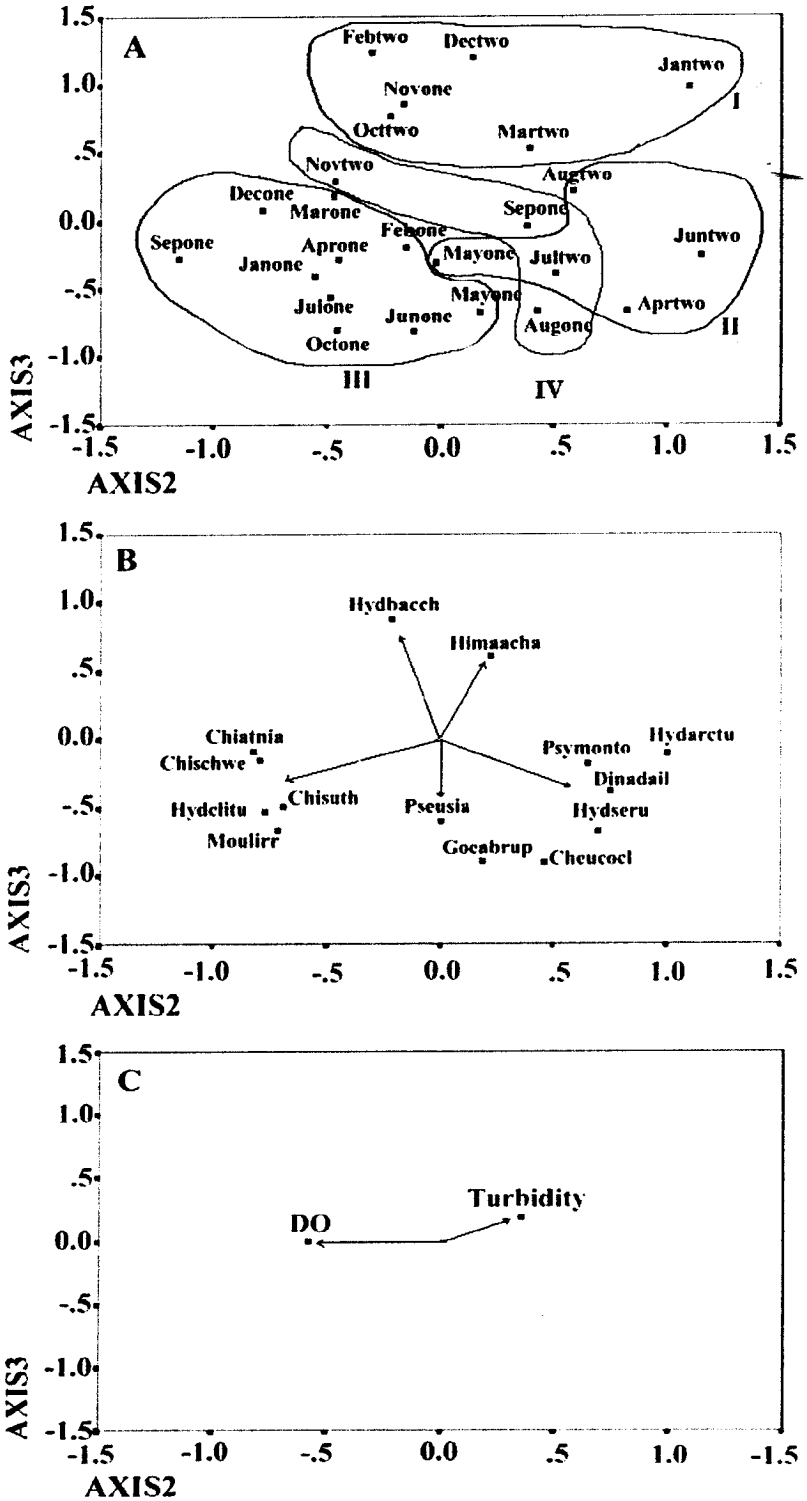
คุณภาพน้ำ	ชนิดแมลง (r>0.75, p<0.05)	ชนิดแมลง (r<-0.75, p<0.05)
ปริมาตรน้ำ	*Ecnomus suadus, Ganonema exensum*	-
ค่าการนำไฟฟ้า	*Lannapsyche chantaramongkolae*	
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ	*Lannapsyche chantaramongkolae, Rhyacophila petersorum*	-
ค่าความเป็นเบส	*Lannapsyche chantaramongkolae*	
ค่า DO	-	*Macrostemum fastosum, M. midus*
ค่า BOD	*Chimarra lannaensis, Rhyacophila quana*	-
ออร์โธฟอสเฟต	*Agapetus halong, Chimarra akkaorum, Dinarthrum martius, Ecnomus venimar, Goerodes doligung, Macrostemum midus, Marilia mogtiana, Micrasema fatiso, Rhyacophila petersorum*	-
ไนเตรต	-	*Agapetus dangorum, Cheumatopsyche cocles*
แอมโมเนีย	*Agapetus dangorum*	

เมื่อนำข้อมูลจากการศึกษาวิจัยนี้ไปเปรียบเทียบกับการศึกษาความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยจากลำธารที่ความสูงต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ (แตงอ่อน, 2543) (ภาคผนวก ข) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยและข้อมูลคุณภาพน้ำของทั้งสองปีด้วยโปรแกรม PATN พบว่าลำธารห้วยแก้วสามารถจัดกลุ่มของ HMDS ordination จากเดือนต่างๆ ที่ทำการศึกษาด้วยสถิติการจัดกลุ่มข้อมูลหรือตัวแปรโดยใช้ UPGMA dendrogram (ภาพ 53) ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ I ประกอบด้วยเดือนพฤศจิกายน 2541 เดือนตุลาคม ธันวาคม 2542 เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม 2543 กลุ่มที่ II ประกอบด้วยเดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม 2543

กลุ่มที่ III ประกอบด้วย เดือนกันยายน ตุลาคม ธันวาคม 2541 มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม 2542 และกลุ่มที่ IV ประกอบด้วยเดือนสิงหาคม 2541 เดือนกันยายน พฤศจิกายน 2542 (ภาพ 54A) และจากการหาความสัมพันธ์ด้วย 100 Monte Carlo test ($p<0.05$) พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำ 14 ชนิด มีความสัมพันธ์กับการปรากฏกลุ่มของเดือนและคุณภาพน้ำ โดยมีรายชื่อดังนี้ คือ *Himalopsyche acharai, Chimarra atnia, C.suthepensis, C. schwendingeri, Pseudoneureclipsis usia, Pyschomyia monto, Cheumatopsyche cocles, Hydromanicus serubabel, Hydropsyche arcturus, H. bacchus, H. clitumnus, Dinarthrum daidalion, Goerodes abruptus* และ *Molannodes lirr* (ภาพ 54B) และคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และค่าความขุ่นใสของน้ำ (ภาพ 54C)

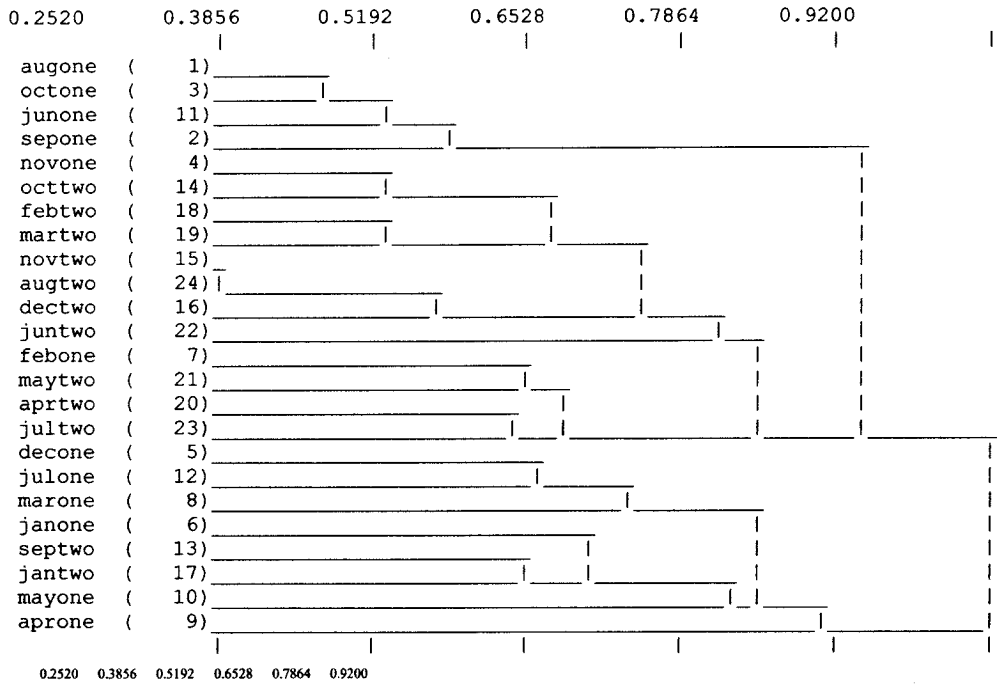


ภาพ 53 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละเดือนของลำธารห้วยแก้ว ด้วย UPGMA dendrogram ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนสิงหาคม 2543

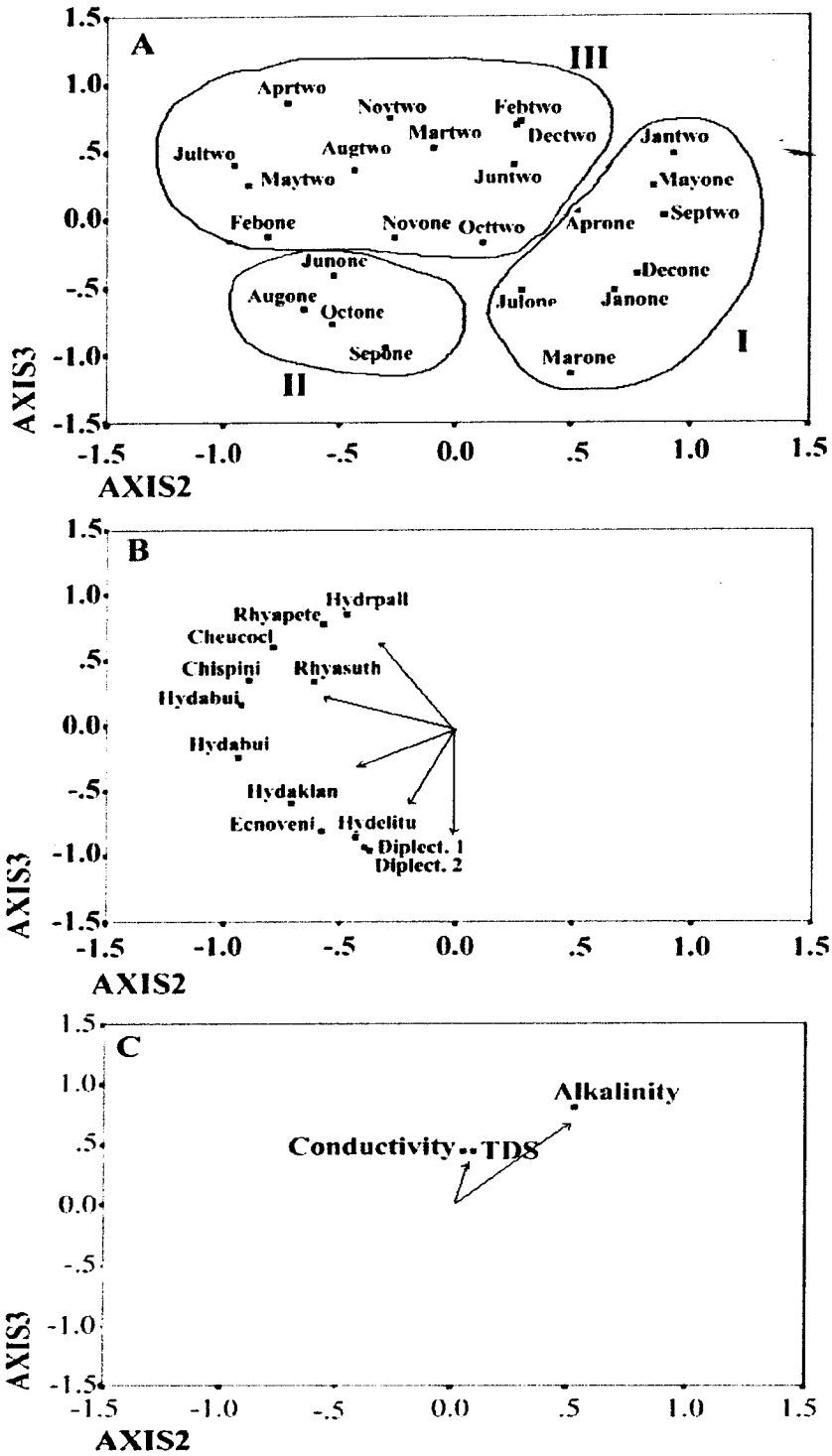


ภาพ 54 A) ordination ของเดือนที่ทำการศึกษาในลำธารห้วยแก้ว ค่า stress เท่ากับ 0.180 B) ordination ค่าความสัมพันธ์ของแมลงน้ำชนิดต่างๆ C) ordination ค่าความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี โดยที่ลูกศรแสดงถึงทิศทางความสัมพันธ์

ที่ลำธารห้วยผาลาด สามารถจัดกลุ่มของ HMDS ordination จากเดือนต่างๆ ที่ทำการศึกษาโดยใช้ UPGMA dendrogram (ภาพ 55) ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ I ประกอบด้วย เดือนธันวาคม 2541 เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม กันยายน 2542 และมกราคม 2543 กลุ่มที่ II ประกอบด้วย เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม 2541 เดือนมิถุนายน 2542 กลุ่มที่ III ประกอบด้วย เดือนพฤศจิกายน 2541 เดือนกุมภาพันธ์ 2542 เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2542 กุมภาพันธ์ เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม 2543 (ภาพ 56A) ordination ของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย 100 Monte Carlo test ($p<0.05$) ได้แมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 12 ชนิด คือ *Rhyachophila petersorum, R. suthepensis, Chimarra spinifera, Cheumatopsyche cocles, Hydatomanicus abiud, Hydropsyche pallipenne, Ecnomus venimar, Hydatomanicus klanklini, Hydromanicus serubabel, Hydropsyche clitumnus, Diplectrona* sp.1, and *Diplectrona* sp.2. (ภาพ 56B) และ ordination ของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย 100 Monte Carlo test ($p<0.05$) พบคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์ทั้งหมด 3 ประการ คือ ค่าการนำกระแสไฟฟ้า ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (ภาพ 56C)



ภาพ 55 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในแต่ละเดือนของลำธารห้วยผาลาด ด้วย UPGMA dendrogram ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนสิงหาคม 2543



ภาพ 56 A) ordination ของเดือนที่ทำการศึกษาในลำธารห้วยผาลาด ค่า stress เท่ากับ 0.170 B) ordination ค่าความสัมพันธ์ของแมลงน้ำชนิดต่างๆ C) ordination ค่าความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี โดยที่ลูกศรแสดงถึงทิศทางความสัมพันธ์

บทที่ 5
อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการ

คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ ได้ทำการศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธาร ความเร็วของกระแสน้ำ ปริมาตรน้ำและความขุ่นใสของน้ำ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการสร้างกราฟ boxplot ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพทั้ง 5 ปัจจัยมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล และมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละจุดที่ทำการศึกษา คือ ลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด โดยที่อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศในลำธารห้วยแก้วมีค่าต่ำกว่าในลำธารห้วยผาลาด เนื่องมาจากพืชข้างลำธารห้วยแก้วเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ให้ร่มเงาสูงกว่าลำธารห้วยผาลาดที่เป็นไผ่สลับกับต้นไม้ยืนต้น สภาพพื้นที่ป่าน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและแสดงความแตกต่างกันของอุณหภูมิในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ส่วนปัจจัยความกว้างของลำธาร ความเร็วของกระแสน้ำและปริมาตรน้ำเป็นปัจจัยที่เกี่ยวเนื่องกัน ดังเห็นได้จากลำธารห้วยแก้วซึ่งมีค่าความกว้างและความเร็วของกระแสน้ำมากส่งผลให้มีปริมาตรน้ำมากกว่าโดยเฉพาะในฤดูฝน และเมื่อเทียบคุณภาพน้ำทั้ง 3 ปัจจัยกับปริมาณน้ำฝนในปี 2542-2543 (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ) พบว่าปริมาณน้ำฝนมีมากซึ่งสอดคล้องกับปริมาตรน้ำในฤดูฝน แสดงว่าปริมาตรน้ำได้รับอิทธิพลมาจากปริมาณน้ำฝน (Boulton and Brock, 1999) นอกจากนี้แล้วค่าความขุ่นใสของน้ำก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่แปรผันตามฤดูกาล โดยจะมีความสอดคล้องกันกับความเร็วของกระแสน้ำ ปริมาตรน้ำและปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้เนื่องจากความขุ่นใสของน้ำเป็นผลของอนุภาคสารแขวนลอยในน้ำ (นันทนา, 2539) เมื่อฝนตกจะทำให้ความเร็วของน้ำสูงขึ้น จึงส่งผลในการพัดพาและการนำอนุภาคสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำมาก ซึ่งเห็นได้จากค่าความขุ่นใสของน้ำในฤดูฝนมีค่าความขุ่นใสสูงที่สุด

ส่วนคุณภาพน้ำทางด้านเคมีนั้นทำการศึกษาทั้งหมด 9 ปัจจัย คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นเบส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการสร้างกราฟ boxplot ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่ามีแต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล และแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละจุดที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสมดุลย์ของปริมาณอิออน H^+ และ OH^- ในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-8.0

น้ำธรรมชาติส่วนมากมักจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7 จะเป็นผลเนื่องจากในน้ำมีปริมาณไอออนพวกคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (นันทนา, 2539) ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยที่พบว่าค่าความเป็นเบสของลำธารห้วยแก้วมีค่าน้อยกว่าในลำธารห้วยผาลาดส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเป็นด่างมากกว่าในลำธารห้วยผาลาด อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความเข้มข้นของปริมาณไอออนและการนำไฟฟ้า ซึ่งบอกถึงภาวะการมีสารที่มีการแตกตัวให้ไอออนอิสระปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ จากการศึกษาพบลำธารห้วยแก้วมีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีค่าน้อยกว่าลำธารห้วยผาลาดอย่างเห็นได้ชัด แสดงถึงลำธารห้วยแก้วมีสารที่สามารถแตกตัวให้ไอออนอิสระและปริมาณของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในปริมาณน้อยกว่าลำธารห้วยผาลาด ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ได้จากการศึกษาในลำธารทั้งสองแห่งมีค่ามากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าปริมาณออกซิเจนขั้นต่ำของมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อ) กำหนด คือ มีค่ามากกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร (พระราชบัญญัติรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2535) ทั้งนี้เนื่องจากลำธารน้ำเป็นแหล่งน้ำที่มีความเร็วและความปั่นป่วนของกระแสน้ำซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายของก๊าซออกซิเจนลงในน้ำตลอดเวลา ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำมีค่าที่ค่อนข้างสูง (Boulton and Brock, 1999) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าน้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่ามีค่าสูงมากในฤดูร้อน เนื่องจากน้ำในลำธารน้ำทั้งสองแห่งมีปริมาตรน้ำน้อยลง ในขณะที่มีการสะสมของสารอินทรีย์ที่เกิดจากการผลัดใบของป่าเบญจพรรณซึ่งเป็นลักษณะของป่าในจุดที่ทำการศึกษาเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่ามากเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณสารอาหารที่ทำการศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย พบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตในลำธารห้วยผาลาดมีค่าที่สูงกว่าลำธารห้วยแก้ว แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของสารที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่มากกว่า เช่น ผงซักฟอก เป็นต้น ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนของลำธารทั้งสองแห่งมีค่าน้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถจัดลำธารทั้งสองแห่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (พระราชบัญญัติรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2535) และผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงลำธารห้วยผาลาดมีการปนเปื้อนของไนเตรตไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่า ส่วนค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่พระราชบัญญัติรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2535) กำหนดไว้มีค่าไม่เกินกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จากผลการศึกษาพบว่าในฤดูฝนทั้งลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากในฤดูฝนมีการชะล้างเอาสารปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ดีกว่าในฤดูกาลอื่นๆ ประกอบกับในบริเวณต้นน้ำลำธาร

ห้วยผาลาดมีการทิ้งสิ่งปฏิกูลจากชุมชน (แตงอ่อน, 2543) ซึ่งได้ส่งผลให้ปริมาณสารปนเปื้อนต่างๆ ทั้งที่เป็นสารที่สามารถแตกตัวให้อิออนอิสระและสารอาหารมีค่าที่ค่อนข้างสูงกว่าในลำธารห้วยแก้ว

การศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamocertidae

จากการศึกษาพบแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารห้วยแก้วมีตัวอ่อนทั้งหมด 4 ระยะ แต่ได้จัดเป็น ระยะที่ II ถึงระยะที่ V ทั้งนี้เนื่องจากแมลงหนอนปลอกน้ำโดยทั่วไปมีระยะตัวอ่อนทั้งหมดประมาณ 5 ระยะ และจากหลักฐานการศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae 3 ชนิด ในฮ่องกง โดย Dudgeon (1999) พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำทั้ง 3 ชนิด มีระยะตัวอ่อนทั้งหมด 5 ระยะ และการศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Ecclissocosmoecus spinosa* Schmid ในฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น สำรวจพบแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด 4 ระยะ แต่ได้จัดให้เป็นระยะที่ II ถึงระยะที่ V เนื่องจากตัวอ่อนในระยะที่ I มีขนาดเล็กมากจึงสำรวจไม่พบ (Nagayasu and Ito, 1999) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้จัดตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธารห้วยแก้วทั้ง 4 ระยะที่พบเป็นระยะที่ II ถึง V ซึ่งสอดคล้องกันกับแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธารห้วยผาลาด แต่เนื่องจากแมลงในลำธารห้วยผาลาดนั้นมีระยะในการปรากฏสั้น (มกราคมถึงพฤษภาคม) ทำให้จำนวนตัวของแมลงที่จับได้มีไม่มากพอที่จะกระจายครอบคลุมช่วงของความกว้างของส่วนหัวในแต่ละระยะ (n=30) จึงพบว่าในระยะที่ II และ III มีความกว้างของส่วนหัวเพียง 2 ค่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในระยะที่ II ถึง V จากทั้งสองลำธารมีปลอกเป็นใบไม้ 2 ชิ้น ประกบติดกันแล้วตัวอ่อนก็จะแทรกอยู่ภายในใบไม้ เป็นผลให้แมลงหนอนปลอกน้ำในกลุ่มนี้มีปล้องอกและปล้องท้องรวมถึงโหนกที่ปล้องท้องปล้องที่ 1 มีลักษณะแบนและบางกว่าแมลงหนอนปลอกน้ำอื่นๆ ในกลุ่มที่สามารถเคลื่อนย้ายปลอกได้ (Wiggins, 1996) จากการปรากฏของตัวอ่อนทุกระยะในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา แสดงให้เห็นถึงการที่แมลงมีการเจริญแบบไม่มีฤดูกาลหรือไม่ได้มีการเจริญพร้อมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นครอก ซึ่งสอดคล้องกันกับการปรากฏของตัวเต็มวัย คือ สามารถพบตัวเต็มวัยได้เกือบทุกเดือน เนื่องจากตัวเต็มวัยมีอายุภายหลังจากการฟักประมาณ 1 เดือน (McCafferty, 1981) แสดงถึงมีการฟักของตัวเต็มวัยมีเกือบทุกเดือน และสอดคล้องกันกับงานการศึกษาของ Dudgeon (1999) ที่ได้กล่าวเอาไว้ว่าแมลงหนอนปลอกน้ำกลุ่ม *Anisocentropus* spp. เป็นแมลงที่มีการเจริญแบบไม่พร้อมเพรียงกันอย่างไม่มีฤดูกาล เมื่อทำการศึกษาถิ่นที่อยู่อาศัยของแมลงและพฤติกรรมการกินอาหาร พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำ *A. janus* อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีการสะสมของใบไม้ ซึ่งเป็นแหล่งที่แมลงสามารถนำมาสร้างปลอก และได้สำรวจพบเนื้อเยื่อพืชในทางเดินอาหารแสดงถึงแมลงมีการกินใบไม้ที่สะสมในลำธารเป็นอาหาร

เช่นกัน เมื่อทำการศึกษา mandible ของแมลง พบว่า mandible มีลักษณะที่เป็นซี่ฟันขนาดใหญ่ ไม่ได้เป็นซี่ละเอียดที่แสดงถึงลักษณะการกรองกินอาหารหรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเพื่อการล่าเหยื่อ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงว่าแมลงมีการกัดกินชิ้นส่วนพืชที่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำเป็นอาหาร นอกจากนี้แล้วยังสำรวจพบสาหร่ายกลุ่มต่างๆ ในทางเดินอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายมีความสามารถในการเกาะกับพื้นผิวต่างๆ เช่น ใบไม้ ก้อนหิน (Hauer and Lamberti, 1996; Hynes, 1972) ดังนั้นการพบสาหร่ายในทางเดินอาหารของแมลงจึงน่าจะเกิดจากการกัดกินชิ้นส่วนพืชที่มีสาหร่ายเกาะอยู่ จึงถือได้ว่าสาหร่ายที่แมลงกินเข้าไปนั้นจะเป็นอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อแมลงอีกทางหนึ่ง จากพฤติกรรมการกินอาหารของแมลงน้ำสามารถจัดแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* เป็นผู้บริโภคลำดับที่ 1 ในระบบห่วงโซ่อาหารได้ จากปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวอ่อนและตัวเต็มวัยชนิดนี้พบมากในเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงที่ลำธารน้ำมีการสะสมใบไม้ที่ร่วงลงมาภายหลังช่วงฤดูหนาวและปริมาณน้ำฝนเริ่มสูงขึ้น เมื่อเริ่มเข้าสู่ฤดูฝนจำนวนแมลงทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะลดน้อยลงหรือไม่ปรากฏเลยในลำธารห้วยผาลาด เมื่อเปรียบเทียบกับแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ในฮ่องกง (Dudgeon, 1999) ซึ่งจะมีการปรากฏสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมซึ่งอยู่ในฤดูร้อน พอเข้าฤดูมรสุมจำนวนของแมลงจะลดลง เริ่มมีการเจริญในฤดูหนาวและเจริญมากขึ้นเมื่อเข้าฤดูร้อนอีกครั้ง การปรากฏของแมลงจะมีความสัมพันธ์สอดคล้องสูงสุดกับปริมาณน้ำฝน ส่วนแมลงหนอนปลอกน้ำที่ทำการศึกษานี้ได้แสดงผลสัมพันธ์กับแมลงหนอนปลอกน้ำในกลุ่มเดียวกันที่ศึกษาในต่างพื้นที่ แต่ช่วงวันและเวลาแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับฤดูกาลในพื้นที่นั้นๆ ดังนั้นการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้จึงมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยมีปริมาณน้ำและอาหารเป็นปัจจัยสำคัญ และจากการศึกษาปริมาณน้ำฝนพบว่า ตั้งแต่ปี 2541 ถึง 2543 ปริมาณน้ำฝนมีมากในเดือนพฤษภาคม ถึงแม้จะจัดอยู่ในฤดูร้อน เมื่อแมลงมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝน ดังนั้นแมลงจะมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือการปรากฏสอดคล้องกับการผันแปรนี้หรือไม่ เป็นเรื่องที่น่าจะมีการศึกษาต่อไปเพื่อเป็นการศึกษาในแนวการเฝ้าระวังสภาพสิ่งแวดล้อม

จากการสำรวจพบระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* 2 ครั้ง คือเดือนธันวาคม 2542 และเดือนกุมภาพันธ์ 2543 และจากการเลี้ยงตัวอ่อนในระยะที่ V ตัวอ่อนใช้ระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์เข้าสู่ระยะดักแด้ แมลงจะอยู่ในระยะดักแด้โดยใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนที่จะฟักเป็นตัวเต็มวัย เมื่ออยู่ในระยะดักแด้แมลงจะอาศัยอยู่ในปลอกที่เป็นใบไม้และมีการสร้างเส้นใยมาปิดด้านหัวและท้ายของปลอกเอาไว้เพื่อป้องกันการรบกวน และเมื่อคำนวณจาก 2 ระยะที่ได้ทำการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้จึงน่าจะใช้ระยะเวลาในการเจริญอย่างน้อย 3-4 เดือน แมลงในกลุ่มนี้จึงน่าจะมีการเจริญและพัฒนาหลายรอบวงชีวิตในรอบ 1 ปี ดังที่ Yule and

Pearson (1996) กล่าวถึงงานการศึกษาต่างๆ เอาไว้ว่า แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae ในเขต Neotropical ชนิด *Banyallarga argentinica* จะมีการเจริญและพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 95-120 วัน หรือประมาณ 3-4 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำอื่นๆ ที่ทำการศึกษาในประเทศไทย พบว่า *Ugandatrichia maliwan* แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydroptilidae ที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ มีการเจริญแบบไม่มีฤดูกาลและมีการปรากฏสูงที่สุดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน (อิสระ, 2541) ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับฤดูกาล ปริมาณน้ำและแหล่งอาหารเช่นกัน

การศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamocertidae

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองนั้นต้องการข้อมูลชีวประวัติบางส่วนในการศึกษาจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติของแมลงมาก่อน และในการศึกษาชีวประวัติของแมลงก็จำเป็นที่จะต้องทราบชนิดของแมลงทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเชื่อมโยงตัวอ่อนและตัวเต็มวัยได้ 1 ชนิด คือ *A. janus* ในการคำนวณจึงแยกคำนวณเป็นแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae สกุล *Anisocentropus* กับแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในการคำนวณหาระยะตัวอ่อนทั้งหมดของแมลงหนอนปลอกน้ำ *Anisocentropus* spp. ใช้ความกว้างส่วนหัวของแมลงทุกตัวในแต่ละจุดทำการศึกษามาสร้างกราฟ histogram (ภาคผนวก ก) และได้ขนาดของแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละระยะที่เป็นตัวแทนของสกุล พบว่าในลำธารห้วยแก้วมีความหนาแน่น มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตต่อปีเท่ากับ 12.83 ตัวต่อตารางเมตร 220.72 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร และ 672.43 มิลลิกรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ และจากตารางการคำนวณพบค่าใน column ที่แสดงค่า Time no. size classes มีค่าเป็นลบในระยะต้นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสมมุติฐานที่เกี่ยวกับการเจริญของแมลง (Hypothesis cohort of stream insect) กล่าวไว้ว่าแมลงในระยะต้นๆ จะมีจำนวนตัวมากแต่ขนาดเล็ก เมื่อโตขึ้นจำนวนจะลดลงเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น การตาย แต่ขนาดตัวจะโตมาก (Hauer and Lamberti, 1996) ในการศึกษานี้พบตัวอ่อนในระยะที่ IV และ V มาก ส่วนระยะอื่นๆ พบน้อย ซึ่งแสดงถึงภาวะที่แมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้มีการเจริญอย่างไม่มีฤดูกาล จึงให้ค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าเป็นลบและถือว่าเป็นค่าที่ไม่นำมาใช้ในการคำนวณ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาเกี่ยวกับอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงน้ำอื่นๆ พบว่า แมลงกลุ่มที่การกินอาหารแบบกรองกิน ในลำธาร Alpalachain Plateau, Piedmont และ Valley and Ridge ประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าอัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 0.3-1.5 กรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี 1.5-3.1 กรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปีและ 0.7-2.7 กรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร

ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าแมลงหนอนปลอกน้ำ *Anisocentropus* spp. ถึงเกือบ 5 เท่า (Benke *et.al.*, 1998) และการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ใน Tai Po Kau Forest Stream ประเทศฮ่องกง มีอัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 1,074 มิลลิกรัมที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี (Dudgeon, 1997) ทั้งนี้เนื่องจากแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้มีความหลากหลายของชนิดและจำนวนมากกว่าแมลงหนอนปลอกน้ำ *Anisocentropus* spp. (Dudgeon, 1999) จึงพบว่ามีอัตราผลผลิตมากกว่าถึงเกือบหนึ่งเท่า ส่วนอัตราผลผลิตของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* มีความหนาแน่น มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตเท่ากับ 8.08 ตัวต่อตารางเมตร 134.1078 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร 503.2272 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษา *Stenopsyche angustata* ใน Tai Po Kau Forest Stream ประเทศฮ่องกง ที่มีอัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 2008.2 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี ในปี 1978-79 และ 1,880 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี ในปี 1978-1979 (Dudgeon, 1997) ซึ่งมีค่ามากกว่า *A. janus* ถึง 3-4 เท่า และเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นเฉลี่ยและมวลชีวภาพของ *Stenopsyche angustata* ก็มีค่ามากกว่า *A. janus* เช่นกัน (79.6 ตัวต่อตารางเมตรและ 218.8 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อปี)

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลอัตราผลผลิตขั้นที่สองของลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาด พบว่าลำธารห้วยแก้วมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตของแมลงหนอนปลอกน้ำ *Anisocentropus* spp. มากกว่าลำธารห้วยผาลาดถึง 3 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนตัวของแมลงที่พบ คือ ในลำธารห้วยแก้วพบแมลง 154 ตัว และในลำธารห้วยผาลาดพบ 39 ตัว ทั้งนี้อาจมีผลมาจากการที่ลำธารห้วยผาลาดมีพื้นท้องน้ำเป็น bedrock เมื่อถึงฤดูฝนปริมาณน้ำมากจะไม่ปรากฏถิ่นที่อยู่ที่เกิดจากการสะสมของใบไม้อยู่ในจุดที่ทำการศึกษาเลยและในบางปีที่มีภาวะแห้งแล้งน้ำในลำธารห้วยผาลาดก็จะแห้งไปด้วย (แตงอ่อน, 2543; สมยศ, 2543) ซึ่งอาจจะส่งผลให้ตัวอ่อนมีระยะพักตัวหรือมีที่หลบหลีกภาวะดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Limnephilidae ที่อาศัยอยู่ในลำธารแบบชั่วคราว ตัวอ่อนจะมีระยะพักตัว (desiccation-resistant stage) เพื่อปรับตัวให้เข้ากับภาวะแห้งแล้ง (Mathis, 1999) ซึ่งตรงกันข้ามกับลำธารห้วยแก้วที่มีความอุดมสมบูรณ์ของพันธุ์ไม้ข้างลำธารและมีน้ำไหลตลอดทั้งปีก็สามารถสำรวจพบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำตลอดทั้งปี จำนวนชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยพบว่าในลำธารห้วยแก้วมีจำนวนมากกว่า คือ 4 ชนิด ส่งผลให้มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตในลำธารห้วยแก้วมีมากกว่า นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของน้ำลำธารห้วยผาลาดที่มีปริมาณสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในลำธารมากกว่า อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้แมลงหนอนปลอกน้ำที่พบมีอัตราผลผลิตน้อยกว่า และเมื่อพิจารณาถึงแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด

A. janus พบว่าแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีความหนาแน่นเฉลี่ย มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของลำธารห้วยแก้วมากกว่าในลำธารห้วยผาลาดถึง 2 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพและอัตราผลผลิตในลำธารห้วยผาลาดกับงานการศึกษาอื่นๆ (Dudgeon, 1997; 1999; Benke *et.al.* 1998) พบว่าทั้งความหนาแน่นเฉลี่ย มวลชีวภาพและอัตราผลผลิตของแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธารห้วยผาลาดมีน้อยกว่าอาจเนื่องมาด้วยเหตุผลและปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากการศึกษาค่า Annual P/B พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำ *Anisocentropus* spp. และ *A. janus* ในลำธารห้วยแก้วมีค่า Annual P/B ประมาณ 3.05 และ 3.75 ตามลำดับ ส่วนในลำธารห้วยผาลาดมีค่า Annual P/B ประมาณ 1.97 และ 1.59 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแสดงถึงอัตราการเจริญของมวลชีวภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำกลุ่ม Hydropsychidae ซึ่งมีค่า Annual P/B อยู่ระหว่าง 3.59-25.46 $year^{-1}$ ซึ่งแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์นี้ที่มีระยะการเจริญ 2 รอบวงชีวิต ในรอบ 1 ปี ทั้งนี้ค่า Annual P/B มีความสัมพันธ์กันกับค่า CPI หรือค่าความยาวของระยะที่แมลงใช้ในการเจริญในระยะเวลา 1 ปี (Dudgeon, 1997) แม้แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Calamoceratidae เป็นแมลงที่มีการเจริญหลายรอบวงชีวิตในรอบ 1 ปี มีค่า CPI เท่ากับ 3 (12/4) ซึ่งคำนวณมาจากระยะเวลาประมาณ 4 เดือนแมลงหนอนปลอกน้ำใช้ในการเจริญ 1 รอบวงชีวิต ในรอบ 1 ปี จึงมี 3 รอบวงชีวิต ค่า CPI จึงมีค่าเท่ากับ 3 แต่มีค่า Annual P/B ที่ค่อนข้างต่ำเนื่องจากค่า Annual P/B ได้มาจากค่าอัตราผลผลิตหารด้วยค่ามวลชีวภาพ แต่ค่าอัตราผลผลิตมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากจำนวนและการปรากฏของแมลงในแต่ละเดือนมีในปริมาณที่น้อย จึงทำให้ค่าอัตราผลผลิตต่ำกว่าค่ามวลชีวภาพและทำให้ค่า Annual P/B มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่นๆ

จากการศึกษาสมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าและสมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า โดยพิจารณาจากค่า R^2 (coefficient of determination) ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ ค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 และ -1 ถือว่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจที่ดี จากการพบค่าที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความยาวลำตัวกับความกว้างของส่วนหัว ค่า R^2 ของความยาวลำตัวทั้งหมดจะมีค่าที่แสดงถึงสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจที่ดีกว่า ดังนั้นในการศึกษาน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* จึงควรเลือกใช้สมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้า

การศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย

จากการศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าในลำธารห้วยแก้วพบแมลงหนอนปลอกน้ำเพศผู้น้อยกว่าลำธารห้วยผาลาด แต่เมื่อศึกษาถึงความหลากชนิดพบว่าในลำธารห้วยแก้วมีความหลากชนิดมากกว่าในลำธารห้วยผาลาด โดยในลำธารห้วยแก้วพบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยจำแนกเป็น 17 วงศ์ 34 สกุล 86 ชนิด และในลำธารห้วยแก้วพบ 14 วงศ์ 24 สกุล 57 ชนิด วงศ์ที่ไม่พบในลำธารห้วยผาลาด คือ วงศ์ Molannidae, Leptoceridae และ Helicopsychidae วงศ์ที่มีความหลากชนิดและมีจำนวนมากที่สุดในลำธารทั้งสองสาย คือ วงศ์ Hydropsychidae และวงศ์ Philopotamidae ตามลำดับ แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในทั้งสองลำธารมีการปรากฏในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและกำลังเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในทั้งสองลำธารเริ่มลดลงและลดลงต่ำที่สุดเมื่อเข้าสู่กลางฤดูหนาว การศึกษานี้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Chantaramongkol *et.al.* (1999) และแตงอ่อน (2543) เนื่องจากแมลงหนอนปลอกน้ำจะมีการผสมพันธุ์และวางไข่ในช่วงฤดูหนาว เพื่อที่แมลงจะได้มีการฟักเป็นตัวเต็มวัยก่อนฤดูฝน เป็นการลดภาวะการตายเนื่องจากน้ำหลากในฤดูฝน จึงพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำส่วนใหญ่จะมีการปรากฏมากในช่วงก่อนเข้าฤดูฝน (Dudgeon, 1992)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยกับคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ ดังจะพบว่าในลำธารน้ำห้วยแก้วแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Cheumatopsyche cocles* มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิอากาศ *Kisura cina* มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ *Dinarthrum moulmina* และ *Agapetus lalus* มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าความเป็นเบส ($r>0.75$, $p<0.05$) หมายความว่าถ้าคุณภาพน้ำปัจจัยนั้นๆ เพิ่มขึ้นก็จะพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนั้นมีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน และพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Chimarra berenike, C. Khamuorum, Pseudoneureclipsis uma, Ecnomus jojachin* และ *Setodes* sp. 3 มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าการนำไฟฟ้า ($r>-0.75$, $p<0.05$) แปลว่า ถ้าปริมาณของค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะพบแมลงชนิด *Chimarra berenik, C. Khamuorum, Pseudoneureclipsis uma, Ecnomus jojachin* และ *Setodes* sp.3 มีจำนวนตัวลดลง จากข้อมูลในส่วนนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเป็นดัชนีชีวภาพในการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ และจากการศึกษาในลำธารห้วยผาลาดพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Ecnomus suadus, Ganonema extensum* มีความสัมพันธ์กับปริมาตรน้ำในทิศทางเดียวกัน *Lannapsyche chantaramongkolae* มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นเบส *L. chantaramongkolae* และ

Rhyacophila petersorum มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ($r>0.75$, $p<0.05$) หมายความว่าถ้าคุณภาพน้ำปัจจัยนั้นๆ เพิ่มขึ้นก็จะพบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนั้นมีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน และแมลงชนิด *Macrostemum fastosum* และ *M. midus* มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณออกซิเจน *Agapetus dangorum* และ *Cheumatopsyche cocles* มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณไนเตรตไนโตรเจน ($r>-0.75$, $p<0.05$) หมายความว่าถ้าคุณภาพน้ำปัจจัยนั้นๆ มีค่าเพิ่มขึ้น การปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำในชนิดนั้นก็จะลดลงด้วย เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในลำธารห้วยแก้วและลำธารห้วยผาลาดได้มีการทำการศึกษาไว้โดย แตงอ่อน (2543) การศึกษาตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนกรกฎาคม 2542 จึงได้มีการนำข้อมูลของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในเดือนกันยายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 โดยใช้โปรแกรม PATN จัดกลุ่มเดือนทั้งหมด 24 เดือนโดยชนิดและจำนวนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่พบ หลังจากนั้นก็ทำการจัดกลุ่มตัวแปรด้วย UPGMA ordination และทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างแมลงหนอนปลอกน้ำกับเดือนที่ทำการศึกษา และคุณภาพน้ำกับเดือนที่ทำการศึกษา โดยการใช้ 100 Monte Carlo Test ผลของการศึกษาพบว่าในลำธารห้วยแก้วสามารถแบ่งกลุ่มเดือนที่ทำการศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีแนวโน้มกว้างๆ ได้ 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ I คือ กลุ่มเดือนในปีที่สองที่ทำการศึกษา กลุ่มที่ II เป็นกลุ่มเดือนในฤดูฝนและกลุ่มที่ III เป็นกลุ่มเดือนที่ทำการศึกษาในปีแรก ส่วนข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ด้วย 100 Monte Carlo Test ได้แมลงที่มีความสัมพันธ์กันกับกลุ่มของเดือนทั้งหมด 14 ชนิด โดยชนิด *Hydropsyche bacchus* และ *Himalopsyche acharai* มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเดือนกลุ่มที่ I แมลงชนิด *Chimarra atnia, C. suthepensis, C. schwendingeri, Hydropsyche clitumnus* และ *Molannodes lirr* มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเดือนกลุ่มที่ III และแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Pseudoneureclipsis usia, Pyschomyia monto, Cheumatopsyche cocles, Hydromanicus serubabel, Hydropsyche arcturus, Dinarthrum daidalion* และ *Goerodes abruptus* มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเดือนกลุ่มที่เหลือ ส่วนคุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับกลุ่มเดือน คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าความขุ่นใสของน้ำ (ภาคผนวก ค) เมื่อดูกราฟคุณภาพน้ำแสดงค่าดังกล่าวพบว่าในปีแรกและปีที่สองที่ทำการศึกษาพบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าความขุ่นใสของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง โดยในปีแรกมีปริมาณออกซิเจนที่ค่อนข้างสูง แต่ความขุ่นใสของน้ำมีค่าค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำในปีแรกมีค่าที่ต่ำกว่า การชะล้างเอาอนุภาคสารต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำมีน้อยกว่า (Goldman and Horne, 1983) ปริมาณน้ำและ

ค่าความขุ่นใสของน้ำที่มีค่าค่อนข้างน้อยในปีแรกอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลให้การละลายของก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นได้ดีกว่า ส่งผลให้มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ในลำธารห้วยผาลาดมีการจัดกลุ่มของเดือนที่ทำการศึกษาได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ I เป็นกลุ่มของเดือนในฤดูร้อนในปีแรกเป็นหลัก กลุ่มที่ II เป็นกลุ่มของเดือนในฤดูฝนในปีแรกทั้งหมดและกลุ่มที่ III เป็นกลุ่มของเดือนในปีที่สอง ทั้งนี้เนื่องจากในปีแรกที่ศึกษามีฤดูกาลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคมเป็นเดือนที่ไม่มีฝนตกเลย (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2541) น้ำในลำธารห้วยผาลาดแห้งจัดจึงเกิดการแยกกลุ่มกันระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝน แมลงหนอนปลอกน้ำ 12 ชนิด มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเดือนกลุ่มที่ II และ III และมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นเบสและความสามารถในการนำไฟฟ้า เนื่องจากลำธารห้วยผาลาดเป็นลำธารที่มีความเร็วของกระแสน้ำสูง อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการชะเอาสารที่สามารถแตกตัวให้อิออนอิสระอย่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นเบสและความสามารถในการนำไฟฟ้าปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้สูง (นันทนา, 2539; Wetzel, 1975) ประกอบกับต้นลำธารห้วยแก้วมีการทิ้งสิ่งปฏิกูลจากชุมชน (แตงอ่อน, 2543) จึงทำให้มีค่าที่มีผลต่อการจัดกลุ่มของเดือนและแมลงหนอนปลอกน้ำ

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา

1. แมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* ในลำธารทั้งสองแห่งมีการเจริญแบบไม่มีฤดูกาลและระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญหลายรอบวงชีวิตในรอบ 1 ปี ตัวอ่อนมีระยะการเจริญ 5 ระยะ สำรวจไม่พบตัวอ่อนระยะที่ I ตัวอ่อนระยะที่ II ถึง V และระยะดักแด้มีการสร้างปลอกจากชิ้นส่วนใบไม้ ระยะดักแด้ใช้ระยะเวลาในการเจริญเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 2 สัปดาห์ ในลำธารห้วยแก้วสามารถพบตัวอ่อนแมลงได้ตลอดทั้งปี แต่ในลำธารห้วยผาลาดสามารถพบได้ในเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ตัวอ่อนในลำธารทั้งสองสายมีการปรากฏสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำและปริมาณอาหาร

2. แมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *A. janus* มีพฤติกรรมการกินอาหารเป็นแบบกัดกินชิ้นส่วนพืช เช่น ใบไม้ ซึ่ง mandible ของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดมีขนาดใหญ่ มีลักษณะของฟันกัดและฟันบดเป็นฟันสำหรับกัดกิน ส่วนสาหร่ายที่พบในทางเดินอาหารเป็นสาหร่ายที่เกาะอยู่บนชิ้นส่วนพืชและเข้าไปในระบบทางเดินอาหารขณะที่แมลงกัดกินชิ้นส่วนพืช จึงจัดแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้เป็นผู้บริโภคลำดับที่ 1 ในห่วงโซ่อาหาร

3. แมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. และ *A. janus* ในลำธารห้วยแก้วมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 12.83 และ 8.08 ตัวต่อตารางเมตร มวลชีวภาพเท่ากับ 220.73 และ 134.12 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร อัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 672.11 และ 503.23 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี และ Annual P/B เท่ากับ 3.05 และ 3.75 ปี$^{-1}$ ตามลำดับ ในลำธารห้วยผาลาดแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Anisocentropus* sp. และ *A. janus* มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 และ 2.5 ตัวต่อตารางเมตร มวลชีวภาพเท่ากับ 98.204 และ 32.09 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตร อัตราผลผลิตขั้นที่สองเท่ากับ 193.36 และ 128.38 มิลลิกรัมน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าต่อตารางเมตรต่อปี และ Annual P/B เท่ากับ 1.97 และ 1.59 ปี$^{-1}$ ตามลำดับ สมการถดถอยระหว่างความยาวของลำตัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าในลำธารห้วยแก้ว คือ $y = 1.9957x-0.9699$ (R^2 =0.4195) และในลำธารห้วยผาลาดมีสมการดังนี้ $y = 5.9402x-5.4121$ (R^2=0.8819) สมการถดถอยระหว่างความกว้างของส่วนหัวกับน้ำหนักที่ปราศจากเถ้าในลำธารห้วยแก้ว คือ $y = 3.281x-1.4318$ (R^2=0.5398) และในลำธารห้วยผาลาดมีสมการดังนี้ $y = 4.2183x-2.2721$ (R^2=0.3904)

4. แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเพศผู้ในลำธารห้วยแก้วทั้งหมด 1,332 ตัว จัดจำแนกเป็น 17 วงศ์ 34 สกุล 86 ชนิด และในลำธารห้วยผาลาดพบแมลงหนอนปลอกน้ำเพศผู้ทั้งหมด 1,499 ตัว จัดจำแนกเป็น 14 วงศ์ 24 สกุล 57 ชนิด สำรวจพบเป็นชนิดใหม่ 1 ชนิด คือ *Chimarra drike* Malicky & Thamsenanupap 2000 จากลำธารทั้งสองสายพบแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae และ Philopotamidae มีการปรากฏมากที่สุดตามลำดับ เดือนที่มีความหลากชนิดและจำนวนของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยมากที่สุด คือ เดือนเมษายน เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยกับคุณภาพน้ำ พบแมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงกันข้าม ($p<0.05$, $r<0.75$, $r>-0.75$)

5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยในปี 2542-2543 กับข้อมูลในปี 2541-2542 ด้วย PATN ในลำธารห้วยแก้วพบการแบ่งกลุ่มเดือนทั้งหมด 4 กลุ่ม และมีความสัมพันธ์กับแมลงหนอนปลอกน้ำ 14 ชนิดและคุณภาพน้ำ 2 ปัจจัย (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและความขุ่นใสของน้ำ) ในลำธารห้วยผาลาดมีการแบ่งกลุ่มเดือน 3 กลุ่ม มีความสัมพันธ์กับแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย 12 ชนิดและคุณภาพน้ำ 3 ปัจจัย (ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและค่าความเป็นเบส)

6. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการจัดอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินแหล่งน้ำประเภทที่ 2 แต่ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในฤดูฝนมีสูงกว่ากำหนด และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำในลำธารทั้งสองสาย พบว่าน้ำในลำธารห้วยแก้วมีปริมาณสารปนเปื้อนและสารที่แตกตัวให้อิออนอิสระมีน้อยกว่าลำธารห้วยผาลาด

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544. การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวแปร SPSS for Window. ภาควิชาสถิติ คณะพานิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. กรุงเทพฯ.

แตงอ่อน พรหมมิ. 2543. ความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย จากลำธารที่ความสูงต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นันทนา คชเสนี. 2539. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2541. นิเวศวิทยา ทรัพยากรธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นฤมล แสงประดับ, ยรรยงค์ อินทร์ม่วง, ชุติมา หาญจวณิช, อาษา อาษาไชย และประยุทธ์ อุดรพิมาย. 2542. รายงายการวิจัยเรื่อง การศึกษาการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงกลุ่ม Ephemeroptera Plecoptera และ Trichoptera (EPT) ในลำธารต้นน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาองค์ความรู้และการศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย.

พรทิพย์ จันทรมงคล และHans Malicky. 2543. รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอปเทอราในประเทศไทยเพื่อการประยุกต์ใช้ในการตัดสินคุณภาพน้ำ (ส่วนที่ 1). รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาองค์ความรู้และการศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2535. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2527. รูปร่างและสรีรวิทยาเบื้องต้นของแมลง. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

วิสูตร สมนึก. 2540. รายงานการประชุมเรื่อง กฎหมายป่าไม้ที่ใช้คุ้มครองพื้นที่สงวนชีวมณฑล. รายงานการประชุมวิชาการการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่สงวนชีวมลฑล, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ศุภลักษณ์ ระคมสุข. 2542. ความหลากชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae บริเวณห้วยพรมแล้งและห้วยหญ้าเครือ อุทยานแห่งชาตินำ้หนาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. 2541. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำปี 2541. (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์). เชียงใหม่.

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. 2542. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำปี 2542. (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์). เชียงใหม่.

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. 2543. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประจำปี 2543. (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์). เชียงใหม่.

สมจิตร์ สมพงษ์. 2541. ความหลากหลายและชีววิทยาแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Limnocentropus* spp. จากลำธารน้ำ ที่ความสูงสองระดับในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมยศ ศิลาล้อม. 2543. ความหลากหลายและการกระจายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ในลำธารที่ระดับความสูงต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุนทร คำยอง และดุสิต เสรเมธากุล. 2541. "การศึกษาเชิงปริมาณและคุณภาพเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพของพืชในป่าชนิดต่างๆ ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิธีการวิเคราะห์สังคมพืช ตอนที่ 2 ป่าดิบเขา". ในทำเนียบผลงานวิจัย พ.ศ. 2541. หน้า 55- 61. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อิสระ ธานี. 2541. ชีวประวัติของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Ugandatrichia maliwan* และคุณภาพน้ำที่ลำธารน้ำแม่กลาง อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Washington DC: American Health Association.

Anderson, N.H. 1997. Phenology of Trichoptera in Summer-dry Headwater Streams in Western Oregon, U.S.A. *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiang Mai, p. 7-13.

Belbin, L. 1995. PATN Pattern Analysis Package. Division of Wild life and Ecology. CSIRO, Australia.

Benke, A.C. and Wallace, J.B. 1997. Trophic basis of production among riverine Caddisflies: Implications for food web analysis. *Ecology.*, 78(4): 1132-1145.

Benke,A.C., Huryn, A.D. and Ward, M. 1998. Use of Empirical Models of Stream Invertebrate Secondary Production as Applied to a Functional Feeding Group. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Stuttgart, 26: 2024-2029.

Boulton, A.J. and Brock, M.A. 1999. Australian Freshwater Ecology Process and Management. Gleneagles Publishing. Australia.

Chaibu, P. 2000. Potential use of Trichoptera as water pollution biomonitoring in Ping river Chiang Mai. Thesis for Doctor of Philosophy in Biology. University of Chiang Mai, Chiang Mai.

Chantaramongkol, P. 1983. Light-trapped caddisflies (Trichoptera) as water quality indicators in large rivers: results from the Danube at Veröce, Hunsgary. *Aquatic Insects.*, 5: 33-37.

Chantaramongkol, P. and Malicky, H. 1989. Some *Chimarra* (Trichoptera: Philopotamidae) from Thailand (studies on caddisflies from Thailand, nr.2). *Aquatic Insects.*, 11: 223-240.

Chantaramongkol, P. and Malicky, H. 1995. Einige neue Hydropsychidae (Trichoptera) aus Thailand.) (Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr.15). *Ent., Z. (Essen).*, 104: 92-95.

Chantaramongkol, P. and Malicky, H. 1995a. Drei neue asiatische *Hydromanicus* (Trichoptera: Hydropsychidae) (Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr.17). *Ent., Z. (Essen).*, 105: 92-99.

Chantaramongkol, P., McQuillan, P. and Promkutkaew, S. 1999. Analysis Trichoptera Adult Seasonality from Huay Koo Kaow Stream, Chiang Mai Zoo, Doi Suthep. *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiang Mai, p. 469-474.

Dohet, A. 1999. Ordination and Classification of Trichoptera Assemblages of the Rhithral Part of Some Basins with Little or No Anthropogenic Disturbance in the Oesling (G.D. of Luxembourge). *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chaing Mai, p. 75-81.

Dudgeon, D. 1992. Pattern and Processes in Stream Ecology. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Dudgeon, D. 1996. Life history, secondary production and microdistribution of *Stenopsyche angustata* (Trichoptera: Stenopsychidae) in a tropical forest stream. *J. Zool. Lond.*, 238: 679- 691.

Dudgeon, D. 1997. Life histories, secondary production and microdistribution of hydropsychid caddisflies (Trichoptera) in a tropical forest stream. *J. Zool. Lond.*, 243: 191-210.

Dudgeon, D. 1999. The Population Dynamic of Three Species of Calamoceratidae (Trichoptera) in a Tropical Forest Stream. *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiamg Mai, p. 83-91.

Goldman, C.R. and Horn, A.J. 1983. Limnology. New York: McGraw-Hill.

Hauer, F.R. and Lamberti, G.A. 1996. Stream Ecology. New York: Academic Press.

Hynes, H.B.N. 1972. The Ecology of Running Waters. Liverpool: Liverpool University.

Ito, T., Suzuki, K. and Ohkawa, A. 2000. Caddisflies fauna of northernmost part of Japan. *Biol. Inl. Wat.*, 15: 20-31.

Key, K.H.L. 1973. Principles of Classification and Nomenclature. 2nd ed. Canbera: Melbourne Press.

Kiss, O. and Schmera, D. 1997. The Caddisflies of a Refugium Area in North Hungary. *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio, p. 221-225.

Lind, O. T. 1979. Handbook of common methods in limnology. 2nd ed. St. Louis: C.V. Mosby.

Mackenzie, A., Ball, A.S. and Virdee, S.R. 1998. Instant Notes in Ecology. Guildford: BIOS Scientific Publishers Limited.

Maharaj, L.D. and Alkins-Koo, M. 1997. Seasonal Occurrence of Caddisflies and Population Dynamics of *Helicopsyche Margaritensis* Botosaneanu in Trinidad, West Indies. *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio, p. 277-282.

Malicky, H. 1987. On Some Rhyacophila from Doi Suthep Mountain, Northern Thailand. *Trichop. Newsletter.*, 14: 27-29.

Malicky, H. 1989. Odontoceridae aus Thailand (Trichoptera). *Opusc. Zool. Flumin.*, 36:1-16.

Malicky, H. 1994. Ein Beitrag zur Kenntnis asiatischer Calamoceratidae (Trichoptera) Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 13. *Z. Arbgem. Ösl. Ent.*, 46: 62-79.

Malicky, H. 1995. Weitere neue Köcherfliegen (Trichoptera) aus Asien (Arbeit Nr. 18 über thailandische Köcherfliegen). *Braueria.*, 22: 11-26.

Malicky, H. 1997. A preliminary picture atlas for identification of Trichoptera of Thailand. Unpublished material.

Malicky, H. 1997a. Ein Beitrag zur Kenntnis asiatischer Arten der Gattungen *Cheumatopsyche* Wallengren 1891 und *Potamyia* Banks 1900 (Trichoptera, Hydropsychidae). *Linzer boil. Beitr.*, 30: 1015-1055.

Malicky, H. 1998. Ein Beitrag zur Kenntnis asiatischer *Amphipsyche* und Polymorpharnisini (Trichoptera, Hydropsychidae) (Gleichzeitig 23. Arbeit über thailandische Köcherfliegen). *Stapfia.*, 55: 399-408.

Malicky, H. 1998a. Ein Beitrag zur Kenntnis asiatischer Macronimatini (Trichoptera, Hydropsychidae) (Gleichzeitig 24. Arbeit über thailandische Köcherfliegen). *Linzer biol, Beitr.*, 30: 767-793.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1989. Einige Rhyacophilidae aus Thailand (Trichoptera) Studien über thailandische Köcherfliegen nr.3. *Ent. Z. (Essen).*, 99:17-24.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1989a. Beschreibung von neue Köcherfliegen (Trichoptera) aus Thailand und Burma Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 6. *Ent. Ber. Luzern.*, 22: 117-126.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1990. Elf neue Köcherfliegen (Trichoptera) aus Thailand und angrenzenden Ländern Studien über thailandische Köcherfliegen nr.7. *Ent. Z. (Essen).*, 101: 80-89.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1991. Einige Leptocerus Leach (Tricoptera: Leptoceridae) aus Thailand Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 8. *Braueria.*, 18: 9-12.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1991a. Einige Leptocerus Leach (Trichoptera: Leptoceridae) aus Thailand Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 10. *Ent. Ber. Luzern.*, 27: 141-150.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1991b. Beschreibung von *Trichomacronema paniae* n.sp. (Trichoptera: Hydropsychidae) aus Nord-Thailand und Beobachtungen über ihre Lebensweise Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 9. *Ent. Ber. Luzern.*, 25: 113-122.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1992. Einige Goera (Trichoptera: Goeridae) aus Südasien Studien über thailandische Köcherfliegen nr. 10. *Ent. Ber. Luzern.*, 27: 141-150.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1992a. Neue Köcherfliegen (Trichoptera) aus Thailand und angrenzenden Landern Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr.11.*Braueria.*, 19: 13-23.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1993. Neue Trichoptera aus Thailand (Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 12). *Linzer Biol. Beitr.*, 25: 433-487.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1994. Neue Lepidostomatidae aus Asien (Trichoptera) (Arbeiten über thailandische Köcherfliegen nr. 14). *Ann. Naturhist. Mus. Wien.*, 96B: 225-264.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1995. The Altitude Distribution of Trichoptera Species in Mae Klang catchment on Doi Inthanon Northern Thailand: Stream Zonation and Cool-and Warm Adapted Groups. (Studies on Caddisflies of Thailand No. 16) *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 26(4): 279-291.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1996. Neue Köcherfliegen aus Thailand (Trichoptera) Arbeiten Nr. 19 über thailandische Köcherfliegen. *Ent. Ber Luzern.*, 36: 119-128.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1997. Weitera neue Köcherfliegen (Trichoptera) aus Thailand Arbeiten Nr. 20 über thailandische Köcherfliegen. *Lizer bio. Beitr.*, 29(1): 203-215.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. 1999. A Preliminary Survey of the Caddisflies (Trichoptera) of Thailand. *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiang Mai, p. 205-216.

Malicky, H., Chantaramongkol, P., Chaibu, P., Prommi,T., Silalom, S., Sompong, S., and Thani, I. 2000. Neue Köcherfliegen aus Thailand (Insecta, Trichoptera) (Arbeit über thailandische Köcherfliegen Nr.30). *Linzer biol. Beitr.*, 30(1). 861-874

Malicky, H., Chantaramongkol, P., Chaibu, P., Thamsenanupap, P. and Thani, I. 2000a. Acht neue Köcherfliegen aus Thailand (Arbeit Nr.31 über thailandische Köcherfliegen). *Braueria*, 27: 29-31.

Mathis, M.L. 1999. Life Histories of Three Limnephiloid Caddisflies (Trichoptera: Limnephilidae, Uenoidae) Inhabiting a Temporary Spring in the Ozark Mountains, U.S.A. *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiang Mai, p. 217-226.

McCafferty, W.P. 1981. Aquatic Entomology. Boston: Jones and Barlett publishers.

Merritt, R.W., and Cummins, K.W. 1984. An Introduction to the Aquatic Insect of North America. 2nd ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Morse, J.C., 1997. Checklist of World Trichoptera. *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio, p. 399-342.

Mosely, M.E. and Kimmins, D.E. 1953. The Trichoptera (caddisflies) of Australia and New Zealand. London: Adlard and Son, Limited Dorking, Surrey.

Mustow, S.E. 1999. Lotic macroinvertebrates assemblages in northern Thailand: altitudinal and longitudinal distribution and the effects of pollution. *Nat. Hist. Bull. Siam Soc.* 47: 225-252.

Nagayasu, Y. and Ito, T. 1997. Life History of *Dicosmoecus jozankeanus* in Northern Japan, with Particular Reference to the Difference between Spring Brook and Mountain Stream Populations (Trichopera: Limnephilidae: Dicomoecinae). *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio, p. 365-372.

Nagayasu, Y. and Ito, T. 1999. Life History of *Ecclisocosmoecus spinosus* Schmid in Hokkaido, northern Japan. *Proc. 9th Internat. Symp. Trichoptera.*, Chiang Mai, p. 269-272.

Resh, V.H. 1992. Recent Trends in the Use of Trichoptera in Water Quality Monitoring. *Proc. 7th Internat. Symp. Trichoptera.*, Leiden, p. 365-372.

Sanches, M. and Hendricks, A.C. 1997. Variation in Life History of *Cheumatopsyche* spp. from a Low-order Stream in Virginia (U.S.A.). *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio: 411-415.

Sykora, J.L., Koryak, M. and Fowles, J.M. 1997. Adult Trichoptera as Indicator of Water Quality in the Upper Ohio River Drainage Basin. *Proc. 8th Internat. Symp. Trichoptera.*, Ohio, p.441-444.

Wetzel, R.G. 1975. Limnology. London: W.B. Saunders Company.

Wiggins, G.B. 1996. Larvae of the North American Caddisflies Genera (Trichoptera). 2nd ed. Toronto: University of Toronto press.

Williams, D.D., Williams, N.E. and Hogg, I.D. 1995. Life history plasticity of *Nemoura trispinosa* (Plecoptera : Nemouridae) along a permanent-temporary water habitat gradient. *Fresh. Biol.*, 34: 155-163.

William, D.D. and Feltmate, B.W. 1992. Aquatic Insects. Melksham: Redwood Press.

Yule, C.M. and Pearson, R.G. 1996. A seasonality of benthic invertebrates in a tropical stream on Bougainville Island, Papua New Guinea. *Arch. Hydro. Biol.*, 137: 95-117.

ภาคผนวก ก

ตาราง 1 การคำนวณอัตราผลผลิตขั้นที่สองโดยวิธี Non-Cohort Technique: Size-Frequency Method

Head capsule width (mm) or size class	Density (No./m^2) N	Individual mass (mg) W	No. lost (No./m^2) ΔN	Biomass (mg/m^2) N X W	Mass at loss (mg) $\overline{W}=(W1+W2)/2$	Biomass lost (mg/m^2) $\overline{W}\Delta N$	Times no. size classes $\overline{W}\Delta NX\ 5$
	a	b	c = a2 - a1	d = a x b	e = (b1+b2)/2	f = d x e	; = f x no. size or insta e.g. No. size = 5
			Biomass = total summation			Production = total summation	
			Cohort P/B = Production/Biomass				
			Annual P/B = Annual P/Biomass			Annual P = Production X CPI	
					CPI(cohort production interval)		

ภาคผนวก ข

ตาราง 2 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละชนิดในบริเวณน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนกรกฎาคม 2542 (ที่มา: แตงอ่อน, 2543)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
F. Rhyacophilidae												
Himalopsyche acharai												
Rhyacophila inaequalis												
Rhyacophlia manna												
Rhyacophila petersorum	5	9		3	1				1		2	
Rhyacophila quana			1	1	1				1	7		4
Rhyacophila scissoides		7	1	1	4		2					
Rhyacophila suthepensis	8	1	2	3	2	1	2		7	3	2	2
F. Glossosomatidae												
Agapetus dangorum						1						
Agapetus halong				1								
Agapetus lalus												
F. Philopotamidae												
Chimarra akkaorum												1
Chimarra alleni												
Chimarra atara		1		2				1				
Chimarra atnia		2			1	1	1	1				
Chimarra berenike												
Chimarra deva	2		1				1		6			
Chimarra khamuorum												5
Chimarra htinorum	15	17	23	1	3	2	4			2	2	2
Chimarra lannaensis		2	5		2	2			9	1	6	2
Chimarra lavuaorum		1				2	1	1	2			
Chimarra litssa												
Chimarra momma		4									1	
Chimarra monorum			2									
Chimarra pipake		1										
Chimarra spinifera		4	2			1		4			6	
Chimarra suadulla												
Chimarra suthepensis	8	50	17	7	15	15	23	29	10	17	19	11

ตาราง 2 (ต่อ)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
Chimarra schwendingeri	1	2			3	1	2	1				
Doloclanes adnamat									2			
Doloclanes etto												
Dolophilodes bullu								2				
Dolophilodes truncatus					2	5	2	2		1		
Kisaura cina												
Kisaura consagia	4	2	17	4	17	7	1	3	7	1	8	22
Kissaura sura		5	3		11	3	1					
F. Polycentropodidae												
Nyctiophylax suthepensis			3			1	5	4	5	58		
Pseudoneureclipsis achim							2	1				
Pseudoneureclipsis asa											5	
Pseudoneureclipsis kainum		1										
Pseudoneureclipsis saccheda										1		
Pseudoneureclipsis uma												
Pseudoneureclipsis usia		1	1						17	9	21	4
Pseudoneureclipsis vali									5			
Polyplectopus menna	1	1	1		4		1	2		2		
Pahamunaya jihmita		1	1									
F. Ecnomidae												
Ecnomus jojachin												
Ecnomus suadrus		1	1				1					
Ecnomus venimar		1										
F. Psychomyiidae												
Eoneureclipsis querquobad												
Psychomyia barata		5				1	1			1		
Psychomyia monto												
F. Xiphocentronidae												
Cnodocentron brogimarus					2							
Drepanocentron curmisagius			1								1	
F. Hydropsychidae												
Cheumatopsyche admentos								2				

ตาราง 2 (ต่อ)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
Cheumatopsyche cocles	37	8	40	5	8	19	22	3	15	15	24	12
Cheumatopsyche cognita												
Cheumatopsyche copia												
Hydatomanicus adonis												
Hydatomanicus klanklini		2								2	3	3
Hydromanicus abiud	1								3			
Hydromanicus eliakim												
Hydromanicus inferior		1	2		2	2	4		2		3	1
Hydromanicus serubabel	18	3	4	3	4	5	11	4	8	12	15	4
Hydromanicus truncatus	1		2		1				1	1		
Hydropsyche arcturus												
Hydropsyche atropos		1				1						
Hydropsyche bacchus												
Hydropsyche boote		12	4			3	1	1			2	
Hydropsyche camillus		10	6			2	3					
Hydropsyche clitumnus		12	8		7	8	1	1		3	12	2
Hydropsyche dolosa		1				12						
Hydropsyche pallipenne												
Hydropsyche uvana							1					
Diplectona sp.1		4		1		1			1	1		
Diplectona sp.2		1	1		4	2		1			1	2
Macrostemum fastosum		2	5						10	5	5	2
Macrostemum foridum		1										
Macrostemum hestia						1						
Macrostemum midus		2							1			
Trichomacronema paniae	3	4	1				1			3		
Potamyia flavata		1					1					
Potamyia phaidra		3										
F. Brachycentridae												
Micrasema asuro												
Micrasema fortiso		6	2					1	3		2	
Micrasema helveio		1										

ตาราง 2 (ต่อ)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
F. Georidae												
Goera redsat									1			
Larcasia lannaensis											1	
F. Odontoceridae												
Lannapsyche chantaramongkolae						1						
Marilia mogtiana		1					2					
Marilia sumatrana		3	3									
Psilotreta baureo												
F. Lepidostomtidae												
Adinartrum moulmina		4		1	1							
Dinarthrum daidalion												
Dinartrum martius		1	1								1	
Dinartrum pratetaiensis		1								1	1	1
Dinartrum septembrius												
Dinartrum tungyawensis		4										
Goerodes abruptus	11	2	1		3	2	2		1	6	11	9
Goerodes doligung	1											
F. Limnephilidae												
Moropsyche huaisailinaga						1						
F. Molannidae												
Molannodes lirr		5	7		3	7	3		2	2	8	
F. Leptoceridae												
Leptocerus suthepensis		1						1				
Setodes argentiguttatus												
Setodes sp.3												
F.Helicosychidae												
Helicopsyche rodschana												
F. Calamoceratidae												
Anisocentropus brevipennis												
Anisocetropus diana												
Anisocentropus janus	4	4	3						4	3	2	4
Anisocentripus pan						2						
Ganonema extensum	2		1				1		2	2	2	

ตาราง 3 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละชนิดในบริเวณน้ำตกมณฑาธาร ลำธารห้วยแก้ว
ตั้งแต่เดือนกันยายน 2532ถึงเดือนสิงหาคม 2543

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Rhyacophilidae												
Himalopsyche acharai	1		2	1	1	1			1		1	1
Rhyacophila inaequalis								1				
Rhyacophlia manna								1				
Rhyacophila petersorum	2		1	3		3	1		2	5		2
Rhyacophila quana	1	1		2	1		2		6			
Rhyacophila scissoides			1	1	1	2	1	4	2		1	
Rhyacophila suthepensis	3			6	1	2	4	6	35	6		2
F. Glossosomatidae												
Agapetus dangorum												
Agapetus halong								1	1		2	
Agapetus lalus								2		1		1
F. Philopotamidae												
Chimarra akkaorum								1	1			
Chimarra alleni			1									
Chimarra atara					1			2				
Chimarra atnia												
Chimarra berenike											2	1
Chimarra deva												
Chimarra khamuorum											2	
Chimarra htinorum	5	3	1				1	8	2	1		5
Chimarra lannaensis	1	15	2				1	20				
Chimarra lavuaorum				1								
Chimarra litssa							1	2				
Chimarra momma		2										
Chimarra monorum												
Chimarra pipake												
Chimarra spinifera			5				2	67	1		1	
Chimarra suadulla								1				

ตาราง 3 (ต่อ)

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
Chimarra suthepensis	9	2	9	2	1	2	8	17	12	6	2	1
Chimarra schwendingeri												
Doloclanes adnamat												
Doloclanes etto								1				
Dolophilodes bullu						1						
Dolophilodes truncatus												
Kisaura cina					1	2	1					
Kisaura consagia	5	1		2	1	1	1		1		3	2
Kissaura sura				1		2		5	2			
F. Polycentropodidae												
Nyctiophylax suthepensis		1										
Pseudoneureclipsis achim							1	1				
Pseudoneureclipsis asa										1		
Pseudoneureclipsis kainum												
Pseudoneureclipsis saccheda		1										
Pseudoneureclipsis uma											2	
Pseudoneureclipsis usia									14		21	3
Pseudoneureclipsis vali												
Polyplectopus menna	1				1			1	1			
Pahamunaya jihmita		2										
F. Ecnomidae												
Ecnomus jojachin											1	
Ecnomus suadrus			1			1		1	4			
Ecnomus venimar												
F. Psychomyiidae												
Eoneureclipsis querquobad								1				
Psychomyia barata								3	1		6	
Psychomyia monto		1					2	2	4	2	6	5
F. Xiphocentronidae												
Cnodocentron brogimarus							1					
Drepanocentron curmisagius										4	1	

ตาราง 3 (ต่อ)

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Hydropsychidae												
Cheumatopsyche admentos												
Cheumatopsyche cocles	17	11	16	6	4	1	3	26	17	39	24	18
Cheumatopsyche cognita	1							2				
Cheumatopsyche copia												1
Hydatomanicus adonis	3	1								4	3	
Hydatomanicus klanklini	11		1					1		23	12	
Hydromanicus abiud				1			1	5	1			
Hydromanicus eliakim	1		2					1				
Hydromanicus inferior				1								
Hydromanicus serubabel	10	5	5			10	5	31	6	22	5	5
Hydromanicus truncatus				1	2			1	2	1	2	5
Hydropsyche arcturus					8		6	17	2	2	7	10
Hydropsyche atropos								1				
Hydropsyche bacchus		18		15		14						
Hydropsyche bootes							3	2				
Hydropsyche camillus							2	3				
Hydropsyche clitumnus												
Hydropsyche dolosa						2	6	10				
Hydropsyche pallipenne								11		78		
Hydropsyche uvana								1				
Diplectona sp.1												
Diplectona sp.2												
Macrostemum fastosum									48	3	15	
Macrostemum foridum												
Macrostemum hestia												
Macrostemum midus		1										
Trichomacronema paniae						1			5	2		1
Potamyia flavata												
Potamyia phaidra												

ตาราง 3 (ต่อ)

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Brachycentridae												
Micrasema asuro								1				
Micrasema fortiso			1					1	11	3	3	1
Micrasema helveio												
F. Georidae												
Goera redsat												
Larcasia lannaensis	2								4			
F. Odontoceridae												
Lannapsyche chantaramongkolae			1								1	
Marilia mogtiana							1	1				
Marilia sumatrana								2				
Psilotreta baureo			1									
F. Lepidostomtidae												
Adinartrum moulmina	17	4	1	1	2	3	1	31	6		1	
Dinarthrum daidalion			1					5	4	2	3	3
Dinartrum martius		1										
Dinartrum pratetaiensis				1			3	1	7	1	2	
Dinartrum septembrius							1					
Dinartrum tungyawensis						1			1			
Goerodes abruptus	11		1					2	4	2	3	4
Goerodes doligung								1				
F. Limnephilidae												
Moropsyche huaisailinaga							2	1				
F. Molannidae												
Molannodes lirr							1					
F. Leptoceridae												
Leptocerus suthepensis												
Setodes argentiguttatus								1		1		
Setodes sp.3											1	
F.Helicosychidae												
Helicopsyche rodschana											1	

ตาราง 3 (ต่อ)

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Calamoceratidae												
Anisocentropus brevipennis								1				
Anisocetropus diana	1											
Anisocentropus janus	1	1	3				2	6	1	1	1	2
Anisocentripus pan							1					
Ganonema extensum							2		3		2	1

ตาราง 4 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละชนิดในบริเวณลำธารห้วยผาลาด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2541 ถึงเดือนกรกฎาคม 2542 (ที่มา: แตงอ่อน, 2543)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
F. Rhyacophilidae												
Rhyacophila inaequalis												
Rhyacophlia manna						1						
Rhyacophila petersorum	3			1		1		1		3	5	2
Rhyacophila quana				3							1	
Rhyacophila scissoides				1				1			2	
Rhyacophila suthepensis		1	4	10	3		1	1	8	3	11	6
F. Glossosomatidae												
Agapetus dangorum												
Agapetus halong				1								
Agapetus viricatus												
F. Philopotamidae												
Chimarra akkaorum												
Chimarra atara												
Chimarra atnia	1				1	1						
Chimarra chiangmaiensis												
Chimarra deva	6						2				4	1
Chimarra khamuorum	3								2	2	3	3
Chimarra htinorum										2		
Chimarra lannaensis			7	4		15	4	2	9		10	1
Chimarra meorum												
Chimarra momma												
Chimarra pipake		1	3	1		1						
Chimarra spinifera	6	10	3	9	5	7	22	6			18	1
Chimarra suthepensis		5								1		
Chimarra schwendingeri		1										
Gunungiella segsafiazga							2	2				
Kisaura cina												
Kissaura sura												

ตาราง 4 (ต่อ)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
F. Polycentropodidae												
Nyctiophylax chiangmaiensis												
Nyctiophylax suthepensis	1		7	1		6	12			8	1	
Nyctiophylax tongachang												
Pseudoneureclipsis saccheda		2										
Pseudoneureclipsis usia										1		
Pseudoneureclipsis vali										1		
Polyplectopus menna			1		1		6	2		2	2	2
F. Ecnomidae												
Ecnomus suadrus												
Ecnomus venimar	3	2	1	1								
F. Psychomyiidae												
Psychomyia chompu												
Psychomyia monto												
F. Xiphocentronidae												
Drepanocentron curmisagius		3	1				7				2	
F. Hydropsychidae												
Cheumatopsyche cocles	12	2	5		2	8	27				4	3
Cheumatopsyche cognita												
Hydatomanicus adonis			1									
Hydatomanicus klanklini	21	11	23	6							12	4
Hydromanicus abiud	4		3			1	4	1				1
Hydromanicus eliakim			1									
Hydromanicus inferior	1	4	7	3		1			1	1	1	
Hydromanicus serubabel	81	30	52	28	12	10	44	2	3	10	59	5
Hydropsyche bootes	1	1	3			2				3	2	
Hydropsyche camillus							1			2		
Hydropsyche clitumnus	47	46	25	5		1	1			3	7	7
Hydropsyche dolosa												
Hydropsyche pallipenne												
Hydropsyche uvana												
Diplectona sp.1	4	5	14		4	3	5			1	4	5
Diplectona sp.2	8	7	11	1	3		3	3			3	3

ตาราง 4 (ต่อ)

Name of specise	Aug-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dec-98	Jan-99	Feb-99	Mar-99	Apr-99	May-99	Jun-99	Jul-99
Macrostemum fastosum											2	
Macrostemum midus		2							1			
F. Brachycentridae												
Micrasema fortiso												
F. Georidae												
Goera mandana												
Goera matuilla												
Goera redsomar										1		
F. Odontoceridae												
Lannapsyche chantaramongkolae		3		1		1	4					
Marilia mogtiana										1		
Marilia sumatrana		8						1		3		
F. Lepidostomtidae												
Adinartrum moulmina				5	4	1	6	1				
Dinartrum martius	1											
Dinartrum septembrius												
Dinartrum tungyawensis		3										
Goerodes abruptus		1										
Goerodes doligung	1	1										
F. Limnephilidae												
Moropsyche huaisailinaga			1	1	1		5	2				
F. Molannidae												
Molanna oglamar			1									
Molannodes lirr							1					
F. Calamoceratidae												
Anisocentropus brevipennis						1						
Anisocetropus diana												
Anisocentropus janus	3		1									
Ganonema extensum												

ตาราง 5 จำนวนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละชนิดในบริเวณลำธารห้วยผาลาด
ตั้งแต่เดือนกันยายน 2532ถึงเดือนสิงหาคม 2543

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Rhyacophilidae												
Rhyacophila inaequalis			1					1				
Rhyacophlia manna						1		1				
Rhyacophila petersorum	1		2	2	1	1	5	6	4	3	4	6
Rhyacophila quana	7	2	1			1		4	5			
Rhyacophila scissoides						1			2			
Rhyacophila suthepensis					4	8	9	17	65		2	
F. Glossosomatidae												
Agapetus dangorum											1	
Agapetus halong								1	9		1	
Agapetus viricatus								1				
F. Philopotamidae												
Chimarra akkaorum								1	5		1	
Chimarra atara			1									
Chimarra atnia			1				1		1	1		
Chimarra chiangmaiensis		1	2								1	
Chimarra deva												
Chimarra khamuorum									1		1	
Chimarra htinorum												
Chimarra lannaensis	5	4	6			1	1	10	4		1	1
Chimarra meorum							1					
Chimarra momma	3	1										
Chimarra pipake			1				1	1				
Chimarra spinifera		8	3			1	13	62	12		39	6
Chimarra suthepensis			1			1	1			6		
Chimarra schwendingeri												
Gunungiella segsafiazga												
Kisaura cina						1						
Kissaura sura						1						

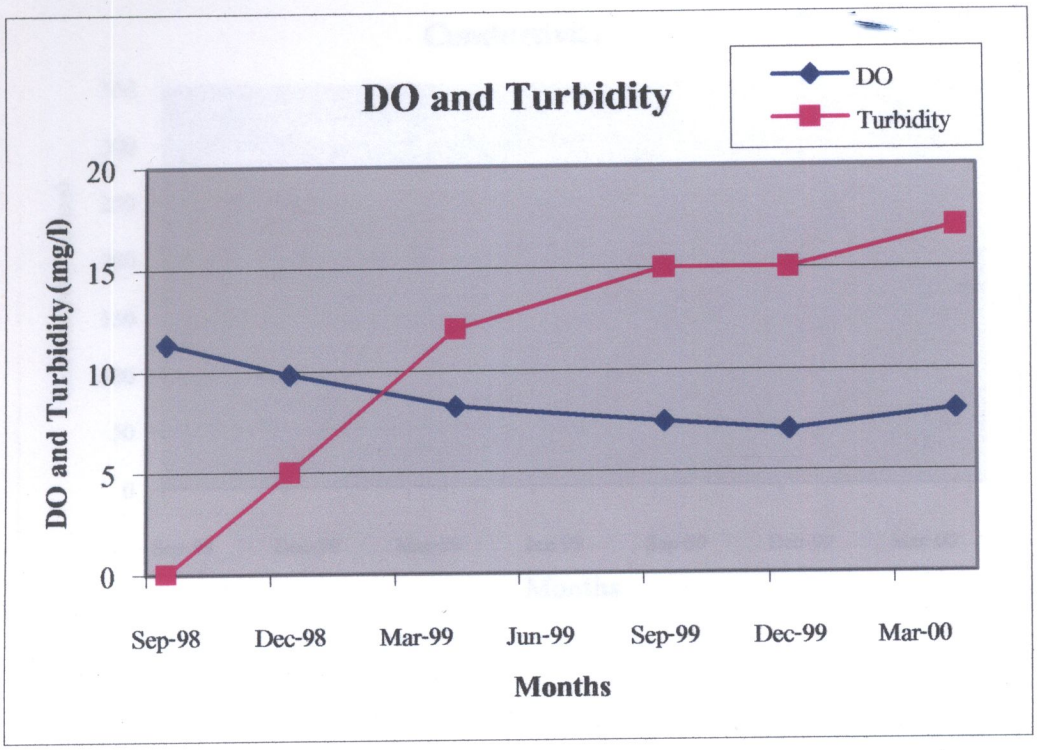
ตาราง 5 (ต่อ)

Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
F. Polycentropodidae												
Nyctiophylax chiangmaiensis							1					
Nyctiophylax suthepensis												
Nyctiophylax tongachang			1									
Pseudoneureclipsis saccheda												
Pseudoneureclipsis usia									2	4	1	
Pseudoneureclipsis vali												
Polyplectopus menna	1						1	1	4		4	
F. Ecnomidae												
Ecnomus suadrus												1
Ecnomus venimar									1			
F. Psychomyiidae												
Psychomyia chompu									1			
Psychomyia monto							1		2	7	3	
F. Xiphocentronidae												
Drepanocentron curmisagius		1										
F. Hydropsychidae												
Cheumatopsyche cocles	8	9	39	9	7	1	17	44	29	12	59	44
Cheumatopsyche cognita												
Hydatomanicus adonis		1						1		7		
Hydatomanicus klanklini		14	12	1	1	1	4		4		8	8
Hydromanicus abiud							1	11	5		1	
Hydromanicus eliakim											1	1
Hydromanicus inferior						2						
Hydromanicus serubabel	13	24	16	21	8	21	16	25	43	20	69	30
Hydropsyche bootes						1	5	1			5	
Hydropsyche camillus								2				
Hydropsyche clitumnus												
Hydropsyche dolosa							1					
Hydropsyche pallipenne			32	22	5	6	10	11	4		52	23
Hydropsyche uvana												
Diplectona sp.1												
Diplectona sp.2												

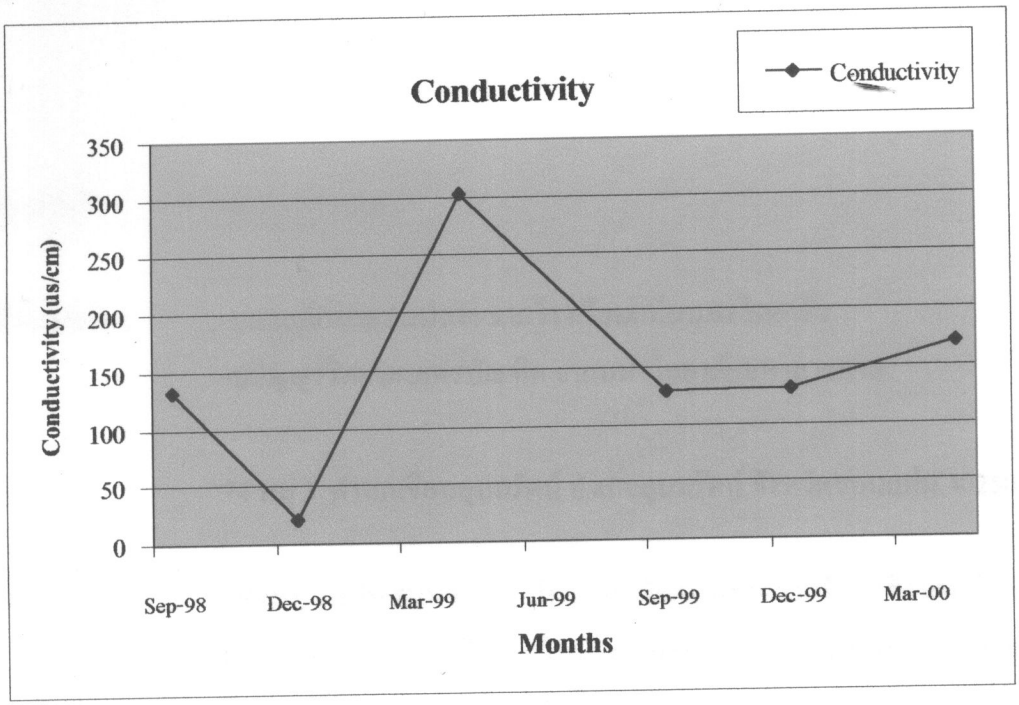
ตาราง 5 (ต่อ)

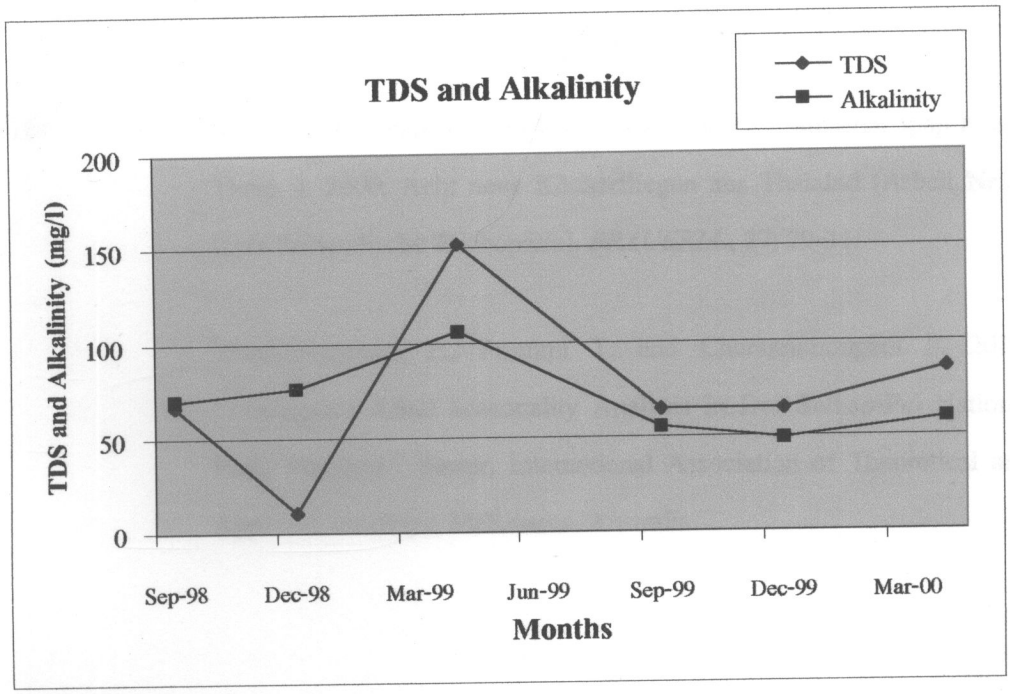
Name of specise	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dec-99	Jan-00	Feb-00	Mar-00	Apr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Aug-00
Macrostemum fastosum									30	12	9	3
Macrostemum midus		1							8			
F. Brachycentridae												
Micrasema fortiso									1			
F. Georidae												
Goera mandana			1									
Goera matuilla	1								2			
Goera redsomar												
F. Odontoceridae												
Lannapsyche chantaramongkolae						1	1	1	1			
Marilia mogtiana									2			
Marilia sumatrana									1		1	
F. Lepidostomtidae												
Adinartrum moulmina		1	1	4	1	15	13	80	17		8	
Dinartrum martius									1			
Dinartrum septembrius								1				
Dinartrum tungyawensis												
Goerodes abruptus												
Goerodes doligung			1						3			
F. Limnephilidae												
Moropsyche huaisailinaga							1					
F. Molannidae												
Molanna oglamar												
Molannodes lirr												
F. Calamoceratidae												
Anisocentropus brevipennis												
Anisocetropus diana												
Anisocentropus janus			1					1		1	1	
Ganonema extensum												2

ภาคผนวก ค



ภาพ 1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าความขุ่นใสของน้ำในระยะเวลาที่ทำการศึกษา 2 ปี ในลำธารห้วยแก้ว





ภาพ 2 ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและค่าความเป็นเบสของน้ำในระยะเวลาที่ทำการศึกษา 2 ปี ในลำธารห้วยผาลาด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวเพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ
วัน เดือน ปีเกิด	15 มีนาคม 2519
ประวัติการศึกษา	-มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย -ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ที่อยู่	74 หมู่ 3 ตำบลเขื่อนอุบลรัตน์ อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น 40250
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT 542090) ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
ผลงานวิจัย	Malicky, H., Chantaramongkol, P., Chaibu, P., Thamsenanupap P. and Thani, I. 2000. Acht neue Köcherfliegen aus Thaialnd (Arbeit Nr.31 Über thailandische Trichoptera). *BRAUERIA*., 27: 29-31. Thamsenanupap, P., Prommi T. and Chantaramongkol P. 2001. "Trichoptera Adult Seasonality Analysis in Doi Suthep-Pui National Park, Thailand." Poster, International Association of Theoretical and Applied Limnology, Melbourne, Australia.