



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สัตววิทยา)

ปริญญา

สัตววิทยา

สัตววิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด
ในลำธารต้นน้ำ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Headwater Streams
at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province

นามผู้วิจัย นางสาวพรพร โยธาวงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์บุญเสถียร บุญสูง, ปร.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์บุญเกื้อ วัชรเสถียร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน
ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Headwater Streams
at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province

โดย

นางสาวพรพร โยธาวงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตววิทยา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรพร โยธาวงษ์ 2553: การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ปรินญาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย (สัตววิทยา) สาขาสัตววิทยา ภาควิชาสัตววิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์บุญเสฐียร บุญสูง, ปร.ค. 94 หน้า

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบวิธีการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยวิธีการเก็บในแหล่งอาศัยหลายแบบ ตามคู่มือ และวิธีการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา ทั้งหมด 8 สถานี ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 และเมษายน พ.ศ. 2552 โดยตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ บันทึกลักษณะ และประเมินแหล่งอาศัย ทดสอบคะแนนดัชนีชีวภาพในระดับสกุล โดยใช้ตัวแปรชีวภาพหลัก 9 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera และ Coleoptera) ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ และทดสอบคะแนนดัชนีชีวภาพในระดับวงศ์ โดยใช้ตัวแปรชีวภาพหลัก 7 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ พบว่าผลการประเมินในระดับวงศ์ และระดับสกุล ของดัชนีชีวภาพอยู่ในระดับแยจนถึงพอใช้ โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากทุกสถานีอยู่ในเขตเกษตรกรรมและแหล่งชุมชน ผลการวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปรมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว โดยสามารถแยกสถานีที่มีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำสูงออกจากสถานีอื่น โดยสถานีเหล่านั้นจะมีค่าคะแนนดัชนีชีวภาพต่ำกว่าสถานีอื่น สอดคล้องกับการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ซึ่งแยกออกจากสถานีอื่นอย่างชัดเจน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Paraporn Yotavong 2010: Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Headwater Streams at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. Master of Science (Zoology), Major Field: Zoology, Department of Zoology. Thesis Advisor: Mr. Boonsatien Boonsoong, Ph.D. 94 pages.

The aim of this study is to test rapid bioassessment using benthic macroinvertebrates from Huai Khayeng and Pakkok streams at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. Benthic macroinvertebrates were collected using multihabitat approach followed by Rapid Bioassessment Protocols at 8 sites in December 2008 and April 2009. Selected physico-chemical parameters and visual-based habitat assessment were assessed. Nine core biological metrics were used to calculate a biotic index score in genus level including number of total taxa, Diptera taxa, EPTC taxa, % Plecoptera, %Tolerant organisms, Beck's Biotic Index, %Intolerant organisms, Shredders taxa and Clingers taxa, and used to 7 core biological metrics to calculate a biotic index score in family level including number of total taxa, EPTC taxa, %Plecoptera, %Tolerant organisms, Beck's Biotic Index, %Intolerant organisms and Clingers taxa. Values of the index score were ranged poor to fair in both of genus and family level. Most of test sites were rated as fair. They were located in agricultural and residential areas. Multivariate and multimetric analyses yielded the same results for bioassessment. The low index score test site correlated with high nitrate, suspended solid, and turbidity and clearly discriminated from the other test sites.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์จากการสนับสนุน และช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงแก่ อาจารย์ บุญเสถียร บุญสูง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สำหรับการถ่ายทอดความรู้ แนวคิด ทุนสนับสนุนการวิจัย คำแนะนำ และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์รวมทั้งการช่วยเหลือในทุกด้าน กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชรียา ภูรีวิโรจน์กุล ประธานกรรมการ และอาจารย์ นิสารัตน์ ตั้งไพโรจน์วงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกของการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่กรุณาตรวจทาน ให้ข้อเสนอแนะ สำหรับการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณเสนาะ เกิดมันคง และครอบครัว (อบต. ห้วยเขย่ง) สำหรับที่พักอาหาร ความร่วมมือ และการอำนวยความสะดวกในทุกด้านระหว่างการเก็บข้อมูล

ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ นายวรรณพฤษ์ เทียมเดช และ นายสุประวัติ ไมตรีแพน ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง ขอขอบคุณ นางสาวจิ ขวัญทองอินทร์ สำหรับภาพในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาสัตววิทยาทุกคน สำหรับคำปรึกษา และกำลังใจที่ดีเยี่ยมในตลอดเวลา ขอขอบคุณ นายศรัทธา บุญรอด สำหรับทุกๆ อย่างทั้งคำพูด และการกระทำที่ช่วยเหลือกันมาโดยตลอด

ด้วยความดี หรือประโยชน์อันใดอันเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอขอบแต่คุณแม่ สุรีพร คุณพ่อ ธนิต ที่อบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ การสนับสนุน และให้โอกาสในการศึกษา และทุกๆ เรื่องสำหรับลูกคนนี้อย่างเต็มที่ สำหรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขออภัยไว้ ณ ที่นี้

พรพร โยธาวงษ์

เมษายน 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	40
ผล	40
วิจารณ์	71
สรุปและข้อเสนอแนะ	76
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก วิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมี	86
ภาคผนวก ข ใบบันทึกข้อมูลแหล่งอาศัย	90
ภาคผนวก ค สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบเด่นในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก	92
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปรายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 8 สถานี ในลำห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	29
2	ค่าคะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัดและช่วงค่าคะแนนในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ของเดือนธันวาคม	38
3	ค่าคะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัดและช่วงค่าคะแนนในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ของเดือนเมษายน	38
4	ตารางข้อมูลคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพ (DRQ1 score) ของแหล่งน้ำใน 2 ครั้ง	39
5	ค่าเฉลี่ย (Mean±S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ธันวาคม พ.ศ. 2551)	46
6	ค่าเฉลี่ย (Mean±S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เมษายน พ.ศ. 2552)	47
7	ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง	48
8	ตารางคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง	51
9	ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (ธันวาคม พ.ศ. 2551)	54
10	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ธันวาคม พ.ศ. 2551)	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (เมษายน พ.ศ. 2552)	56
12	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เมษายน พ.ศ. 2552)	57
13	คะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัด และช่วงค่าคะแนนในการจำแนกถึงระดับวงศ์ ในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551	59
14	คะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัด และช่วงค่าคะแนนในการจำแนกถึงระดับวงศ์ ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2552	59
15	ตารางข้อมูลคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ (DRQ1 score) ของแหล่งน้ำในการจำแนกถึงระดับวงศ์ ใน 2 ครั้ง	60
16	ค่าตัวแปรชีวภาพในระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (ธันวาคม พ.ศ. 2551)	60
17	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ธันวาคม พ.ศ. 2551)	61
18	ค่าตัวแปรชีวภาพในระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (เมษายน พ.ศ. 2552)	61
19	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เมษายน พ.ศ. 2552)	62
20	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก ทั้งสองครั้งที่เก็บตัวอย่าง	63

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	18
2	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (องศาเซลเซียส) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี	19
3	แผนที่ตั้งลำธาร และสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี	21
4	บ้านประจำไม้ (K01)	25
5	บ้านห้วยเขย่ง (K02)	25
6	หลังบ้านห้วยเขย่ง (K03)	26
7	ปากลำปี่ลือก (K04)	26
8	ก่อนบ้านเตาถ่าน (K05)	27
9	หลังบ้านเตาถ่าน (K06)	27
10	ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1)	28
11	ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2)	28
12	การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยวิธีการ kick-net	34
13	ถาดสุ่มตัวอย่างขนาด 30x36 เซนติเมตร ที่แบ่งตารางออกเป็น 30 ช่องละ 6x6 เซนติเมตร	35
14	การสุ่มตัวอย่างด้วย grid ขนาด 6x6 เซนติเมตร	35
15	दन โดรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 2 ครั้ง	45
16	दन โดรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ข้อมูลพบ/ไม่พบ	69
17	ผลการจัดอันดับชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วย NMS (Non-Multidimensional Scaling) ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิลำธารต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง (stress=16.55)	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- ค1 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบเด่นในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก 92



การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน
ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

**Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Headwater Streams
at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province**

คำนำ

กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คุณสมบัติ และองค์ประกอบต่างๆ ในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเกษตร การปล่อยน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน เป็นต้น ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำของประเทศไทย มีแนวโน้มเสื่อมโทรมลง และพื้นที่ต้นน้ำถูกรบกวนเพิ่มมากขึ้น ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2552 พบว่าแนวโน้มร้อยละของแหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีลดลง และพอใช้เพิ่มขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

ปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพน้ำของประเทศไทยนั้นยังคงเน้นการตรวจสอบทางกายภาพ และเคมีเป็นหลัก ส่วนการตรวจสอบทางชีวภาพ จะใช้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) เท่านั้น ขณะที่ในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย นิยมใช้ข้อมูลการตรวจสอบทางชีวภาพมากกว่า เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี ทั้งนี้ การตรวจสอบทางกายภาพและเคมีนั้นยังมีข้อจำกัด ซึ่งการตรวจวัดสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ และใช้หลักการสำรวจทางชีวภาพ เรียกว่า การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (bioassessment) (Barbour *et al.*, 1999) สิ่งมีชีวิตที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (bioindicator) ได้แก่ แพลงก์ตอน โพรโทซัว สาหร่าย ฟีชีน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน ปลา เป็นต้น โดยตัวแปรทางชีวภาพหลักที่นิยมใช้มาก คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน (Bonada *et al.*, 2006) ซึ่งได้รับความนิยมในการใช้เป็นข้อมูลทางชีวภาพในการประเมิน และติดตามคุณภาพแหล่งน้ำในหลายประเทศ เช่น ประเทศในแถบยุโรป อเมริกา รวมทั้งออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ (Rosenberg and Resh, 1993)

สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว (rapid bioassessment) นั้นเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เป็นมาตรฐาน และได้รับการยอมรับจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) และได้จัดทำคู่มือและวิธีการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในตำรา (Rapid Bioassessment Protocols, RBPs) โดยเป็นการรวมการประเมินแหล่งอาศัย คุณภาพน้ำ และสภาพสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น อาศัยหลักการว่าผลรวมของคุณภาพแหล่งอาศัย และคุณภาพน้ำเป็นตัวกำหนดสภาพสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วนี้ถือเป็นวิธีการที่ช่วยลดค่าใช้จ่าย และเวลา สามารถทำได้หลายพื้นที่ได้ผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์ที่รวดเร็ว ง่ายต่อการเข้าใจของผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ หรือบุคคลทั่วไปที่มีผู้ใช้ผู้เชี่ยวชาญ (Resh and Jackson, 1993)

ปัจจุบันประเทศไทยมีความตระหนักถึงปัญหาคุณภาพน้ำมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากหน่วยงานราชการที่มีบทบาทในการตรวจวิเคราะห์ และประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อการอนุรักษ์แหล่งน้ำแล้ว ยังพบว่าปัจจุบันองค์กรภาคประชาชนยังมีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังขาดคู่มือ และวิธีการมาตรฐานสำหรับประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในการช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการคุณภาพน้ำ (Boonsoong *et al.*, 2010) ผลการวิจัยการประเมิน และติดตามคุณภาพน้ำทางชีวภาพในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีศักยภาพในการใช้เป็นข้อมูลชีวภาพ เพื่อตรวจสอบสถานการณ์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนั้นได้ (Thorne and Williams, 1997; Sangpradub *et al.*, 1998; Mustow, 2002; Silalom, 2008; Boonsoong *et al.*, 2009; Boonsoong *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตามข้อมูลการศึกษา การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในพื้นที่อื่นยังมีผู้ศึกษากันค่อนข้างน้อย ดังนั้น การศึกษา และทดสอบการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิครั้งนี้อาจนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการดำเนินการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบวิธีการมาตรฐาน และคะแนนดัชนีชีวภาพ (biotic index score) สำหรับประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
2. เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
3. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดทำรูปแบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นด้วยตนเอง

การตรวจเอกสาร

การตรวจสอบคุณภาพน้ำในประเทศไทยนั้นยังคงเน้นการตรวจสอบทางกายภาพ และเคมีเป็นหลัก วิธีการเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญหลายด้าน ทั้งทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการตรวจวัด อีกทั้งการประเมินผลค่อนข้างยุ่งยาก และการแปลผลค่อนข้างซับซ้อน รวมทั้งค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำมีราคาสูง (สุทธิณี, 2547) การตรวจสอบคุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งน้ำไหล ทางเคมี และกายภาพนั้น มีข้อจำกัด คือ ไม่ทราบถึงเวลาที่เกิดการปนเปื้อน ความเข้มข้นที่ปนเปื้อนแท้จริง และจุดที่มีการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ ได้อย่างแน่นอน ซึ่งอาจส่งผลให้การแปลผลคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้สูง สอดคล้องกับ นฤมล และคณะ (2542) กล่าวว่า การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพนั้น ไม่ใช่ค่าคุณภาพน้ำที่แท้จริงในช่วงเวลาที่เกิดการปนเปื้อน เพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำมาตรวจวิเคราะห์ได้ทันทีที่มีการปนเปื้อน และเมื่อมีการปนเปื้อนของสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ สารเคมีบางชนิดอาจเกิดการแตกตัวได้หลายรูปแบบทำให้ยากต่อการวิเคราะห์หาสารที่ปนเปื้อนได้จริง หรืออาจมีการแตกตัวเปลี่ยนรูป ทำให้ไม่พบสารนั้น

ดังนั้นการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการประเมินคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย เหมาะกับงานเฝ้าติดตาม ที่ต้องทำอย่างสม่ำเสมอ เพราะไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก อีกทั้งเหมาะสำหรับกลุ่มบุคคลที่ไม่ใช่ผู้ชำนาญการเฉพาะด้าน หรืออาสาสมัคร (เพ็ญศรี, 2550) โดยการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพนั้น สามารถใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชีวภาพ (bioindicator) ได้หลากหลาย เช่น แพลงก์ตอน โพรโทซัว สาหร่าย พืชน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และปลา เป็นต้น จากการศึกษาของ Springe *et al.* (2006) มีความเห็นว่า พืชน้ำ และปลาเหมาะสมในการใช้ประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่กว้าง (river basin scale) เช่น แม่น้ำ ในขณะที่ไดอะตอม และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กกว่า (stream หรือ reach scale) เช่น ในลำธาร โดยตัวแปรทางชีวภาพหลักที่นิยมใช้มาก คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Bonada *et al.*, 2006) โดยได้รับความนิยมในการใช้เป็นข้อมูลทางชีวภาพในการประเมิน และติดตามคุณภาพแหล่งน้ำในหลายประเทศ (Rosenberg and Resh, 1993)

1. การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน (macroinvertebrates) หมายถึง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีช่วงชีวิตใดช่วงชีวิตหนึ่ง หรือทั้งชีวิตอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ โดยหากินไม่ว่าจะเป็นตามผิวหน้าดิน พื้นท้องน้ำตามตะกอนดิน บนผิวน้ำ เกาะตามก้อนหิน ตามพืชน้ำ และมีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงร่อน ขนาดมาตรฐานขนาดตา 500 ไมโครเมตร ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน เช่น ไส้เดือนน้ำ จืด หอย กุ้ง ปู และแมลงน้ำ เป็นต้น (Rosenberg and Resh, 1993)

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินได้รับความนิยม ในการประเมินคุณภาพน้ำเนื่องจากสัตว์เหล่านี้มีข้อดีหลายอย่าง เช่น มีวงจรชีวิตยาวนาน มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สามารถจำแนกได้ง่ายในขั้นต้น อีกทั้งสัตว์เหล่านี้ยังมีการเคลื่อนที่จากถิ่นที่อยู่เดิมน้อย เมื่อเกิดมลพิษลงสู่แหล่งน้ำสัตว์เหล่านี้จึงได้รับผลกระทบโดยตรง ใช้ชีวิตส่วนมากอยู่ในน้ำ มีความหลากหลาย และการกระจายตัวกว้างพบได้ทุกแหล่งอาศัยในน้ำจืด แต่ละชนิดมีความไว และทนทานต่อการถูกรบกวนโดยมลพิษ และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน เมื่อเกิดการปนเปื้อนสัตว์ที่ไม่มี ความทนทานต่อมลพิษจะลดจำนวนลง และสูญหายไปจากแหล่งน้ำนั้น เหลือแต่สัตว์ที่มีความทนทานต่อมลพิษ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน เป็นกลุ่มสัตว์ที่ได้รับการยอมรับว่า สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลร่วมกับการศึกษาด้านกายภาพ และเคมี ในการแปรผลคุณภาพน้ำ และสิ่งแวดล้อมได้ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินกลุ่มหลักที่พบมาก และนิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ คือ แมลงน้ำ

แมลงน้ำเป็นแมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำทั้งวงจรชีวิต หรือมีช่วงชีวิตช่วงใดช่วงหนึ่งที่อาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่ระยะที่พบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ คือ ระยะตัวอ่อน และดักแด้ แมลงน้ำ มีทั้งหมด 13 อันดับ ได้แก่ อันดับ Collembola อันดับ Ephemeroptera อันดับ Odonata อันดับ Plecoptera อันดับ Orthoptera อันดับ Hemiptera อันดับ Megaloptera อันดับ Neuroptera อันดับ Coleoptera อันดับ Diptera อันดับ Lepidoptera อันดับ Trichoptera และ อันดับ Hymenoptera ปัจจุบันมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการใช้แมลงน้ำในการประเมินคุณภาพน้ำกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ และทางเคมี และด้านความหลากหลาย เช่น การศึกษาของ มงคล (2532) ศึกษาแมลงน้ำในลำธารบริเวณ ผาเงิบ ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ similarity index พบว่าแมลงบางชนิดในอันดับ Ephemeroptera สามารถใช้เป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำได้ สอดคล้องกับ Sangpradub *et al.* (1996) พบว่าตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงสโตนฟลาย และแมลงหนอนปลอกน้ำ

มีจำนวนชนิด และจำนวนตัวลดน้อยลงในสถานที่ที่มีคุณภาพเสื่อมลง และในบริเวณสถานที่ที่น้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมมากเนื่องจากการปนเปื้อนของมลพิษไม่พบตัวอ่อนแมลงกลุ่มนี้เลย แต่พบตัวอ่อนริ้นน้ำจืด (หนอนแดง วงศ์ Chironomidae) และไส้เดือนน้ำจืดซึ่งจัดเป็นกลุ่มสัตว์ที่ทนต่อมลพิษ มีนา (2551) พบว่า กลุ่มแมลงอันดับ Diptera (วงศ์ Tabanidae วงศ์ Syrphidae วงศ์ Chironomidae และ วงศ์ Stratiomyidae) มีแนวโน้มลดจำนวนลงเป็นการบ่งชี้การปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงขึ้น และกลุ่มที่มีแนวโน้มเพิ่มจำนวนสูงขึ้นเมื่อการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ลดลงคือ แมลงชีปะขาว (วงศ์ Baetidae) และกิ้ง (วงศ์ Palaemonidae) และด้วงสีดา (วงศ์ Gyrinidae) จากการศึกษาของ เพ็ญศรี (2550) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของโครงสร้างชุมชนแมลงน้ำและความผิดปกติของเหงือกในตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ วงศ์ Hydropsychidae ตอบสนองต่อคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากกิจกรรมการเกษตร

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เป็นมาตรฐาน จัดทำโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งได้พัฒนาวิธีการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในลำธาร โดยเพอร์ไฟตอน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และปลา เป็นดัชนีชีวภาพ (Barbour *et al.*, 1999) และมีการปรับปรุงวิธีการเรื่อยมาเพื่อให้เหมาะสมกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่ เพื่อกำหนดเป็นวิธีมาตรฐานให้กับหน่วยงานที่ตรวจสอบคุณภาพน้ำ วิธีการที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน นิยมวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัวแปร (multimetric approach) โดยครอบคลุมข้อมูลทางนิเวศวิทยา ส่วนประเทศในแถบยุโรป และออสเตรเลีย ได้มีการพัฒนา และวิจัยการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยการจัดทำโมเดลในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ขึ้นมา ได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย คือ AusRivAs (Australian River Assessment System) สหราชอาณาจักร คือ RIVPACS (River InVertebrate Prediction And Classification System) ประเทศแคนาดา คือ BEAST (Benthic Assessment of Sediment) ซึ่งเป็นการรวม วิธีการประเมินแหล่งอาศัย คุณภาพน้ำ และสภาพสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยอาศัยหลักการที่ว่าผลรวมของคุณภาพแหล่งอาศัย และคุณภาพน้ำจะเป็นตัวกำหนดสภาพสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นๆ การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว นั้นถือเป็นวิธีการที่ช่วยลดค่าใช้จ่าย และเวลาสามารถทำได้หลายพื้นที่ได้ผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์ที่รวดเร็ว ง่ายต่อการเข้าใจได้ของผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ หรือบุคคลทั่วไปที่มีผู้ใช้เชี่ยวชาญ และวิธีการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Resh and Jackson, 1993)

การศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว ในลำธารต้นน้ำของประเทศไทย Suwanrat (1996) ทำการพัฒนาวิธีการประเมินคุณภาพน้ำแบบเร็ว Rapid Bioassessment Protocol II เพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำแหล่งน้ำไหลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ร่วมกับการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี พบว่า RBP II มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ประเมินคุณภาพแหล่งน้ำในประเทศไทย โดยใช้ดัชนีชีวภาพทั้งหมด 6 ตัวแปรชีวภาพ โดยดัชนีชีวิตที่ใช้ได้ดีในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำได้ดี ได้แก่ จำนวนวงศ์ทั้งหมดที่พบ FBI (Family Biotic Index) สัดส่วนความชุกชุมของแมลงกลุ่ม EPT (อันดับ Ephemeroptera อันดับ Plecoptera อันดับ Trichoptera) ต่อ Chironomidae และ Community similarity/loss indices และ Boonsoong *et al.* (2009) ได้ตรวจสอบ และติดตามคุณภาพของแหล่งน้ำในต้นน้ำแม่น้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียงทั้งหมด 20 สถานี (สถานีอ้างอิง 11 สถานี และสถานีทดสอบ 9 สถานี) โดยทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี 11 ตัวแปร ร่วมกับการประเมินลักษณะทางกายภาพ และเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยวิธีการเก็บในแหล่งอาศัยหลายแบบ ตามคู่มือ และวิธีการมาตรฐานขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (RBPs) (Barbour *et al.*, 1999) พบว่า การสุ่มตัวอย่างสัตว์ 240-360 ตัว เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำชีวภาพแบบเร็วในลำธารของประเทศไทย การคัดเลือกตัวแปรทางชีวภาพหลายตัวแปร และการพัฒนาคะแนนดัชนีชีวภาพ พบว่า มี 9 ตัวแปรชีวภาพหลักที่มีศักยภาพในการใช้ประเมินทางชีวภาพ ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC (Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera และ Coleoptera) ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ นอกจากนี้ ระดับในการจัดจำแนกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน พบว่า การจัดจำแนกสัตว์ระดับวงศ์ให้ผลการคัดเลือกสถานีอ้างอิง และระดับของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมคล้ายคลึงกับระดับสกุล และการจำแนกระดับวงศ์อาจเพียงพอสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำชีวภาพแบบเร็วในลำธารของประเทศไทย นอกจากนี้การศึกษาของ จันทิดา (2548) พบว่าผลกระทบจากกิจกรรมการเกษตรต่อ โครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารลุ่มน้ำปะทิว จังหวัดชัยภูมิ ได้ทดสอบดัชนีทางชีวภาพที่เหมาะสมในการนำมาเป็นตัวชี้วัด คือ จำนวนชนิด และร้อยละของแมลงกลุ่ม EPT นอกจากนี้ Sa-ardrit *et al.* (2007) พบว่า การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารอำเภอทองผาภูมิ โดยกำหนด สถานีอ้างอิง 8 สถานี และสถานีทดสอบ 25 สถานี พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยดัชนีชีวภาพ (biotic indices) และการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate) ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสถานีอ้างอิง และสถานีทดสอบได้ชัดเจน แต่ผลการวิเคราะห์ตัวแปรทาง

ชีวภาพหลายตัว (metrics) สามารถแยกสถานียทดสอบ ซึ่งส่วนใหญ่จัดเป็นสถานที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ (unimpaired) และได้รับผลกระทบปานกลาง (moderately impaired)

การศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ในต่างประเทศมีการศึกษาก่อนข้างมาก ซึ่งจะขอยกตัวอย่าง การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาดัชนีชีวภาพหลายตัว มีดังนี้ Baptista *et al.* (2007) ได้ประเมินคุณภาพน้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว ในลำธารลำดับที่ 1 ถึง 3 ที่ Serra dos Órgãos ในป่า Atlantic เมืองริโอเดอจาเนโร ประเทศบราซิล ที่ได้รับผลกระทบจากการตัดไม้ทำลายป่า และน้ำเสียจากครัวเรือน ได้มีการพัฒนาดัชนีชีวภาพ (Serra dos Órgãos Multimetric Index, SOMI) ขึ้นมา โดยใช้ 6 ตัวแปรชีวภาพ ได้แก่ ร้อยละของแมลงอันดับ Diptera ร้อยละของแมลงอันดับ Coleoptera จำนวนของวงศ์ จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPT, BMWP-CETEC และ ร้อยละของ Shredders ในการประเมินพื้นที่ทดสอบ พบว่าดัชนีชีวภาพ Serra dos Órgãos Multimetric Index (SOMI) ที่พัฒนาขึ้นมามีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการประยุกต์ใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพใน Serra dos Órgãos ประเทศบราซิล และ Camargo *et al.* (2004) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว (multimetric) ประเมินค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร ในแม่น้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด บริเวณตอนกลางของประเทศสเปน โดยเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำ และบริเวณท้ายน้ำ โดยสร้างแหล่งอาศัยเทียม (stony riffles) ในแต่ละบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำขัง ใช้วิธีการวิเคราะห์ 34 ตัวแปรชีวภาพ ครอบคลุม 5 กลุ่มตัวแปรชีวภาพ ได้แก่ ความหลากหลายชนิดและความชุกชุม (abundance and richness) เปอร์เซ็นต์กลุ่มอนุกรมวิธาน (percentage of taxonomic groups) เปอร์เซ็นต์กลุ่มการกินอาหาร (percentage of functional feeding groups) การวัดค่าสัดส่วนกลุ่มเด่น และความหลากหลาย (measures of dominance and diversity) และดัชนีชีวภาพ (biotic index) ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหาร ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$) และค่าของตัวแปรชีวภาพที่เป็นเอกภาพ พบว่าตัวแปรชีวภาพทั้งหมดอาจเป็นวิธีการที่เป็นประโยชน์สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ และแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ทางธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้ Lücke and Johnson (2009) ได้ประเมินคุณภาพน้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดโดยวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพเชิงเดี่ยว (single metric) วิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว (multimetric) และการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร เก็บข้อมูล 21 สถานียทางตอนใต้ของประเทศสวีเดน พบว่า ทั้ง 2 วิธีการ คือ วิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัวและการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate) สามารถใช้เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ สำหรับการตรวจความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในโครงสร้างชุมชนสัตว์น้ำจืดในลำธาร ซึ่งดีกว่าวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพเดี่ยว (single metric) การวิเคราะห์หา

ตัวแปรทางชีวภาพที่เหมาะสมนั้น Hering *et al.* (2006) ได้เสนอวิธีการพัฒนาตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว ดังนี้ 1) ควรมีการคัดเลือกโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว 2) ตัวแปรที่คัดเลือกควรแจ่มแจ้ง และแยกตัวแปรที่ไม่เหมาะสมออกให้ได้ตัวแปรหลัก 3) สร้างตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว (แบบทั่วไปหรือแบบเฉพาะ) 4) สร้างขอบเขตขึ้น 5) แปรผล Taowu *et al.* (2008) ได้พัฒนาข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Taihu ใน 60 สถานี โดยใช้ 7 ตัวแปร เช่น ผลรวมจำนวนตัว (total number of taxa) จำนวนชนิดของกลุ่ม Mollusca และ Crustacea ร้อยละของกลุ่ม Mollusca และ Crustacea ร้อยละของกลุ่ม Gastropoda ดัชนีของ Goodnight-Whitley (Goodnight-Whitley index) ดัชนีชีวภาพของ Hilsenhoff (Hilsenhoff Biotic Index) และร้อยละของสัตว์กลุ่มเก็บกินอาหาร พบว่าตัวแปรเหล่านี้เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Taihu โดยด้านตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลสาบอยู่ในระดับดี และทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลสาบอยู่ในระดับแย่

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วต้องทำการเปรียบเทียบสภาพอ้างอิง (reference condition) หรือ สถานีอ้างอิง (reference sites) กับสถานีทดสอบ (test sites) โดยสถานีทั้งสองแบบนี้มีลักษณะต่างๆ ที่คล้ายคลึงกัน เช่น อยู่ในลำธารสายเดียวกันบริเวณต้นน้ำเปรียบเทียบกับบริเวณท้ายน้ำ (upstream vs downstream) หรือมีสภาพระบบนิเวศที่คล้ายคลึงกัน เช่น อยู่ในภูมิภาค และมีแหล่งอาศัยแบบเดียวกัน แต่สถานีอ้างอิงจะเป็นสถานีที่ถูกรบกวนน้อยที่สุดจากมนุษย์ และยังคงความเป็นธรรมชาติทางชีวภาพ และมีความคล้ายคลึงกันทางกายภาพ ซึ่งการคัดเลือกสภาพอ้างอิงนั้นทำได้ยาก ดังนั้นจึงคัดเลือกสภาพอ้างอิงจากข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาในอดีตเพื่อคัดเลือกสถานีอ้างอิง จากข้อมูลระบบนิเวศเดิมของแหล่งน้ำ (Resh, 1995; Barbour *et al.*, 1996) แต่การคัดเลือกสภาพอ้างอิงจากข้อมูลที่เคยมีมาในอดีตนั้นควรมีปัจจัยในการพิจารณาด้วย เช่น ระยะเวลาระหว่างปีที่ทำการศึกษากับปีที่จะใช้เป็นข้อมูลสภาพอ้างอิง ควรเป็นระยะเวลาที่ไม่ห่างกันนัก เพราะสภาพแวดล้อมอาจเปลี่ยนแปลงไปจากระยะเวลาที่ยาวนาน การเปลี่ยนแปลงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างฉับพลัน อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ซึ่งสภาพอ้างอิงที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตมาก นั้นอาจทำให้ชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงไม่ควรนำมาใช้เพื่ออ้างอิง ดังนั้นควรทำการหาสภาพอ้างอิงใหม่

ลักษณะของสภาพอ้างอิงขึ้นอยู่กับ การจำแนกทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างมากจุดประสงค์ของการจำแนก นั้นใช้เพื่ออธิบายสภาพแวดล้อมทางชีวภาพในธรรมชาติของทรัพยากรธรรมชาติ จากลักษณะทางกายภาพ แหล่งน้ำ และลักษณะของสภาพนิเวศวิทยา และการใช้สภาพอ้างอิงเดี่ยว

นั่นจะทำให้การแปรผลไปในทางที่ผิดพลาดได้ การรวบรวมแหล่งน้ำในกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันของลักษณะทางนิเวศวิทยา เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนา ความหมายของสถานีอ้างอิงแนวทางที่ดีที่สุดในการจำแนกและการกำหนดขอบเขตของสภาพอ้างอิงที่มีการเจาะจงโดยการประมาณคุณภาพของศักยภาพของสถานที่อ้างอิง ซึ่งเป็นประโยชน์ในขอบเขตนั้น ถ้าจำนวนของความสัมพันธ์ในแหล่งน้ำที่ไม่ถูกรบกวนนั้นเพียงพอมันจะเป็นไปได้ที่บอกได้ว่าสามารถยอมรับแหล่งน้ำนั้นเป็นสถานที่อ้างอิง ถ้าไม่มีสถานที่อ้างอิง สภาพอ้างอิงสามารถกำหนดลักษณะพื้นฐาน โดยการประเมินค่าของลักษณะทางชีวภาพที่ปรากฏของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่ปรากฏในเขตหรือ ปริมาตรรูปแบบอื่นๆ ที่ต่อเนื่อง (U.S. EPA, 2010) การวิเคราะห์หาสถานีอ้างอิง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะการหาสถานีที่คงความเป็นธรรมชาติและไม่ได้รับผลกระทบจากมนุษย์นั้นเป็นไปได้ยาก จากการศึกษาของ Yates and Bailey (2009) ได้มีการทดสอบวิธีการคัดเลือกสถานีอ้างอิงจากการประเมินสภาพนิเวศวิทยาในแหล่งน้ำจืด โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการจับกลุ่มแหล่งข้อมูลบนพื้นฐานของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ในพื้นที่ชนบททางตะวันตกเฉียงใต้ ของ Ontario โดยทำการทดสอบใน 6 สถานีทางธรรมชาติที่มีความแตกต่างกันทางภูมิศาสตร์ พบว่า ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถบอกถึงลักษณะกิจกรรมของมนุษย์ก่อนการให้คะแนนพื้นที่นั้นในแต่ละกลุ่ม โดยจำนวนความสัมพันธ์ของกิจกรรมมนุษย์ที่ปรากฏในแต่ละกลุ่ม กับสถานีที่มีกิจกรรมของมนุษย์น้อยที่สุดจะถูกจัดกลุ่มให้เป็นสถานีอ้างอิง ดังนั้นกิจกรรมของมนุษย์จึงเป็นตัวแบ่งระหว่างสถานีอ้างอิง และสถานีทดสอบ

การวิเคราะห์หาขนาดที่เหมาะสมในการสุ่มตัวอย่างนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการประเมินคุณภาพน้ำแบบเร็ว เพราะขนาดของการสุ่มตัวอย่างที่มากเกินไปจะทำให้เสียเวลาและทุนทรัพย์ แต่ถ้าขนาดตัวอย่างน้อยเกินไปจะทำให้ผลที่ไม่ครอบคลุม หรืออาจมีการประเมินผลที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาขนาดการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น Vesna and Gorazd (2009) ทดสอบความแตกต่างของการสุ่มตัวอย่าง เป็นสัดส่วนบนความแปรปรวน โดยทดสอบ 6 อัตราส่วนคือ 1/12, 1/6, 1/4, 1/3, 5/12, 1/2 เปรียบเทียบกับผลของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมดมากกว่า 120 ตัวแปร ในเขตนิเวศบริเวณเทือกเขาเอลป์ และแม่น้ำ 4 ประเภท พบว่าความแปรปรวนของตัวแปรจะลดลงเมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างมากขึ้น แต่ความแปรปรวนจะมีมากขึ้นอยู่กับการเลือกกลุ่มตัวแปร และประเภทของแม่น้ำ และ McCord *et al.* (2007) สุ่มตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจำนวน 100 และ 300 พบว่าการเพิ่มขึ้นของตัวอย่างนั้นทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสุ่มตัวอย่างประมาณ 2 ชั่วโมง และขนาดตัวอย่างที่มากกว่าไม่สามารถแบ่งแยกตัวอย่างจากความแตกต่างของฤดูกาลได้ แต่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของลำธารได้ เมื่อมีความแตกต่าง

น้อยมากจะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 (ได้ผลว่าเกิดผลกระทบทั้งที่ในความเป็นจริงไม่มีผลกระทบเกิดขึ้น) แต่การสุ่มตัวอย่างที่มากจะมีนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว

ปัจจุบันเทคนิควิธีการที่นิยมใช้สำหรับประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดมี 2 วิธี คือ

1) การวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate approach) เป็นเทคนิคที่ทำการเปรียบเทียบสภาพอ้างอิง หรือ สถานีอ้างอิง กับสถานีทดสอบ โดยสถานีทั้งสองแบบนี้มีลักษณะแหล่งอาศัย ลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน เป็นวิธีการที่มีความแม่นยำสูง และสามารถใช้กับข้อมูลจำนวนมาก แต่อาจมีความซับซ้อน และเข้าใจยากสำหรับผู้ไม่ชำนาญ ซึ่งได้รับการพัฒนา และนิยมใช้มากในสหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย และแคนาดา (Wright, 1995; Simpson and Norris, 2000; Reynoldson *et al.*, 1995)

2) การวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว (multimetric approach) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากในประเทศสหรัฐอเมริกา การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว นั้น จะใช้ตัวแปรชีวภาพสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่ครอบคลุมลักษณะทางนิเวศวิทยา ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ (Barbour *et al.*, 1999)

- ความหลากหลาย (taxa richness) หรือจำนวนความหลากหลายชนิดที่พบ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ความหลากหลายของชนิดที่สามารถจำแนกได้ เช่น การจำแนกระดับวงศ์ และระดับสกุล ในการประเมินสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่รวบรวมได้ ความหลากหลายที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเก็บรวบรวมตัวอย่าง และการเลือกพื้นที่แหล่งอาศัย ซึ่งแหล่งอาหารที่เพียงพอในการดำรงชีวิต การแพร่พันธุ์ จะทำให้พบความหลากหลายเพิ่มขึ้น ความหลากหลายชนิดนั้นใช้ในการจำแนกดัชนีชี้วัดกลุ่มสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ดีของระบบนิเวศในการทดสอบความแปรปรวนของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างเช่น จำนวนชนิด หรือ taxa ที่พบ จำนวนชนิด หรือ taxa ของแมลงกลุ่ม EPT เป็นต้น

- ความชุกชุมของแต่ละชนิด (composition measures) คือ การจำแนกชนิดของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของความหลากหลาย สัตว์กลุ่มเด่น โดยสัตว์กลุ่มเด่นนั้นเป็นลักษณะเฉพาะ และมีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศ (Barbour *et al.*, 1995) การปรากฏของสัตว์ต่างถิ่น หรือสัตว์ที่รบกวน สัตว์ประจำถิ่น เป็นส่วนสำคัญต่อระบบนิเวศทำให้เกิดอันตรกริยาทางชีวภาพ ซึ่งมีความสัมพันธ์ทั้งสัตว์กลุ่มเด่น และกลุ่มที่อ่อนไหว ตัวอย่างเช่น สัตว์ส่วนของชนิดเด่น สัตว์ส่วนของชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

- ความทนทาน และความไวต่อมลพิษ (tolerance/intolerance measures) หมายถึง ความสัมพันธ์ของสัตว์ที่มีความไวต่อการถูกรบกวน อาจรวมถึงประชากรกลุ่มที่ทนทาน และกลุ่มที่มีความไวต่อมลพิษ กลุ่มที่มีความทนทานนั้นปกติจะไม่เจาะจง กับชนิดของสิ่งทำให้เกิดความเครียด การกำหนดดัชนีความทนทาน และความไวต่อมลพิษนั้น สามารถกำหนดสายพันธุ์ได้อย่างง่าย เช่น เมื่อมลภาวะเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สัตว์กลุ่มทนทานเพิ่มขึ้น แต่สัตว์กลุ่มไวต่อมลพิษจะลดลง ตัวอย่างเช่น ร้อยละของสัตว์กลุ่มที่ทนทาน จำนวนของสัตว์กลุ่มที่ไวต่อมลพิษ เป็นต้น

- การได้มาของอาหาร (feeding measures or trophic dynamic) การปรับตัวให้ได้มาของอาหารนั้นทำให้เกิดพฤติกรรมการกินอาหารที่แตกต่างกันออกไป พวกที่หาอาหารที่มีความเฉพาะเจาะจง เช่น สัตว์กลุ่มขูดกิน ดูดกิน และกินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ จัดเป็นพวกที่มีความไวต่อมลพิษมาก มักพบในลำธารที่มีคุณภาพดี พวกสัตว์กลุ่มเก็บกินเศษอาหาร เป็นกลุ่มที่พบได้ทั่วไปปรากฏในช่วงกว้างเพราะสามารถหาอาหารได้หลากหลายกว่าพวกที่เฉพาะเจาะจง และยังสามารถทนทานต่อมลพิษได้มากกว่า ตัวอย่างเช่น ร้อยละของสัตว์กลุ่มผู้ล่า ร้อยละของสัตว์กลุ่มกรองกิน ร้อยละของสัตว์กลุ่มที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ เป็นต้น

- แหล่งที่อยู่อาศัย (habit measures) หมายถึง การปรับตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ทั้งทางสรีระวิทยา เช่น การลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำ การสร้างฟองอากาศช่วยในการหายใจ การเกาะพักตามก้อนหิน การขุดรูอาศัย การว่ายน้ำในน้ำ ทำให้ต้องการแหล่งอาศัยที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ร้อยละของสัตว์ที่เกาะพัก ร้อยละของสัตว์ที่ขุดรูอาศัย เป็นต้น

ข้อดีของการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว คือ ให้ผลการประเมินที่ครอบคลุม ถึงผลกระทบแบบต่างๆ ได้มากกว่าการใช้เพียงดัชนีเดียว การใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพเพียงกลุ่มเดียวอาจทำให้เกิดความผิดพลาด ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำมากกว่าการใช้องค์ประกอบของ

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินทั้งหมด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของดินที่อยู่อาศัย
ย่อยมาก (Nijboer *et al.*, 2005)



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาภาคสนาม

- 1.1 สวิงรูปตัว D (D-frame net) หน้ากว้าง 0.30 เมตร ขนาดตาข่าย 500 ไมโครเมตร
- 1.2 เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95
- 1.3 ถุงพลาสติกใส
- 1.4 หนังกาย
- 1.5 ปากคีบ (forceps)
- 1.6 อุปกรณ์จับบันทึก
- 1.7 รองเท้าบูท (hip boots)
- 1.8 เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ (YSI Model 556MPS)
- 1.9 เทอร์โมมิเตอร์
- 1.10 ตลับเมตร
- 1.11 สายวัด และลูกปิงปอง
- 1.12 เครื่องบอกพิกัด (GPS)

2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- 2.1 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ
- 2.2 เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2000
- 2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder และ PhosVer 3 Phosphate Powder
- 2.4 ถาดลุ่มตัวอย่างขนาด 30 X 36 เซนติเมตร
- 2.5 เครื่องกนน้ำหนัก

วิธีการ

1. สถานที่ทำการวิจัย

1.1 ที่ตั้ง

สถานที่ทำการวิจัยตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ทำการวิจัยอยู่ห่างจากอำเภอเมืองไปทางทิศเหนือประมาณ 140 กิโลเมตร ตามทางหลวงหมายเลข 323 พื้นที่อำเภอทองผาภูมิ ตั้งอยู่เส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 30'$ ถึง $15^{\circ} 15'$ เหนือ เส้นแวงที่ $98^{\circ} 00'$ ถึง $98^{\circ} 15'$ ตะวันออก ทิศเหนือติดกับอำเภอสังขละบุรี ทิศใต้ติดกับอำเภอไทรโยค ทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่า ทิศตะวันออกติดกับอำเภอศรีสวัสดิ์ พื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ตำบลห้วยเขย่ง ซึ่งมีระยะห่างจากอำเภอทองผาภูมิ เป็นระยะทางประมาณ 30 กิโลเมตร และห้วยปากคอก ซึ่งทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลปิล็อก ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลท่าขนุน ตำบลหินลาด และ ตำบลลิ้นถีน ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลท่าขนุน และ ตำบลหินลาด ทิศตะวันตก ติดต่อกับตำบลปิล็อก และ สาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า (สม โภชน์ และรังสิมา, 2547)

1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน แนวเขาวางตัวในแนวทิศเหนือใต้เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาดินาวศรี มีที่ราบระหว่างหุบเขาประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด ความสูงของพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 100-1200 เมตร บริเวณที่ทำการศึกษเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ป่าทองผาภูมิตะวันตก อยู่ในรอยเชื่อมของเขตชีวภูมิศาสตร์ (biogeography) 3 บริเวณมาบรรจบกัน คือ จากทางเหนือ ทางใต้ และภาคกลางของประเทศไทย เมื่อนำเอาบริเวณดังกล่าวมาแบ่งโดยใช้ปัจจัยทั้งด้านนิเวศวิทยา และเขตชีวภูมิศาสตร์ สามารถบอกได้ว่าอยู่ในส่วน อาณาบริเวณเชิงนิเวศ (ecoregion) 3 บริเวณที่มาบรรจบกัน คือ เขตป่าฝนกึ่งดิบแนวเขาดินาวศรี และภาคใต้ของประเทศไทย (Tenasserim-South Thailand Semi-ever-green Rain Forest) เขตป่าฝนภูเขาเคยา และกะเหรี่ยง (Kayah-Karen Montane Rain Forest) และเขตป่าผลัดใบชื้นบริเวณที่ราบเจ้าพระยา (Chao Phraya Lowland Moist Deciduous Forest) (สม โภชน์ และรังสิมา, 2547) ทำให้มีปริมาณฝนตกในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งมีความแตกต่างกันในปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตร จนถึง 4,000 กว่า มิลลิเมตร (Bender, 1983) การใช้ประโยชน์ในพื้นที่จากคนท้องถิ่น ส่วนใหญ่มีการทำการ

เกษตรกรรม และใช้เป็นที่อยู่อาศัย ประชากรส่วนใหญ่เป็นผู้อพยพเข้ามาอาศัย พื้นที่ส่วนใหญ่ยังเป็นป่าเขา และมีลำธารหลายสายซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณ

1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

พื้นที่ของผาภูมิตะวันตกมีลักษณะภูมิประเทศ และสภาพป่าหลากหลายแบบ ทำให้มีความแตกต่างในปริมาณน้ำฝน บริเวณที่ทำการศึกษามีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 150-300 เมตร ลักษณะภูมิอากาศ เป็นแบบมรสุมเมืองร้อน จึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงฤดูฝน ซึ่งฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่ เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงฤดูหนาว ซึ่งฤดูหนาวจะเริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ส่วนฤดูร้อน ซึ่งเริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน (สมโภชน์ และรังสิมา, 2547)

1.4 สภาพพื้นที่ป่าไม้

ปัจจุบันบริเวณที่ทำการวิจัยส่วนใหญ่เป็นเขตเกษตรกรรม มีการปลูกข้าว การทำสวน การทำไร่ฝ้าย มันสำปะหลัง ยางพารา เป็นต้น ส่วนพื้นที่ป่าที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่ทำการวิจัย ได้แก่ พื้นที่อุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ ซึ่งมีสภาพป่าหลากหลายแบบ เช่น ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ป.ต.ท.) ซึ่งอยู่ติดกับพื้นที่อุทยานฯ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ที่ทำการศึกษา จากข้อมูลสารสนเทศสิ่งแวดล้อมจังหวัดกาญจนบุรี พบว่าในปี พ.ศ. 2538 พื้นที่ทำการศึกษาคั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมและมีพื้นที่นา โดยพื้นที่ป่าส่วนใหญ่จะเป็นป่าเศรษฐกิจ และป่าอนุรักษ์ พื้นที่ป่าในสภาพ ปัจจุบันมีความแตกต่างจากปี พ.ศ. 2538 คือ พื้นที่ป่าลดลง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม

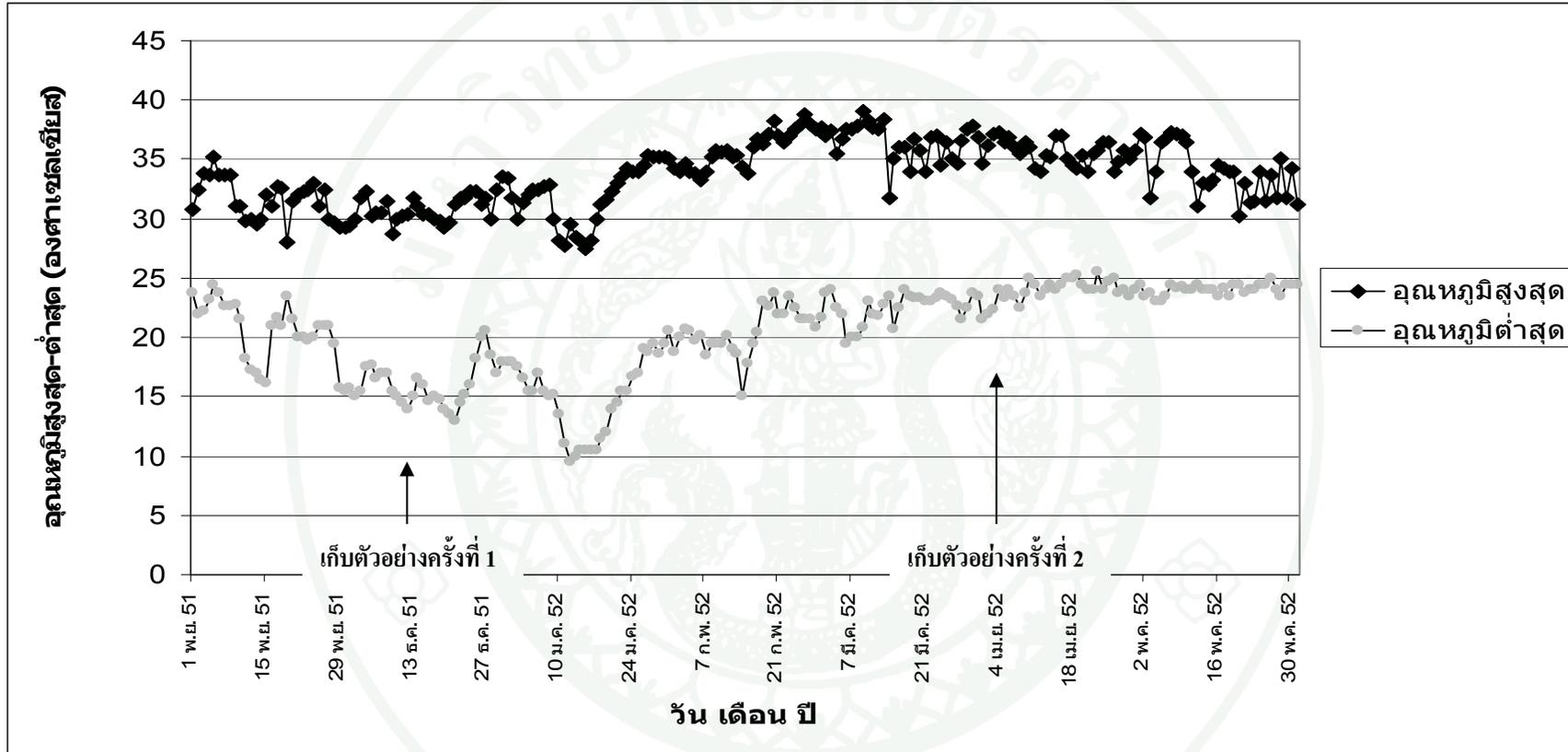
1.5 คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำ

จากรายงานของกระทรวงเกษตร และสหกรณ์ สรุปสถานการณ์ภัยพิบัติด้านการเกษตร ในปี พ.ศ. 2553 ครั้งที่ 4 ณ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 พบว่าจากที่กรมชลประทาน ได้ติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำแม่กลองมีดังนี้ (ข้อมูล ณ วันที่ 25 ก.พ.53) คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา จุดเฝ้าระวังอยู่ที่ทำน้ำจังหวัดนนทบุรี มีค่าออกซิเจนละลาย

ในน้ำ อยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือ 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในลุ่มแม่น้ำท่าจีน จุดเฝ้าระวังอยู่ที่ว่าการ
อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม และแม่น้ำแม่กลองอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 2.16 และ 4.03 มิลลิกรัม
ต่อลิตร ตามลำดับ

1.6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และอุณหภูมิอากาศสูงสุด - ต่ำสุด

ได้ทำการตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในช่วงที่ทำการเก็บ
ตัวอย่าง จากฝ่ายอากาศประจำถิ่น กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสถานีตรวจอากาศ อำเภอทองผาภูมิ ตั้งอยู่
บ้านเลขที่ 38/1 หมู่ 1 ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (พิกัด เส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 44' 32''$
เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 38' 11''$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล ปานกลาง 99 เมตร) ค่าเฉลี่ย
ปริมาณน้ำฝนในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 มีค่าเฉลี่ย 0.0065 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตร
(ภาพที่ 1) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 30.94 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 16.11 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) และใน
เดือนเมษายน พ.ศ. 2552 มีค่าเฉลี่ย 5.3467 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตร อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย
35.61 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.97 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



ภาพที่ 2 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (องศาเซลเซียส) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ที่มา: ฝ่ายอากาศประจำถิ่น กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553

1.7 ที่ตั้งของลำธาร

ลำธารที่ทำการศึกษา เป็นส่วนหนึ่งของลำธารต้นน้ำของกลุ่มน้ำแม่กลอง ตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศ เป็นลุ่มน้ำที่อยู่ติดชายแดนไทยกับประเทศพม่าซึ่งมีเทือกเขาถนนธงชัยแบ่งกั้นประเทศ ลำน้ำไหลจากทิศเหนือลงมาทิศใต้ ลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำแควใหญ่ตอนบนและตอนล่าง ห้วยปีลือก และลำภาชี อ่างเก็บน้ำที่สำคัญ คือ เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ์

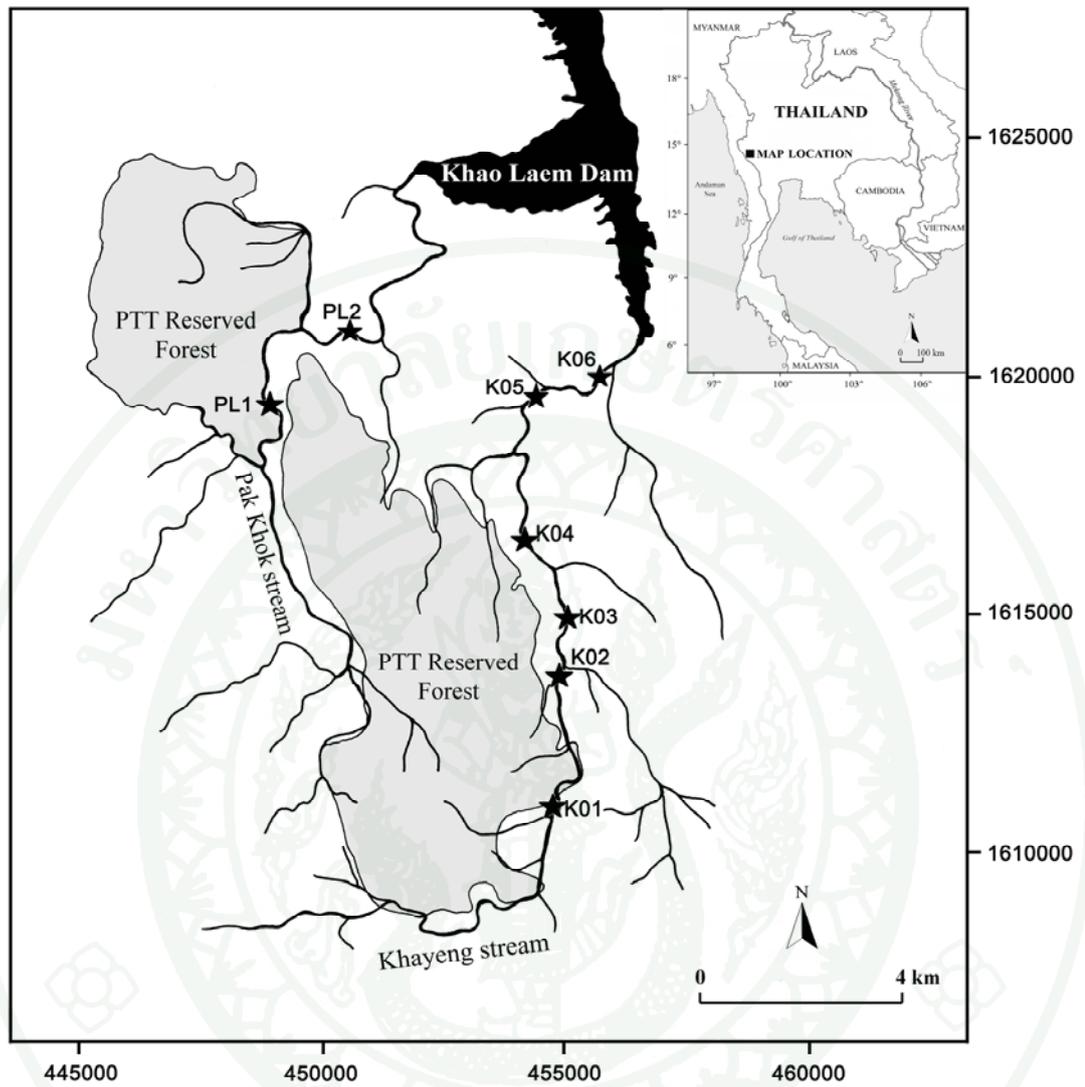
1.8 พื้นอาศัยในลำธาร

ขนาดพื้นที่อาศัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารสามารถแบ่งได้ 6 แบบ ดังนี้ (Allan, 1995)

- ก้อนหินขนาดใหญ่ (boulder) มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 256 มิลลิเมตร
- ก้อนหินขนาดกลาง (cobble) มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 64-256 มิลลิเมตร
- ก้อนหินขนาดเล็ก (pebble) มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 16-64 มิลลิเมตร
- กรวด (gravel) มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2-16 มิลลิเมตร
- ทราย (sand) มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.063-2 มิลลิเมตร
- โคลน (silt) มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.063 มิลลิเมตร

นอกจากนี้ยังมีพื้นที่อาศัยอื่นๆ เช่น กิ่งไม้หรือซากไม้ (snag) และ เศษใบไม้ (litter)

ในการศึกษาครั้งนี้มีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 สถานี ในลำธารสองสาย คือ ลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (ภาพที่ 3) ที่มีความแตกต่างด้านสภาพแวดล้อม และลักษณะพื้นที่อาศัย ดังนี้



ภาพที่ 3 แผนที่ตั้งลำธาร และสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี

ลำธารห้วยเขย่ง

ลำธารห้วยเขย่ง เป็นลำธารที่เกิดจากการรวมกันของ 2 ลำห้วย คือ ลำห้วยเขย่งที่มีต้นน้ำมาจากป่าในพื้นที่ตอนใต้ของอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิมีความยาวประมาณ 14 กิโลเมตร และลำห้วยขุน ที่มีต้นน้ำมาจากพื้นที่ป่าทางตอนใต้ของบ้านไร่ป่า ความยาวประมาณ 5 กิโลเมตร โดยลำห้วยทั้งสองไหลมารวมกันบริเวณบ้านประจำไม้ กลายเป็นห้วยเขย่งมีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 23 กิโลเมตร ไหลผ่านหมู่บ้าน ได้แก่ บ้านไร่ป่า บ้านประจำไม้ บ้านห้วยเขย่ง และบ้านปากลำปี๊ลือก ก่อนไหลลงสู่เขื่อนวชิราลงกรณ์ (สมโภชน์ และรังสิมา, 2547)

ลำธารห้วยเขย่งประกอบไปด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 6 สถานีดังนี้

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 บ้านประจำไม้ (K01)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 35' 60''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 34.9' 37''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 4 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 35 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 10 cobble ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10 ลำธารไหลลงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ จุดเก็บตัวอย่างอยู่เหนือหมู่บ้าน มีการใช้น้ำในลำธารเพื่อการอุปโภค บริโภค และพื้นที่โดยรอบเป็นเขตเกษตรกรรม มีการทำไร่ เช่น ไร่มันสำปะหลัง เป็นต้น (ภาพที่ 4)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 บ้านห้วยเขย่ง (K02)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 36' 39''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 34' 65.4''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 6 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 40 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 5 cobble ร้อยละ 10 snags ร้อยละ 5 sand ร้อยละ 80 บริเวณจุดเก็บตัวอย่างฝั่งขวาติดกับโรงเรียน ฝั่งด้านซ้ายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และมีการใช้ประโยชน์จากลำธารในการอุปโภค การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน มีการกั้นฝายกั้นน้ำเหนือจุดเก็บตัวอย่าง พืชที่พบริมฝั่ง เช่น ต้นสน กัลยไม้ ใผ่ หญ้าคา และวัชพืชนานาชนิดเล็ก (ภาพที่ 5)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 หลังบ้านห้วยเขย่ง (K03)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 37' 480''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 34' 230''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 10 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย sand ร้อยละ 10 cobble ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10 พื้นที่โดยรอบ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยการปลูกผักแบบขั้นบันได มีการทำสวนยางพารา และมีการทำปศุสัตว์เลี้ยงควาย มีการครอบครองพื้นที่เป็นที่อยู่อาศัย ริมฝั่งของลำธารพบการพังทลายของตลิ่ง พืชริมฝั่ง เช่น หญ้า ไม้ และไม้ยืนต้น (ภาพที่ 6)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 บ้านปากลำปี่ลือก (K04)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 37' 956''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 34' 117''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 5 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 100 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 60 cobble ร้อยละ 30 litter ร้อยละ 10 ลำธารไหลลงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ มีสะพานตัดผ่านลำธาร บนฝั่งของลำธารพบมีการใช้เป็นที่ทางเดิน โดยจุดตัวอย่างจะอยู่เหนือสะพาน ฝั่งขวาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ในฝั่งซ้ายเป็นหมู่บ้านปากลำปี่ลือกที่เป็นเขตชุมชน พืชริมฝั่ง เช่น ไม้กล้วย มะพร้าว และพืชจำพวกหญ้า (ภาพที่ 7)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 ก่อนบ้านเตาถ่าน (K05)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 38' 969''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 34' 666''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 8 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 50 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย snags ร้อยละ 30 sand และ pebble ร้อยละ 70 จุดเก็บตัวอย่างห่างจากถนนประมาณ 100 เมตร ฝั่งซ้ายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม คือ มีการทำสวน ในพื้นที่ฝั่งขวามีพุ่มไม้จำนวนมาก (ภาพที่ 8)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 6 หลังบ้านเตาถ่าน (K06)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 39' 163''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 35' 136''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 8 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 29 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย sand ผสม cobble ร้อยละ 90 snags ร้อยละ 10 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จัดเป็นพื้นที่ทำการเกษตรกรรม (ภาพที่ 9)

ลำธารห้วยปากคอก

เป็นลำธารต้นน้ำของห้วยปากคอกเกิดจากลำห้วยเล็กๆ 3 สายจากป่าสมบูรณ์ ของอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิไหลมารวมกัน ก่อนที่ไหลมารวมกับห้วยประจำไม้อีกครั้งที่บริเวณบ้านปากคอก และไหลลงสู่เขื่อนวชิราลงกรณ โดยมีความยาวประมาณ 7 กิโลเมตร (สมโภชน์ และ รังสิมา, 2547)

ลำธารห้วยปากคอกประกอบไปด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 2 สถานีด้วยกัน คือ

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 7 ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 38' 731''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 31' 400''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 15 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 28 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10 sand ผสม cobble ร้อยละ 10 ฟังซ้ายของลำธารมีบ้านเรือน และมีการทำสวน ซึ่งมีการใช้น้ำจากลำธารในการเกษตรกรรมและอุปโภค บริโภค ในส่วนของฝั่งขวาของลำธาร ระยะห่าง ประมาณ 50 เมตร เป็นเส้นทางเดินรถ (ภาพที่ 10)

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 8 ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 19' 640''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 32' 141''$ ตะวันออก ความกว้างของลำธารประมาณ 15 เมตร ความลึกของน้ำประมาณ 45 เซนติเมตร ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 5 sand ร้อยละ 5 cobble ร้อยละ 90 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากสะพานประมาณ 150 เมตร มีการสร้างฝายน้ำล้นเหนือบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง พื้นที่ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ โดยอาจจนเป็นพื้นที่โล่งเพื่อสาธารณะประโยชน์ พบการทำปศุสัตว์ โดยนำวัวมาปล่อยให้แทะเล็มหญ้าบริเวณนี้ และมีการใช้น้ำจากลำธารเหนือสะพานในการอุปโภค บริโภค พืชริมฝั่ง เช่น มะพร้าว กกล้วย ไม้ พืชตระกูลหญ้า และต้นไม้ป่าหลายชนิด (ภาพที่ 11)

ตำธารห้วยเขย่ง



ภาพที่ 4 บ้านประจำไม้ (K01)



ภาพที่ 5 บ้านห้วยเขย่ง (K02)



ภาพที่ 6 หลังบ้านห้วยเขย่ง (K03)



ภาพที่ 7 ปากลำปีศาจ (K04)



ภาพที่ 8 ก่อนบ้านเตาถ่าน (K05)



ภาพที่ 9 หลังบ้านเตาถ่าน (K06)

ลำธารห้วยปากคอก



ภาพที่ 10 ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1)



ภาพที่ 11 ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2)

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 8 สถานี ในลำห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

สถานีเก็บตัวอย่าง	หมู่บ้านที่ตั้งอยู่ใกล้ลำธาร	ที่ตั้งลำธาร	องค์ประกอบภายในลำธาร	การใช้ประโยชน์จากที่ดิน
K01	บ้านประจำไม้	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 10 cobble ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10	พื้นที่เกษตรกรรม, ชุมชน
K02	บ้านห้วยเขย่ง	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 5 cobble ร้อยละ 10 snags ร้อยละ 5 sand ร้อยละ 80	พื้นที่เกษตรกรรม, สร้างฝาย, ชุมชน
K03	บ้านห้วยเขย่ง	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย sand ร้อยละ 10 cobble ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10	พื้นที่เกษตรกรรม, เลี้ยงสัตว์
K04	บ้านปากลำปีลือก	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 60 cobble ร้อยละ 30 litter ร้อยละ 10	พื้นที่เกษตรกรรม, ชุมชน, ถนน
K05	บ้านเตาถ่าน	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย snags ร้อยละ 30 sand และ pebble ร้อยละ 70	พื้นที่เกษตรกรรม, ชุมชน
K06	บ้านเตาถ่าน	ห้วยเขย่ง	ลำธารประกอบด้วย sand และ cobble ร้อยละ 90 snags ร้อยละ 10	พื้นที่เกษตรกรรม
PL1	-	ห้วยปากคอก	ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 80 snags ร้อยละ 10 sand และ cobble ร้อยละ 10	พื้นที่เกษตรกรรม, สร้างฝาย
PL2	-	ห้วยปากคอก	ลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 5 sand ร้อยละ 5 cobble ร้อยละ 90	เลี้ยงสัตว์

2. วิธีเก็บตัวอย่าง

2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการ ของทั้ง 8 สถานี จำนวน 2 ครั้ง (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 และเดือนเมษายน พ.ศ.2552) ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างน้ำ สถานีละ 3 ซ้ำเพื่อนำมาตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ ได้แก่

- ความกว้างของลำธารวัดด้วยตลับเมตร มีหน่วยเป็น เมตร
- ความลึกของน้ำในลำธารวัดด้วยไม้บรรทัด มีหน่วยเป็น เซนติเมตร
- อุณหภูมิอากาศตรวจวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส
- ความเร็วของกระแสน้ำ วัดโดยใช้การจับเวลาในการไหลของลูกปิงปอง มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที
- อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ตรวจวัดด้วยเครื่อง YSI Model 556MPS
- ปริมาณไนเตรต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความขุ่น (FAU) ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตรวจวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2000 ตามวิธีการดังกล่าว ก.

2.2 การศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมและแหล่งอาศัย

ทำการประเมินแหล่งอาศัยด้วยสายตา (visual-based habitat assessment) ตามวิธีการประเมินแหล่งอาศัย ในลำธารพื้นที่สูงของ Barbour *et al.* (1999) โดยมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 0-20 บันทึกระยะตามแบบประเมินแหล่งอาศัย ดังภาคผนวก ข. เมื่อผู้ประเมินได้ให้คะแนนในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าคะแนนที่ได้มารวมกันเป็นค่าคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยของแต่ละสถานี ข้อมูลสภาพแวดล้อม และแหล่งอาศัยที่ทำการประเมิน ได้แก่

2.2.1 องค์ประกอบสิ่งปกคลุมภายในลำธาร (epifaunal substrate/ available cover)

ประเมินองค์ประกอบโดยรวมของวัสดุต่างๆ ที่อยู่ภายในลำธาร เช่น ขนาดของก้อนหิน พีชน้ำ พีชริมฝั่ง วัสดุที่ตกลงไปในน้ำ เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ ดิน ไม้ ซึ่งเป็นแหล่งหลบอาศัยของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในน้ำ

2.2.2 สภาพวัสดุในท้องน้ำ (embeddedness)

ประเมินวัสดุที่ปกคลุมพื้นท้องน้ำหรือจมอยู่ในน้ำ เช่น ก้อนหินขนาดใหญ่ ก้อนหินขนาดกลาง กรวด ทราย ดิน โคลน ซึ่งเป็นแหล่งหลบซ่อนที่ดีของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

2.2.3 ความเร็วและความลึก (velocity/depth regime)

ความเร็วของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และแหล่งอาศัย เพราะแหล่งน้ำไหลจะมีการเติมออกซิเจนทำให้ออกซิเจนในอากาศลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้นๆ แต่ในทางกลับกันสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณน้ำไหลก็ต้องปรับตัวเพื่อดำรงทน กระแสน้ำที่ไหลแรงด้วย ความเร็วและความลึกของน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น เร็วและตื้น (fast-shallow) เร็วและลึก (fast-deep) ช้าและตื้น (slow-shallow) ช้าและลึก (slow-deep) โดยกำหนดว่า บริเวณน้ำลึกจะมากกว่า 0.5 เมตร และกระแสน้ำเร็วจะมากกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที

2.2.4 สภาพการทับถมของตะกอนพื้นท้องน้ำ (sediment deposition)

ประเมินตะกอนพื้นท้องน้ำเกิดจากการสะสมของวัสดุต่างๆ ที่ตกลงมาในแหล่งน้ำ หรือการย่อยสลายของวัสดุขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดโดยธรรมชาติ หรือสิ่งที่มีมนุษย์ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน และเป็นสิ่งกีดขวางการไหลของกระแสน้ำ การที่ตะกอนเพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแหล่งน้ำอีกด้วย

2.2.5 ลักษณะช่องทางการไหลของกระแสน้ำ (channel flow status)

ประเมินช่องทางการไหลของน้ำมีความสัมพันธ์กับความเร็วของกระแสน้ำในลำธารที่มีกระแสน้ำไหลเร็ว และแรงจะทำให้ช่องทางการไหลของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าลำธารที่มีกระแสน้ำไหลช้า เพราะความแรงของน้ำจะกัดเซาะพื้นที่บริเวณรอบข้าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

2.2.6 การเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธาร (channel alteration)

ประเมินการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธารเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การเกิดน้ำท่วม ทำให้ช่องทางของลำธารเปลี่ยนแปลง หรืออาจเกิดจากการสร้างเขื่อน ในการชลประทาน การสร้างสิ่งก่อสร้างกีดขวางลำธารรวมไปถึงการสร้างสะพานข้ามลำธารซึ่งสิ่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เหล่านี้ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธารทั้งสิ้น

2.2.7 ความถี่ของแก่ง (frequency of riffles)

แก่งเป็นบริเวณที่มีน้ำไหลเร็ว และแรงน้ำไหลกระทบหิน แก่งมักจะอยู่ตามแนวโค้งของลำธาร เป็นแหล่งอาศัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตบางชนิดในน้ำ เพราะกระแสน้ำที่ไหลแรงนั้นทำให้สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณแก่งต้องมีการปรับตัว เช่น มีขาที่ใช้ยึดเกาะ ลำตัวแบน บริเวณแก่งมีออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่าบริเวณอื่น อีกทั้งยังมีก้อนหินและเศษกิ่งไม้ที่ถูกพัดพารวมกันเป็นแหล่งหลบซ่อนที่ดีของแมลงบางชนิด ดังนั้นการมีแก่งในลำธารจึงเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

2.2.8 ลักษณะความคงที่ของตลิ่ง (bank stability)

ตลิ่ง เป็นบริเวณด้านข้างของลำธารทั้งสองฝั่ง ตลิ่งอาจมีพีชีน้ำ หรือพีชีบก ขึ้นอยู่ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เพราะเป็นทั้งพื้นที่หลบซ่อน แหล่งอาหารและแหล่งออกซิเจน โดยแมลงน้ำบางชนิดใช้อากาศภายในลำต้นของพีชีน้ำในการหายใจ ความคงที่ของตลิ่งจะสัมพันธ์กับความกว้างของลำธารและการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธาร เพราะเมื่อตลิ่งพังทลายจะเป็นการเพิ่มความกว้างของลำธาร แต่จะทำให้ความลึกของลำธารลดลงด้วย

2.2.9 ความหนาแน่นพืชชนิดริมฝั่ง (vegetative protection)

ความหนาแน่นของพืชที่ขึ้นริมฝั่งของลำธารนั้น รวมไปถึงพีชน้ำ และพืชที่ปกคลุมอยู่ริมตลิ่ง พืชที่ขึ้นริมตลิ่งนั้น มีประโยชน์ต่อลำธารคือ รากของพืชจะเป็นตัวยึดเกาะดินริมฝั่งให้เกิดความคงที่ ทั้งพืชริมฝั่งยังให้ร่มเงาทอดลงสู่แหล่งน้ำ ไบ ลำต้น กิ่งของพืชที่ร่วงลงสู่แหล่งน้ำยังเป็นแหล่งอาศัย เป็นที่หลบซ่อนของสิ่งมีชีวิตในลำธาร และเมื่อซากพืชย่อยสลาย ก็จะเป็นแหล่งอาหารต่อไป

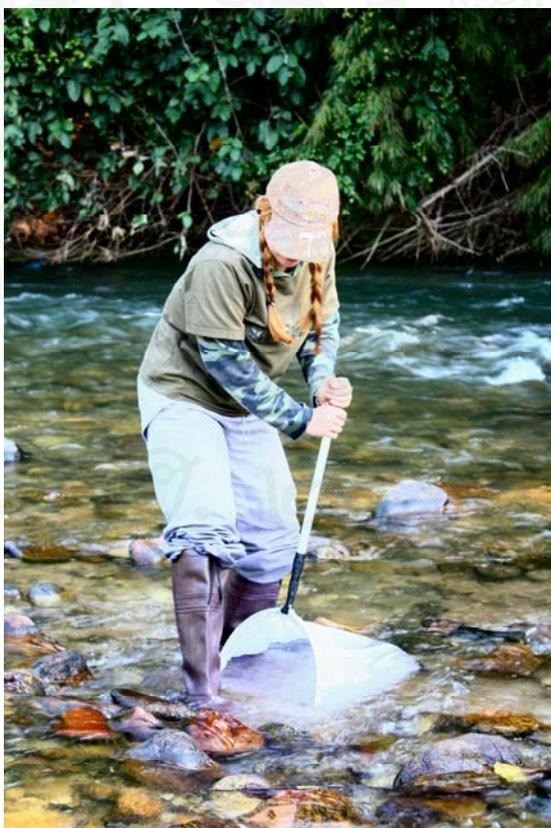
2.2.10 ความกว้างของต้นไม้ปกคลุมริมฝั่ง (riparian vegetative zone width)

ความกว้างของต้นไม้ที่ปกคลุมริมฝั่ง คือ บริเวณของต้นไม้ที่อยู่สองฝั่งลำธาร ซึ่งประกอบด้วยพืชยืนต้น และพืชรุ่ม การมีพืชริมฝั่งนั้นเป็นประโยชน์ต่อแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นตัวป้องกันมลพิษเบื้องต้นที่จะลงสู่แหล่งน้ำ สิ่งที่ส่งผลต่อความกว้างของต้นไม้ปกคลุม เช่น การทำไร่ริมฝั่งลำธาร การตัดถนน การสร้างบ้านเรือนริมฝั่งลำธารสิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้ความกว้างของต้นไม้ที่ปกคลุมริมฝั่งลดลง

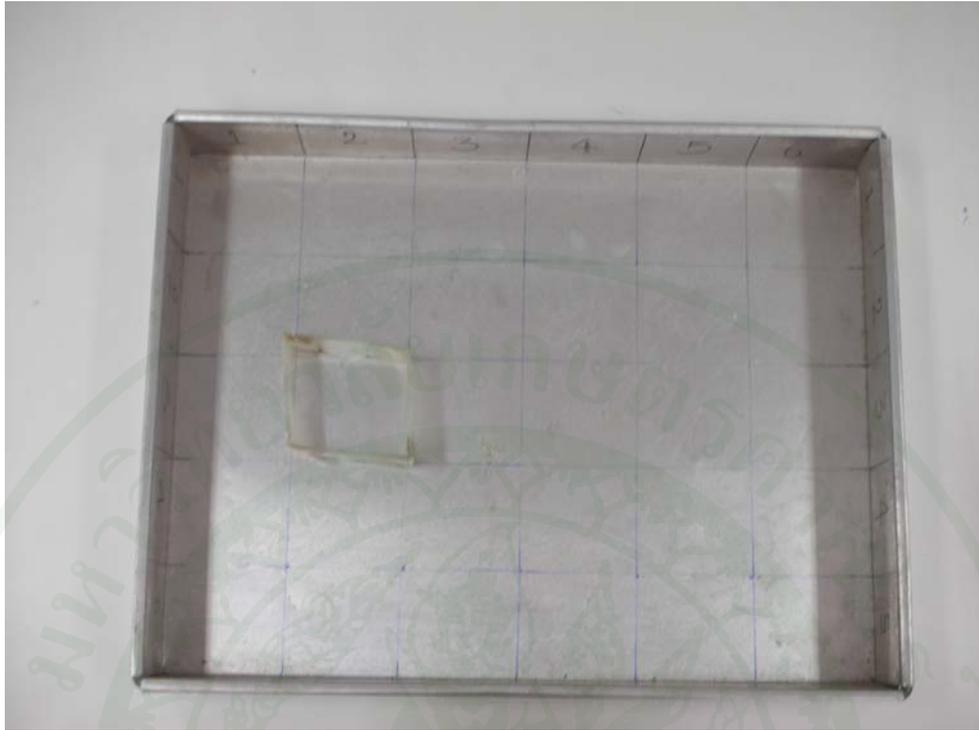
2.3 การศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

เก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยใช้สวิง (D-frame net) หน้ากว้าง 0.30 เมตร ขนาดตาข่าย 500 ไมโครเมตร ทั้ง 8 สถานี ตามวิธีการประเมินคุณภาพน้ำแบบเร็ว (Rapid Bioassessment Protocols RBPs) โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งอาศัยหลายแบบ (muti-habitat approach) (Barbour *et al.*, 1999) โดยทำการประเมินสัดส่วนของแหล่งอาศัยก่อนการสุ่มเก็บตัวอย่าง เช่น ถ้าบริเวณนั้น มีก้อนหินขนาดใหญ่ 25 เปอร์เซ็นต์ ก้อนหินขนาดกลาง 25 เปอร์เซ็นต์ บริเวณที่เหลือเป็นทราย 50 เปอร์เซ็นต์ จะได้สัดส่วนในการเก็บตัวอย่างดังนี้ บริเวณก้อนหินขนาดใหญ่ 5 จุด ก้อนหินขนาดกลาง 5 จุด บริเวณทราย 10 จุด รวมการสุ่มเก็บตัวอย่างสัตว์ทั้งหมดสถานีละ 20 จุด โดยวางสวิงให้หน้าสวิงอยู่ทิศทางทวนกระแสน้ำ ใช้เท้าแตะหน้าสวิงเป็นพื้นที่บริเวณสี่เหลี่ยมหน้าสวิง เพื่อให้ตะกอนฟุ้งกระจายขึ้นมา และน้ำจะพัดสัตว์หน้าดินเข้าสู่สวิง (ภาพที่ 12) จากนั้นรวมตัวอย่างจาก 20 จุด เป็น 1 ตัวอย่าง ในแต่ละสถานี ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ธันวาคม พ.ศ. 2551 และ เมษายน พ.ศ. 2552

ตัวอย่างที่ได้นำมาดองทันทีในเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างที่ได้มาร่อนด้วยตะแกรง ขนาดช่อง 500 ไมโครเมตร จากนั้นคัดแยกเศษใบไม้ขนาดใหญ่ออกจากตัวอย่าง ก่อนการคัดแยกตัวอย่าง และสุ่มตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยนำตัวอย่างใส่ภาชนะที่เหลี่ยมขนาด 30x36 เซนติเมตร ที่แบ่งตารางช่องละ 6x6 เซนติเมตร (ภาพที่ 13) จากนั้นสุ่มหยิบตัวอย่างจากช่องตารางทีละช่อง โดยใช้ grid ที่มีขนาด 6x6 เซนติเมตร วางลงในช่องตาราง ตักตัวอย่างทั้งหมดที่อยู่ในช่องที่สุ่มได้นั้นออกจนหมด (ภาพที่ 14) ใช้ปากคีบหยิบสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่มีออกมา สุ่มช่องตาราง และนับจำนวนสัตว์หน้าดินไปเรื่อยๆจนได้จำนวน 240-360 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนตัวที่เหมาะสมสำหรับการสุ่มตัวอย่าง ตามการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) จากนั้นตรวจเอกลักษณ์สัตว์หน้าดินจนถึงระดับอนุกรมวิธานต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ (Operational Taxonomic Units, OTUs) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เอกสารหลักที่ใช้ในการตรวจเอกลักษณ์ คือ Sangpradub and Boonsoong (2006) และดองตัวอย่างในขวดแก้วตัวอย่างซึ่งบรรจุเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 เปอร์เซ็นต์ เก็บตัวอย่างไว้ที่ Aquatic Insects Collection, Zoological Museum Kasetsart University (ZMKU)



ภาพที่ 12 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยวิธีการ kick-net



ภาพที่ 13 ถาดสุ่มตัวอย่างขนาด 30x36 เซนติเมตร ที่แบ่งตารางออกเป็น 30 ช่องละ 6x6 เซนติเมตร



ภาพที่ 14 การสุ่มตัวอย่างด้วย grid ขนาด 6x6 เซนติเมตร

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำ บางประการ ด้วยสถิติพรรณนา (descriptive statistic)

ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนา เปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละสถานี โดยใช้ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างโดยใช้ t-test ในโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS for Window 16.0

ก่อนการวิเคราะห์สถิติ ต้องทดสอบข้อมูลก่อนว่า ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติ แปลงค่าข้อมูลด้วย $\log x$ หรือ $\log (x+1)$ (เมื่อข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์) เพื่อปรับค่าข้อมูลให้มีการกระจายแบบปกติก่อนนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ การประเมินผลความแตกต่างในการวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาครั้งนี้ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

วิเคราะห์หาค่าตัวแปรทางชีวภาพหลัก (core biological metrics) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EDAS (Ecological Data Application System) (Tetra Tech, 2000) และคำนวณค่าคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 Index Score) แต่ละครั้ง โดยใช้ 9 ตัวแปรทางชีวภาพหลักในการตรวจเอกลักษณ์ในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ ดังนี้

- (1) จำนวนชนิดทั้งหมด (No. of total taxa)
- (2) จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera (No. of Diptera taxa)
- (3) จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Ephemeroptera อันดับ Plecoptera อันดับ Trichoptera และอันดับ Coleoptera (EPTC) (No. of EPTC taxa)
- (4) ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย (เปอร์เซ็นต์ Plecoptera)
- (5) ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ (เปอร์เซ็นต์ Tolerant organisms) (สัตว์มีค่าคะแนนความทนทานมากกว่า 7)
- (6) ดัชนีชีวภาพของ Beck (Beck's Biotic Index) [คำนวณจาก $(2 \times \text{จำนวนชนิดที่มีค่าคะแนนความทนทาน} = 1) + (1 \times \text{จำนวนชนิดที่มีค่าคะแนนความทนทาน} = 2)$]

(7) ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ (เปอร์เซ็นต์ Intolerant organisms) (สัตว์มีค่าคะแนนความทนทานน้อยกว่า 3)

(8) จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ (No. of shredder taxa)

(9) จำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ (No. of clinger taxa)

ทำการเทียบค่าคะแนนของตัวแปรชีวภาพหลักในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ ซึ่งมีช่วงคะแนน 5 3 1 ดังตารางที่ 2 และ 3 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มารวมกันเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ และแปรผลเป็นระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ แย่ แย่มาก ดังตารางที่ 4 (Boonsoong *et al.*, 2009)

ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมและข้อมูลการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด (ข้อมูล พบ/ไม่พบ) วิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate analysis) ได้แก่ การจัดกลุ่ม (clustering) และการจัดอันดับ (ordination) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PC-ORD 5.10

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัดและช่วงค่าคะแนนในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ของ
เดือนธันวาคม (Boonsoong *et al.*, 2009)

ตัวแปรชีวภาพ	Descriptive statistics					Categorical scoring range		
	min.	25 th	med.	75 th	max.	5	3	1
No.of Total taxa	23	32	37	41	49	≥32	31-16	<16
No.of Diptera taxa	3	5	6	7	10	≥5	4-3	<3
No.of EPTC taxa	12	19	23	28	32	≥19	18-10	<10
%Plecoptera	0	3	4.4	11.6	23	≥3.0	2.9-1.5	<1.5
%Tolerant organisms	1.6	9.4	14.9	22.4	79.4	≤22.4	22.3-33.6	>33.6
Beck's Biotic Index	6	14	17	21	24	≥14	13-7	<7
% Intolerant organisms	1.9	9.9	15.6	25.6	39.4	≥9.9	9.8-5.0	<5
No.of Shredders taxa	0	3	4	6	7	-- ^a	≥3	<3
No.of Clingers taxa	12	16	20	22	25	≥16	15-8	<8

หมายเหตุ ^a Considered a weak metric for discrimination and given only two scoring criteria

ตารางที่ 3 ค่าคะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัดและช่วงค่าคะแนนในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ของ
เดือนเมษายน (Boonsoong *et al.*, 2009)

ตัวแปรชีวภาพ	Descriptive statistics					Categorical scoring range		
	min.	25 th	med.	75 th	max.	5	3	1
No.of Total taxa	33	35	38.5	42	48	≥35	34-18	<18
No.of Diptera taxa	4	5	7	8	10	≥5	4-3	<3
No.of EPTC taxa	18	21	25	27	33	≥21	20-11	<11
%Plecoptera	0.36	3.08	5.61	8.2	16.88	≥3.1	3.0-1.5	<1.5
%Tolerant organisms	9.2	14.6	22.5	33.7	54.5	≤33.7	33.8-50.6	>50.6
Beck's Biotic Index	7	13	21	22	28	≥13	12-7	<7
%Intolerant organisms	5.5	16.8	20.2	31.3	40.8	≥14.8	16.7-8.4	<8.4
No.of Shredders taxa	1	2	4	6	6	-- ^a	≥2	<2
No.of Clingers taxa	10	15	17.5	22	24	≥15	14-8	<8

หมายเหตุ ^a Considered a weak metric for discrimination and given only two scoring criteria

ตารางที่ 4 ตารางข้อมูลคะแนนรวมของดัชนีชีวะภาพ (DRQ1 score) ของแหล่งน้ำใน 2 ครั้ง
(Boonsoong *et al.*, 2009)

Narrative assessment	Percentile of reference index value	DRQ1 index score	
		November	March
Very Good	$\geq 75^{\text{th}}$	43	53
Good	$\geq 25^{\text{th}}$	39-42	35-42
Fair	$< 25^{\text{th}}$	26-38	23-34
Poor	-	13-25	11-22
Very Poor	-	13	11

ผลและวิจารณ์

ผล

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ

ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 แสดงดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าค่าคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างในแต่ละสถานี และระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบางสถานี และบางปัจจัยเท่านั้น ส่วนการเปรียบเทียบค่าปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการระหว่างสองช่วงเวลา ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบางสถานี และบางปัจจัยเช่นกัน ดังตารางที่ 7

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

อุณหภูมิ น้ำ และอากาศ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 28.00-30.00 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศในการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี แต่ในเดือนธันวาคมไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าสถานีบ้านปากลำปี่ลือก (K04) และก่อนบ้านเตาถ่าน (K05) มีค่าเฉลี่ย อุณหภูมิในเดือนเมษายน สูงกว่าเดือนธันวาคม จากการเก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 18.56-28.63 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิน้ำในการเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี แต่ในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่า ทุกสถานีมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ

อากาศ และน้ำ ในเดือนเมษายน สูงกว่า เดือนธันวาคม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้น สถานีหลังบ้านห้วยเขย่ง (K03) หลังบ้านเตาถ่าน (K06) และห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ความกว้างและความลึกของน้ำ

ค่าเฉลี่ยความกว้างของลำธารอยู่ในช่วง 3.5-15 เมตร โดยความกว้างของลำธารในแต่ละสถานีทั้งสองช่วงเวลามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าสถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) มีค่าเฉลี่ยความกว้างของลำธาร ในเดือนธันวาคมมากกว่าเดือนเมษายน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยความลึกของลำธารอยู่ในช่วง 16.5-76.67 เซนติเมตร โดยความลึกของลำธารในเดือนธันวาคมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกสถานี โดยความลึกของลำธารในเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนเมษายนเกือบทุกสถานี

ความเร็วของกระแส

ค่าเฉลี่ยความเร็วกระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.04-2.67 เมตรต่อวินาที โดยความเร็วกระแสน้ำในแต่ละสถานีในเดือนธันวาคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่า ทุกสถานีมีค่าเฉลี่ยความเร็วกระแสน้ำ ในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นสถานีบ้านห้วยเขย่ง (K02) ก่อนบ้านเตาถ่าน (K05) ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าความขุ่นของน้ำ

ค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 1-45.67 FAU โดยค่าความขุ่นของน้ำในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งสองช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าทุกสถานีมีค่าเฉลี่ย ค่าความขุ่นของน้ำในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในสถานีหลังบ้านห้วยเขย่ง (K03) หลังบ้านเตาถ่าน (K06) ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1) ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.03-0.17 กรัมต่อลิตร โดยค่าของแข็งที่ละลายในน้ำในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งสองช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าทุกสถานีค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายในน้ำในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในสถานีบ้านประจำไม้ (K01) หลังบ้านห้วยเขย่ง (K03) หลังบ้านเตาถ่าน (K06) ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1) ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.14-23.38 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละสถานีในเดือนธันวาคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าทุกสถานีค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าในเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนเมษายนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในสถานีห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 7.16-8.41 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (นันทนา, 2539) โดยความเป็นกรด-ด่างของน้ำในเดือนธันวาคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในเดือนเมษายนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกสถานี โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคมเกือบทุกสถานี

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 7.14-9.68 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งสองช่วงเวลาในแต่ละสถานี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าทุกสถานีค่าเฉลี่ยของค่าออกซิเจนละลายน้ำในเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนเมษายนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในสถานีห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณไนเตรต

ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรตอยู่ในช่วง 0.03-1.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่เกินค่ามาตรฐานในธรรมชาติ คือไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (นันทนา, 2539) โดยปริมาณไนเตรตในเดือนเมษายนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าเกือบทุกสถานีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรตในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในสถานีบ้านประจําไม้ (K01) บ้านห้วยเขย่ง (K02) หลังบ้านห้วยเขย่ง (K03) ก่อนบ้านเตาถ่าน (K05) หลังบ้านเตาถ่าน (K06) ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1) ห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ปริมาณออร์โทฟอสเฟต

ค่าเฉลี่ยปริมาณออร์โทฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.01-0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่ไม่มีมลภาวะจะมีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1-0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร (AbeI, 1989) โดยปริมาณออร์โทฟอสเฟตในแต่ละสถานี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งสองช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกสถานี โดยในเดือนธันวาคมสูงกว่าเดือนเมษายนเกือบทุกสถานี

ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ

ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในน้ำอยู่ในช่วง 1.00-34.33 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ ในเดือนเมษายนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานี แต่ในเดือนธันวาคมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในสถานีเดียวกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกสถานี โดยในเดือนเมษายนมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงกว่าเดือนธันวาคมทุกสถานี

เมื่อจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการของทั้งสองช่วงเวลา สามารถแบ่งกลุ่มสถานีที่ความต่างกันที่ 75 เปอร์เซ็นต์ (เส้นประ) ออกเป็น 3 กลุ่ม แสดงผลเป็นแผนโคโรแกรมดังภาพที่ 15

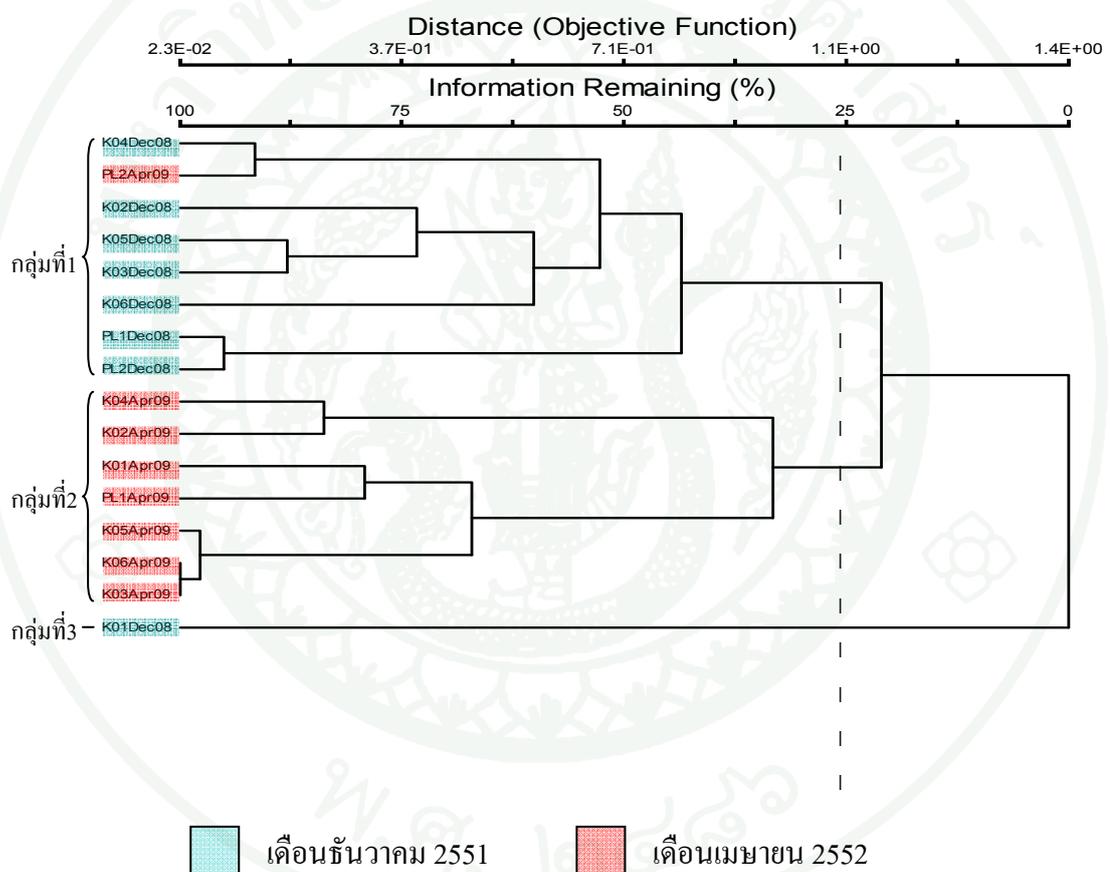
กลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานี K02, K03, K04, K05, K06, PL1, PL2 ในเดือน ธันวาคม และ PL2 ในเดือน เมษายน

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานี K01, K02, K03, K04, K05, K06, PL1 ในเดือน เมษายน

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ สถานี K01 ในเดือน ธันวาคม

กลุ่มที่ 1 และ 2 มีความใกล้เคียงกัน ในขณะที่กลุ่มที่ 3 แตกต่างจากกลุ่มอื่น โดยกลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นสถานีเก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคม เกือบทุกสถานียกเว้นสถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL2) ในเดือนเมษายน กลุ่มที่ 2 เป็นสถานีเก็บตัวอย่างในเดือนเมษายนทั้งหมด และกลุ่มที่

3 คือ สถานีบ้านประจำไม้ (K01) ที่แยกตัวออกมาอย่างชัดเจน แสดงว่าค่าปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการ ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง (ฤดูกาล) มีความแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้งสองครั้ง พบว่าส่วนใหญ่แต่ละสถานีมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า ในเดือนธันวาคม สูงกว่าเดือนเมษายน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าความขุ่นของน้ำ และค่าการนำไฟฟ้าในเดือนเมษายน มีค่าสูงกว่าเดือนธันวาคม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 15 เคนโคโรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 2 ครั้ง

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย (Mean±S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ธันวาคม พ.ศ. 2551)

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง								F-value (df=7)	Sig.
		K01	K02	K03	K04	K05	K06	PL1	PL2		
อุณหภูมิอากาศ	°C	28±0.00	28±0.00	28±0.00	28±0.00	28±0.00	29.50±0.00	28±0.00	28±0.00	***	***
ค่าการนำไฟฟ้า	ms/cm	23.38±0.36 ^f	4.93±0.01 ^c	4.93±0.00 ^c	***	4.17±0.01 ^b	3.95±0.02 ^a	16.86±0.01 ^c	11.86±0.03 ^d	9.735	.000*
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	8.97±0.09 ^{ab}	8.57±0.14 ^a	8.52±0.27 ^a	9.29±0.20 ^{ab}	8.89±0.65 ^{ab}	8.74±0.54 ^a	9.24±0.57 ^{ab}	9.68±0.45 ^b	2.727	.046*
ปริมาณไนโตรเตรต	mg/l	0.03±0.06	0.23±0.21	0.53±0.50	0.27±0.12	0.20±0.10	0.43±0.31	0.03±0.06	0.33±0.21	1.607	.204
ออร์โทฟอสเฟต	mg/l	0.11±0.06	0.11±0.01	0.05±0.01	0.18±0.12	0.04±0.00	0.05±0.02	0.07±0.06	0.04±0.01	2.597	.054
ความเป็นกรด-ด่าง		7.16±0.13 ^a	8.09±0.04 ^c	8.23±0.02 ^c	8.15±0.05 ^c	8.21±0.08 ^c	8.28±0.03 ^c	7.84±0.24 ^b	8.10±0.16 ^c	29.269	.000*
ความลึกของน้ำ	cm	30±8.66 ^{ab}	33.33±11.55 ^{ab}	23±9.85 ^{ab}	76.67±25.17 ^c	35±13.23 ^{ab}	20±8.19 ^a	21.67±6.51 ^{ab}	40±5 ^b	4.758	.005*
ความเร็วกระแสน้ำ	m/sec.	0.04±0.00 ^a	0.20±0.00 ^d	0.20±0.00 ^d	0.20±0.01 ^d	0.24±0.00 ^c	0.25±0.00 ^f	0.06±0.00 ^b	0.08±0.00 ^c	4.429	.000*
ความกว้างของลำธาร	m	3.5±0.87 ^a	5.67±0.58 ^b	9.5±0.00 ^c	5±0.00 ^b	8±0.00 ^c	8±0.00 ^c	15±0.00 ^d	14±1.73 ^d	60.376	.000*
ของแข็งที่ละลายในน้ำ	g/l	0.03±0.01	0.14±0.00	0.14±0.00	0.14±0.00	0.66±0.85	0.17±0.00	0.04±0.00	0.06±0.00	1.351	.291
ของแข็งแขวนลอยในน้ำ	mg/l	6.33±2.89 ^c	3.67±2.08 ^{bc}	2.33±0.58 ^{abc}	3.67±2.08 ^{bc}	4.67±2.52 ^a	1.33±1.53 ^c	4.67±2.52 ^{ab}	1±0.00 ^{ab}	3.763	.013*
ค่าความขุ่นของน้ำ	FAU	11.33±3.06 ^c	3.67±2.52 ^{ab}	2.33±2.08 ^{ab}	5.67±1.53 ^{bc}	5±3 ^{ab}	2.33±2.52 ^{bc}	5±3 ^{ab}	1±0.00 ^a	3.697	.014*
อุณหภูมิของน้ำ	°C	21.45±0.06 ^b	23.67±0.21 ^e	23.44±0.21 ^f	21.88±0.07 ^c	22.37±0.04 ^d	23.02±0.12 ^c	18.56±0.02 ^a	21.35±0.06 ^b	566.291	.000*

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์, อักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, *** ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย (Mean±S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เมษายน พ.ศ. 2552)

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง								F-value (df=7)	Sig.
		K01	K02	K03	K04	K05	K06	PL1	PL2		
อุณหภูมิอากาศ	°C	30±0.00 ^b	30±0.00 ^b	30±0.00 ^b	29.83±0.29 ^b	29.67±0.29 ^b	29.67±0.58 ^b	29±0.00 ^a	28.67±0.58 ^a	7.300	.001*
ค่าการนำไฟฟ้า	ms/cm	0.57±0.00	0.20±0.00	0.26±0.00	0.18±0.00	0.27±0.00	0.29±0.00	0.29±0.00	0.14±0.00	1.131	.392
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	7.19±0.34 ^{ab}	7.20±0.45 ^{ab}	7.52±0.11 ^{ab}	7.43±0.65 ^{ab}	7.14±0.71 ^a	7.30±0.36 ^{ab}	8.13±0.17 ^b	9.17±0.75 ^c	5.874	.002*
ปริมาณไนโตรเตรต	mg/l	0.47±0.15 ^a	0.57±0.31 ^a	0.40±0.36 ^a	1.07±0.25 ^b	0.50±0.44 ^a	0.27±0.25 ^a	0.23±0.15 ^a	0.27±0.23 ^a	2.731	.046*
ออร์โธฟอสเฟต	mg/l	0.15±0.21	0.05±0.04	0.06±0.02	0.02±0.01	0.02±0.02	0.01±0.01	0.01±0.01	0.03±0.02	1.023	.453
ความเป็นกรด-ด่าง		7.73±0.56	8.25±0.32	8.28±0.21	8.16±0.18	8.30±0.12	8.41±0.22	8.21±0.14	8.18±0.15	1.662	.189
ความลึกของน้ำ	cm	19.67±5.5	19±4.36	31.67±37.58	51.67±25.7	28.67±4.51	16.5±6.38	16.5±6.38	45.67±4.04	1.820	.152
ความเร็วกระแสน้ำ	m/sec.	1.90±0.66	1.47±0.64	1.93±0.12	2.07±0.50	1.33±0.58	1.17±0.29	2.67±1.53	0.69±0.53 ^a	2.178	.093
ความกว้างของลำธาร	m	4.17±1.61 ^a	6.33±0.58 ^{ab}	8±2.65 ^{abc}	6±1.73 ^{ab}	7.33±1.15 ^{abc}	7.33±0.58 ^{abc}	7.33±0.58 ^{bc}	10.33±4.04 ^c	2.790	.042*
ของแข็งที่ละลายในน้ำ	g/l	0.06±0.05 ^a	0.13±0.02 ^{bc}	0.14±0.02 ^{bc}	0.13±0.03 ^{bc}	0.17±0.00 ^c	0.13±0.07 ^{bc}	0.07±0.02 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	3.928	.011*
ของแข็งแขวนลอยในน้ำ	mg/l	19.67±12.42 ^{cd}	21±10.44 ^{cd}	29.66±38.42 ^{cd}	34.33±23.46 ^d	8.67±1.53 ^{bcd}	6.67±4.04 ^{abc}	6.67±4.04 ^{ab}	2±1 ^a	4.849	.004*
ค่าความขุ่นของน้ำ	FAU	31.67±14.15 ^{cd}	35±17.35 ^{cd}	30.33±33.50 ^{cd}	45.67±27.43 ^d	14.33±2.08 ^{cd}	11±6.08 ^{bc}	11±6.08 ^{ab}	3±2 ^a	6.703	.001*
อุณหภูมิของน้ำ	°C	27.74±0.62	28.63±0.83	27.89±2.51	25.57±0.99	27.24±1.20	27.29±2.31	25.69±1.92	25.73±3.82	.975	.481

หมายเหตุ *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์, อักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบทางสถิติของปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง							
		K01 (df=4)	K02 (df=4)	K03 (df=4)	K04 (df=4)	K05 (df=4)	K06 (df=4)	PL1 (df=4)	PL2 (df=4)
อุณหภูมิอากาศ	°C	***	***	***	t=-11.000 Sig.=.008*	t=-10.000 Sig.=.010*	t=-.500 Sig.=.667	***	t=-2.000 Sig.=.184
ค่าการนำไฟฟ้า	ms/cm	t=69.625 Sig.=.000*	t=107.915 Sig.=.000*	t=71.735 Sig.=.000*	t=-7.363 Sig.=.018*	t=366.368 Sig.=.000*	t=24.636 Sig.=.002*	t=168.805 Sig.=.000*	t=1.998 Sig.=.184
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	t=8.771 Sig.=0.001*	t=5.082 Sig.=.007*	t=5.974 Sig.=.004*	t=4.734 Sig.=.009*	t=3.140 Sig.=.035*	t=3.853 Sig.=.018*	t=3.237 Sig.=.032*	t=1.018 Sig.=.366
ปริมาณไนโตรเตรต	mg/l	t=-4.596 Sig.=.010*	t=-1.562 Sig.=.193	t=.373 Sig.=.728	t=-5.004 Sig.=.007*	t=-1.162 Sig.=.355	t=.729 Sig.=.506	t=-2.121 Sig.=.101	t=.371 Sig.=.729
ออร์โธฟอสเฟต	mg/l	t=-.319 Sig.=.777	t=2.198 Sig.=.093	t=-.500 Sig.=.643	t=2.379 Sig.=.138	t=2.00 Sig.=.184	t=2.673 Sig.=.056	t=1.610 Sig.=.247	t=.500 Sig.=.643
ความเป็นกรด-ด่าง	SU	t=-1.717 Sig.=.216	t=-.875 Sig.=.472	t=-.437 Sig.=.685	t=-.094 Sig.=.930	t=-1.023 Sig.=.364	t=-1.026 Sig.=.408	t=-2.285 Sig.=.084	t=-.666 Sig.=.542
ความลึกของลำธาร	cm	t=1.660 Sig.=.172	t=2.012 Sig.=.114	t=1.159 Sig.=.881	t=1.118 Sig.=.326	t=.719 Sig.=.512	t=.571 Sig.=.598	t=-.777 Sig.=.481	t=-1.526 Sig.=.202

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง							
		K01 (df=4)	K02 (df=4)	K03 (df=4)	K04 (df=4)	K05 (df=4)	K06 (df=4)	PL1 (df=4)	PL2 (df=4)
ความเร็วของลำธาร	m/sec	t=-4.910 Sig.=.008*	t=-3.413 Sig.=.076	t=-25.982 Sig.=.001*	t=-6.412 Sig.=.003*	t=-3.282 Sig.=.082	t=-5.476 Sig.=.032*	*t=-2.957 Sig.=.042	t=-1.999 Sig.=.184
ความกว้างของลำธาร	m	t=-.578 Sig.=.594	t=-1.409 Sig.=.232	t=.996 Sig.=.424	t=-1.000 Sig.=.423	t=1.000 Sig.=.423	t=2.00 Sig.=.184	t=6.451 Sig.=.023*	t=1.550 Sig.=.196
ของแข็งที่ละลายในน้ำ	g/l	t=-.947 Sig.=.439	t=.200 Sig.=.860	t=-.309 Sig.=.786	t=.336 Sig.=.769	t=.984 Sig.=.429	t=.916 Sig.=.456	t=-2.065 Sig.=.175	t=-1.999 Sig.=.184
ของแข็งแขวนลอยในน้ำ	mg/l	t=-2.377 Sig.=.076	t=-3.095 Sig.=.036*	t=-2.231 Sig.=.151	t=-2.987 Sig.=.040*	t=-7.204 Sig.=.002*	t=-.493 Sig.=.648	t=-1.451 Sig.=.220	t=-1.821 Sig.=.143
ค่าความขุ่นของน้ำ	FAU	t=-3.392 Sig.=.027*	t=-4.009 Sig.=.016*	t=-2.502 Sig.=.067	t=-3.592 Sig.=.023*	t=-12.167 Sig.=.000*	t=-1.348 Sig.=.249	t=-1.085 Sig.=.339	t=-1.862 Sig.=.136
อุณหภูมิของน้ำ	°C	t=-17.610 Sig.=.003*	t=-10.052 Sig.=.001*	t=-3.060 Sig.=.091	t=-6.418 Sig.=.023*	t=-6.994 Sig.=.020*	t=-3.198 Sig.=.085	t=-6.436 Sig.=.023*	t=-1.987 Sig.=.185

หมายเหตุ *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

*** ไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้

2. การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยข้อมูลแหล่งอาศัย

จากการประเมินข้อมูลลักษณะแหล่งอาศัยของลำธาร (habitat assessment) ในแต่ละสถานี เก็บตัวอย่าง พบว่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยทั้งสองช่วงเวลา อยู่ในช่วงตั้งแต่ 88-138 โดยในเดือนธันวาคมสถานีหลังบ้านเต่าถ่าน (K06) มีค่าการประเมินแหล่งอาศัยต่ำที่สุด ส่วนในเดือนเมษายนสถานีบ้านประจำไม้ (K01) มีค่าการประเมินแหล่งอาศัยต่ำที่สุด ดังตารางที่ 8 แนวโน้มค่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยในเดือนเมษายนมีค่าลดลงเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีบ้านห้วยเขย่ง (K02) และสถานีก่อนบ้านเต่าถ่าน (K05) ที่มีค่าเท่าเดิม

ตารางที่ 8 ตารางคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง

สถานี เก็บ ตัวอย่าง	Rip Veget Zone Width (L)	RipVeget Zone Width (R)	Sediment Deposition	Veget Protection (L)	Veget Protection(R)	Velocity/ Depth Regime	Epifunal	Embed	C.Flow	C.Alter	Freq	BankL.	BankR.	Total Habitat Score
ธันวาคม 2551														
K01	5	3	14	8	7	12	8	5	7	19	7	4	8	107
K02	3	1	11	4	2	12	2	18	15	17	10	6	8	109
K03	2	4	6	4	7	14	14	8	8	16	14	4	7	108
K04	5	6	14	8	5	19	14	5	9	19	14	8	5	131
K05	5	7	5	8	9	19	17	4	13	18	17	7	9	138
K06	2	1	9	1	2	17	14	4	8	15	15	5	6	99
PL1	5	9	16	5	8	17	12	2	10	19	16	7	9	135
PL2	4	2	16	4	5	17	15	4	15	18	19	5	6	130

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	Rip Zone Width	RipVeget Zone Width	Sediment Deposition	Veget Protection (L)	Veget Protection(R)	Velocity/ Depth Regime	Epifunal	Embed	C.Flow	C.Alter	Freq	BankL.	BankR.	Total Habitat Score
เมษายน 2552														
K01	5	3	9	8	7	9	6	5	7	12	7	3	7	88
K02	3	1	6	4	2	15	15	13	8	18	6	8	10	109
K03	2	4	2	4	7	12	14	8	5	15	15	6	9	103
K04	5	6	10	8	5	17	13	5	9	19	14	8	5	124
K05	5	7	0	8	9	20	19	4	16	18	18	6	8	138
K06	2	1	4	1	2	16	14	4	8	15	15	5	6	93
PL1	5	9	16	5	8	15	12	2	10	19	16	7	9	133
PL2	4	2	14	4	5	17	15	4	15	18	19	5	6	128

3. การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

3.1 การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว

จากการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ และทดสอบการวิเคราะห์จาก 9 ตัวแปรทางชีวภาพหลักได้เป็นคะแนนแต่ละตัวแปรชีวภาพหลักแต่ละสถานี (ตารางที่ 9 และ 11) จากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้แต่ละตัวมาแปรผลตัวแปรชีวภาพ ซึ่งมีค่าเป็น 5 3 1 ดังตารางที่ 2 และ 3 นำคะแนนที่ได้แต่ละสถานีมารวมเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) และแปรผลเป็น 5 ระดับ คุณภาพน้ำทางชีวภาพคือ ดีมาก ดีพอใช้ แย่ และแย่มาก (ตารางที่ 10 และ 12) ตามการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) ในพื้นที่ต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง (ตารางที่ 2 3 และ 4) พบว่าทั้ง 8 สถานี มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพทั้งสองช่วงเวลา จัดอยู่ในระดับแย่มาก จนถึง พอใช้ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้

การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพใน 2 ครั้งจัดระดับได้ดังนี้

- เดือนธันวาคม การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี K01, K03, K04 และ K06 จัดอยู่ในระดับแย่มาก ส่วนในสถานี K02, K05, PL1, PL2 จัดอยู่ในระดับ พอใช้
- เดือนเมษายน การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี K04 จัดอยู่ในระดับแย่มาก ส่วนในสถานี K01, K02, K03, K05, K06, PL1, PL2 จัดอยู่ในระดับ พอใช้

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัย และคะแนนชีวภาพพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.034, p>0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (ธันวาคม พ.ศ. 2551)

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								
	Total Tax.	Dip Tax.	EPTC Tax.	Pleco Pct.	Toler Pct.	Beck BI	Intol Pct.	Shred Tax.	CIngr Tax.
K01	23	5	14	0.56	21.63	10	2.25	1	11
K02	31	5	17	0.32	20.63	9	2.54	1	16
K03	23	5	15	0.71	20.71	8	3.93	0	13
K04	26	4	14	0	8.07	9	1.05	0	11
K05	30	4	19	0.36	33.09	17	2.16	4	17
K06	25	5	16	1.18	22.06	8	3.24	0	13
PL1	27	6	18	2.19	17.81	14	3.44	1	16
PL2	28	5	16	0.96	16.72	12	2.57	2	18

ตารางที่ 10 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ธันวาคม พ.ศ. 2551)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ										แปรผล
	Total	Dip	EPTC	Pleco	Toler	Beck	Intol	Shred	CIngr	DRQ1 Index	
	Tax.	Tax.	Tax.	Pct.	Pct.	BI	Pct	Tax.	Tax.	Score	
K01	3	5	3	1	5	3	1	1	3	25	แย้
K02	3	5	3	1	5	3	1	1	5	27	พอไ้
K03	3	5	3	1	5	3	1	1	3	25	แย้
K04	3	3	3	1	5	3	1	1	3	23	แย้
K05	3	3	5	1	3	5	1	3	5	29	พอไ้
K06	3	5	3	1	5	3	1	1	3	25	แย้
PL1	3	5	3	3	5	5	1	1	5	31	พอไ้
PL2	3	5	3	1	5	3	1	1	5	27	พอไ้

ตารางที่ 11 ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (เมษายน พ.ศ. 2552)

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								
	Total Tax.	Dip Tax.	EPTC Tax.	Pleco Pct.	Toler Pct.	Beck BI	Intol Pct.	Shred Tax.	CIngr Tax.
K01	32	3	17	1.87	14.98	11	9.36	2	13
K02	30	5	21	0.75	23.68	15	6.77	2	16
K03	31	5	18	1.15	10	13	8.46	1	13
K04	28	2	19	1.05	36.93	12	5.92	1	14
K05	35	5	24	0.73	35.04	14	10.22	1	14
K06	28	5	15	0	11.86	9	3.16	0	14
PL1	27	3	17	4.42	14.86	9	6.83	1	12
PL2	26	4	15	0.82	16.39	10	2.46	1	13

ตารางที่ 12 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (เมษายน พ.ศ. 2552)

สถานีเก็บตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ									DRQ1	แปลผล
	Total Tax.	Dip Tax.	EPTC Tax.	Pleco Pct.	Toler Pct.	Beck BI	Intol Pct.	Shred Tax.	CIngr Tax.	Index Score	
K01	3	3	3	3	5	3	3	3	3	29	พอใช้
K02	3	5	5	1	5	5	1	3	5	33	พอใช้
K03	3	5	3	1	5	5	3	1	3	29	พอใช้
K04	3	1	3	1	3	3	1	1	3	19	แย่มาก
K05	5	5	5	1	3	5	3	1	3	31	พอใช้
K06	3	5	3	1	5	3	1	1	3	25	พอใช้
PL1	3	3	3	5	5	3	1	1	3	27	พอใช้
PL2	3	3	3	1	5	3	1	1	3	23	พอใช้

3.2 การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวในระดับวงศ์

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินในระดับวงศ์โดยการวิเคราะห์จาก 7 ตัวแปรทางชีวภาพหลักตามการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ ค่าคะแนนแต่ละตัวแปรชีวภาพมีค่าเป็น 5 3 1 ดังตารางที่ 13 (เดือนธันวาคม) และตารางที่ 14 (เดือนเมษายน) จากนั้นนำค่าคะแนนของตัวแปรหลักแต่ละตัวมารวมกันเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ และแปรผลเป็นระดับ ดีมาก ดี พอใช้ แย่ และแย่มาก โดยเปรียบเทียบค่าคะแนนกับตารางที่ 15 ตามการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) ในพื้นที่ต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง พบว่าทั้ง 8 สถานี มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพทั้ง 2 ครั้ง จัดอยู่ในระดับแย่นจนถึง พอใช้ (ตารางที่ 16, 17, 18 และ 19) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้

โดยทั้งสองครั้งแสดงระดับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์ดังนี้

- เดือนธันวาคม การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี K01, K03, K04, K06 และ PL2 จัดอยู่ในระดับแย่ ส่วนในสถานี K02, K05 และ PL1 จัดอยู่ในระดับ พอใช้
- เดือนเมษายน การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของทุกสถานี จัดอยู่ในระดับพอใช้ทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัย และคะแนนชีวภาพพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.09, p>0.05$)

ตารางที่ 13 คะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัด และช่วงค่าคะแนนในการจำแนกถึงระดับวงศ์
ในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551 (Boonsoong *et al.*, 2009)

ตัวแปรชีวภาพ	Descriptive statistics					Categorical scoring range		
	min.	25 th	med.	75 th	max.	5	3	1
No.of Total taxa	19	25	27	30	40	≥25	24-13	<13
No.of EPTC taxa	8	15	17	19	23	≥15	14-8	<8
%Plecoptera	0	3	4.4	11.6	23	≥3.0	2.9-1.5	<1.5
%Tolerant organisms	1.6	9.4	14.9	22.4	79.4	≤22.4	22.3-33.6	>33.6
Beck's Biotic Index	4	9	11	14	17	≥9	8-5	<5
%Intolerant organisms	1.9	9.9	15.6	25.6	39.4	≥9.9	9.8-5.0	<5
No.of Clingers taxa	8	12	13	15	17	≥12	11-6	<6

ตารางที่ 14 คะแนนตัวแปรชีวภาพที่ใช้วัด และช่วงค่าคะแนนในการจำแนกถึงระดับวงศ์
ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 (Boonsoong *et al.*, 2009)

ตัวแปรชีวภาพ	Descriptive statistics					Categorical scoring range		
	min.	25 th	med.	75 th	max.	5	3	1
No.of Total taxa	22	28	32.5	33	40	≥28	27-14	<14
No.of EPTC taxa	14	17	18.5	20	23	≥17	16-9	<9
%Plecoptera	0.36	3.08	5.61	8.2	16.88	≥3.1	3.0-1.5	<1.5
%Tolerant organisms	9.2	14.6	22.5	33.7	54.5	≤33.7	33.8-50.6	>50.6
Beck's Biotic Index	6	9	13.5	15	19	≥9	8-5	<5
%Intolerant organisms	5.5	16.8	20.2	31.3	40.8	≥16.8	16.7-8.4	<8.4
No.of Clingers taxa	8	10	13	14	15	≥10	9-5	<5

ตารางที่ 15 ตารางข้อมูลคะแนนรวม ของดัชนีชีวิภาพ (DRQ1 score) ของแหล่งน้ำในการจำแนกถึงระดับวงศ์ ใน 2 ครั้ง (Boonsoong *et al.*, 2009)

Narrative assessment	Percentile of reference index value	DRQ1 index score	
		November	March
Very Good	$\geq 75^{\text{th}}$	35	35
Good	$\geq 25^{\text{th}}$	31-34	29-34
Fair	$< 25^{\text{th}}$	21-30	19-28
Poor	-	11-20	9-18
Very Poor	-	<11	<9

ตารางที่ 16 ค่าตัวแปรชีวิภาพในระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก (ธันวาคม พ.ศ. 2551)

สถานี เก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวิภาพ						
	Total Tax	EPTC Tax	Pleco Pct	Toler Pct	Beck BI	Intol Pct	CIngr Tax
K01	20	12	0.56	21.63	4	2.25	11
K02	27	14	0.32	20.63	2	2.54	12
K03	20	12	0.71	20.71	2	3.93	9
K04	24	13	0	8.07	3	1.05	10
K05	26	16	0.36	33.09	5	2.16	14
K06	21	13	1.18	22.06	2	3.24	10
PL1	22	13	2.19	17.81	4	3.44	13
PL2	23	12	0.96	16.72	5	2.57	11

ตารางที่ 17 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ระดับวงศ์ ในแต่ละ
สถานียของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
(ธันวาคม พ.ศ. 2551)

สถานี เก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								แปรผล
	Total Tax.	EPTC Tax.	Pleco Pct.	Toler Pct.	Beck BI	Intol Pct.	CIngr Tax.	DRQ1 Index Score	
K01	3	3	3	5	1	3	3	17	แย้
K02	5	3	1	5	1	1	5	21	พอใช้
K03	3	3	1	5	1	3	3	17	แย้
K04	3	3	1	3	1	1	3	17	แย้
K05	5	5	1	3	3	3	5	23	พอใช้
K06	3	3	1	5	1	1	3	17	แย้
PL1	3	3	5	5	1	1	5	21	พอใช้
PL2	3	3	1	5	3	1	3	19	แย้

ตารางที่ 18 ค่าตัวแปรชีวภาพในระดับวงศ์ ในแต่ละสถานียของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก
(เมษายน พ.ศ. 2552)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ						
	Total Tax.	EPTC Tax.	Pleco Pct.	Toler Pct.	Beck BI	Intol Pct.	CIngr Tax.
K01	31	16	1.87	14.98	4	9.36	11
K02	27	19	0.75	23.68	6	6.77	15
K03	29	17	1.15	10	4	8.46	13
K04	27	18	1.05	36.93	4	5.92	12
K05	31	21	0.73	35.04	4	10.22	12
K06	24	13	0	11.86	2	3.16	11
PL1	24	14	4.42	14.86	4	6.83	12
PL2	22	12	0.82	16.39	3	2.46	11

ตารางที่ 19 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวม ของดัชนีชีวภาพ DRQ1 ระดับวงศ์ ในแต่ละ
สถานี่ของลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
(เมษายน พ.ศ. 2552)

สถานี่ เก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								แปร ผล
	Total	EPTC	Pleco	Toler	Beck	Intol	CIngr	DRQ1 Index	
	Tax.	Tax.	Pct.	Pct.	BI	Pct.	Tax.	Score	
K01	5	3	3	5	1	3	5	25	พอใช้
K02	3	5	1	5	3	1	5	23	พอใช้
K03	5	5	1	5	1	3	5	25	พอใช้
K04	3	5	1	3	1	1	5	19	พอใช้
K05	5	5	1	3	1	3	5	23	พอใช้
K06	3	3	1	5	1	1	5	19	พอใช้
PL1	3	3	5	5	1	1	5	23	พอใช้
PL2	3	3	1	5	1	1	5	19	พอใช้

3. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากการเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารห้วยเขย่ง และ ห้วยปากคอก โดยเก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 พบความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด 12 อันดับ 60 วงศ์ 47 สกุล 75 OTUs taxa โดยจำแนกได้ในระดับวงศ์ 33.33 เปอร์เซ็นต์ และจำแนกได้ในระดับสกุล 66.66 เปอร์เซ็นต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก ทั้งสองครั้งที่เก็บตัวอย่าง

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	ธันวาคม 2551	เมษายน 2552
ARTHROPODA		
ARACHNIDA		
ACARINA	✓	✓
CRUSTACEA		
DECAPODA		
Palaemonidae		
<i>Macrobrachium</i>	✓	✓
Parathelphusidae	✓	✓
INSECTA		
COLEOPTERA		
Chrysomellidae	-	✓
Dryopidae	-	✓
Dytiscidae	✓	✓
Elmidae	✓	✓
Hydrophilidae		
<i>Berosus</i>	✓	✓
Lampyridae	-	✓

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	ธันวาคม 2551	เมษายน 2552
INSECTA		
COLEOPTERA		
Psephenidae	✓	✓
Scirtidae	✓	✓
Staphylinidae	✓	-
DIPTERA		
Athericidae		
<i>Atherix</i>	✓	-
Blephariceridae	✓	-
Ceratopoginidae	-	✓
<i>Bezzia</i>	✓	✓
Chironomidae	✓	-
Simuliidae		
<i>Simulium</i>	✓	✓
Tabanidae	✓	✓
Tipulidae		
<i>Antocha</i>	✓	✓
<i>Hexatoma</i>	✓	✓
EPHEMEROPTERA		
Baetidae		
<i>Heterocloeon</i>	✓	✓
<i>Platybaetis</i>	✓	✓
Caenidae		
<i>Caenodes</i>	✓	✓
Ephemerellidae		
<i>Serratella</i>	-	✓
<i>Uracanthella</i>	✓	✓

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	ธันวาคม 2551	เมษายน 2552
INSECTA		
EPHEMEROPTERA		
Heptageniidae		
<i>Afromurus</i>	-	✓
<i>Asionurus</i>	✓	-
<i>Thalerosphyrus</i>	✓	✓
<i>Rhithrogena</i>	✓	-
Leptophlebiidae		
<i>Choroerpides</i>	✓	✓
<i>Euthraulius</i>	-	✓
Neophemeridae		
<i>Potamanthellus caenoides</i>	✓	✓
Potamanthidae		
<i>Rhoenanthus (Potamanthindus) obscurus</i>	-	✓
Prosopistomatidae		
<i>Prosopistoma annamense</i>	-	✓
Teloganodidae		
<i>Teloganodes</i>	✓	✓
HEMIPTERA		
Aphelocheiridae		
<i>Aphelocheirus femoratus</i>	-	✓
<i>Aphelocheirus grik</i>	-	✓
Corixidae		
<i>Tropocorixa</i>	✓	✓
Gerridae		
<i>Cryptobates</i>	✓	-
<i>Ptilomera</i>	✓	✓
<i>Ventidius</i>	-	✓
Gyrinidae		
	✓	✓

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด	ธันวาคม 2551	เมษายน 2552
HEMIPTERA		
Hebridae		
<i>Hyrcaus</i>	-	✓
Naucoridae		
<i>Naucoris cheirochela</i>	✓	✓
Pleidae	-	✓
Veliidae		
<i>Rhagovelia sumatrensis</i>	✓	✓
LEPIDOPTERA		
Crambidae		
<i>Elophila</i>	✓	✓
MEGALOPTERA		
Corydalidae		
<i>Protohermes</i>	✓	✓
ODONATA		
Amphipterygidae	-	✓
Calopterygidae	-	✓
Coenagrionidae	✓	-
Euphaeidae	✓	✓
Gomphidae	✓	✓
Libellulidae	✓	✓
Protoneuridae	-	✓
ORTHOPTERA		
Blaberidae	-	✓
PLECOPTERA		
Peltoperlidae		
<i>Cryptoperla</i>	✓	-
Perlidae		
<i>Neoperla</i>	✓	✓

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	ธันวาคม 2551	เมษายน 2552
TRICHOPTERA		
Calamoceratidae		
<i>Ganonema</i>	✓	✓
Goeridae		
<i>Goera</i>	✓	✓
Helicopsychidae		
<i>Helicopsyche</i>	✓	✓
Hydropsychidae		
<i>Amphisyche</i>	✓	✓
<i>Ceratopsyche</i>	✓	✓
<i>Diplectrona</i>	-	✓
<i>Macrostemum</i>	✓	-
<i>Potamyia</i>	✓	✓
Leptoceridae		
<i>Ceraclea</i>	-	✓
<i>Leptocerus</i>	✓	✓
<i>Oecetis</i>	✓	-
Odontoceridae		
<i>Marilia</i>	✓	✓
Philopotamidae		
<i>Chimarra</i>	✓	✓
Psychomyiidae		
<i>Paduniella</i>	✓	-
MOLLUSCA		
GASTROPODA		
Thiaridae	✓	✓
<i>Brotia</i>	✓	-

4. การกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปรทั้ง 8 สถานีเก็บตัวอย่างใน 2 ครั้งเพื่อหาความคล้ายคลึงกันของการกระจายตัวของสัตว์โดยใช้ Jaccard แล้วจัดกลุ่มชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วย Group Average Linkage Method สามารถแบ่งกลุ่มสถานีที่ความต่างกันที่ 65 เปอร์เซ็นต์ (เส้นประ) ได้เป็น 6 กลุ่ม (ภาพที่ 16) คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานีบ้านปากลำปี่ลือก (K04) ทั้ง 2 ครั้ง

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL1) ในเดือนเมษายน

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ สถานี K01, K03, K06 และ PL2 ในเดือนธันวาคม และ PL2 ในเดือนเมษายน

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ สถานี K01, K02, K03, K05 และ K06 ในเดือนเมษายน

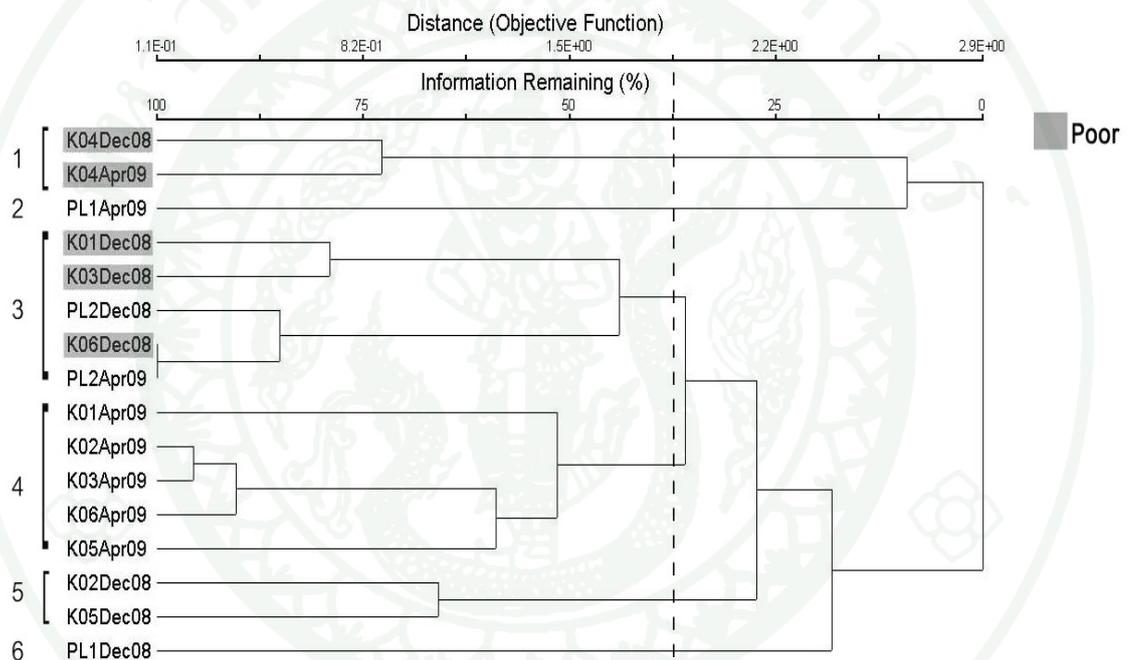
กลุ่มที่ 5 ได้แก่ สถานี K02 และ K05 ในเดือนธันวาคม

กลุ่มที่ 6 ได้แก่ สถานี PL1 ในเดือนธันวาคม

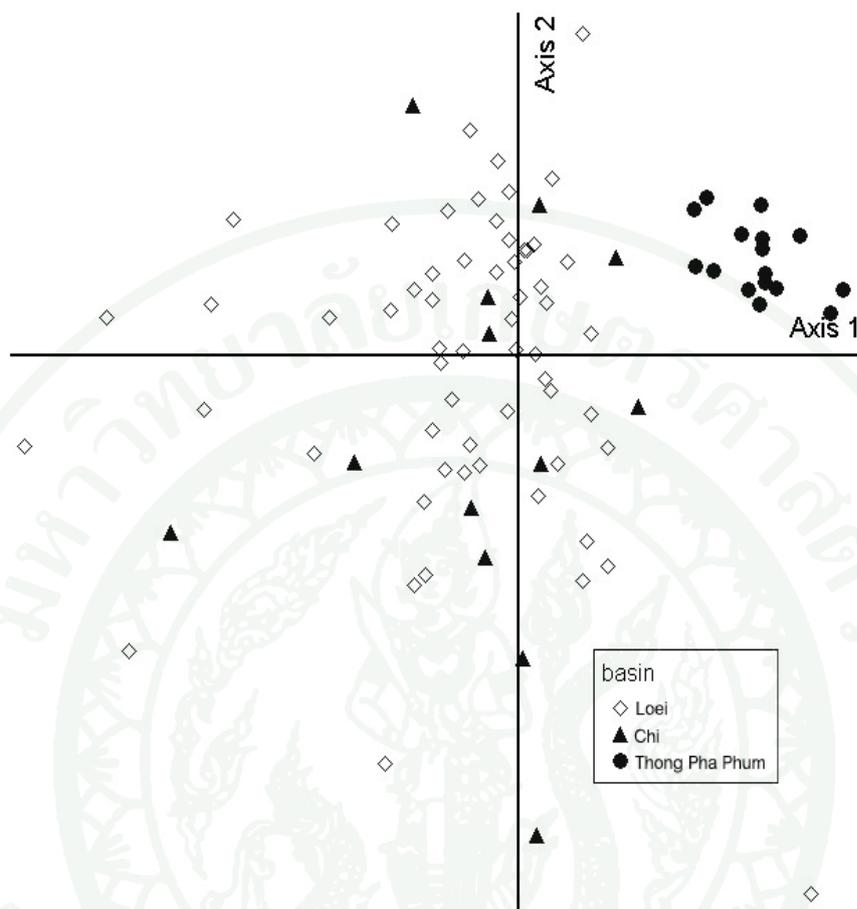
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร กับการวิเคราะห์หัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน พบว่ากลุ่มที่ 1 (สถานี K04 ทั้ง 2 ครั้ง) มีเกณฑ์คุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแย่ ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ในเขตชุมชนบ้านเรือน และมีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำและค่าความขุ่นของน้ำในการเก็บตัวอย่างเดือนเมษายนสูงกว่าสถานีอื่นกลุ่มที่ 3 (สถานี K01, K03, K06 และ PL2) ส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับแย่เช่นกัน ยกเว้นสถานีปากคอกใต้สะพาน (PL2) ที่จัดอยู่ในระดับพอใช้ แสดงให้เห็นว่าชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในสถานีนี้มีความคล้ายคลึงกับสถานีในกลุ่มเดียวกัน ถึงแม้ว่าผลการประเมินด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว จะอยู่ในระดับพอใช้

ส่วนกลุ่มที่ 2, 4, 5 และ 6 มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับพอใช้ ทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันระหว่างการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร กับการวิเคราะห์หัวแปรชีวภาพหลายตัว เนื่องจากการจัดกลุ่มสถานีสามารถแยกกลุ่มสถานีที่แสดงค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ระดับแย่ และระดับพอใช้ออกจากกันได้เป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน จากการศึกษาครั้งนี้ไปหาความคล้ายคลึงกันกับข้อมูลการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในต้นน้ำเลย และต้นน้ำชี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า

สถานีในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก แยกกลุ่มออกจาก สถานีในต้นน้ำเลย และต้นน้ำชี (ภาพที่ 17) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละกลุ่มน้ำ โดยกลุ่มสัตว์หน้าดินกลุ่มที่พบเด่นในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก แต่พบน้อยในต้นน้ำเลย และต้นน้ำชี ได้แก่ *Amphisyche*, *Thiaridae*, *Naucoris cheirochela*, *Rhoenanthus (Potamanthindus)*, *Psephenidae*, *Tabanidae*, *Potamyia*, *Antocha*, *Ganonema*, *Helicopsyche*, *Elophila*, *Libellulidae* และ *Goera* (ภาคผนวก ค.) จึงทำให้สัตว์กลุ่มนี้แยกตัวออกมาอย่างชัดเจน



ภาพที่ 16 เคน ไตรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ข้อมูลพบ/ไม่พบ



ภาพที่ 17 ผลการจัดอันดับชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วย NMS (Non-Multidimensional Scaling) ในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิลำธารต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง (stress=16.55)

วิจารณ์

1. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำทางกายภาพที่ทำการตรวจวัดในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธาร ความลึกของลำธาร ความเร็วของกระแสน้ำในลำธาร ค่าความขุ่น และของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ และอากาศในเดือนเมษายนสูงกว่าเดือนธันวาคมในทุกสถานี เนื่องจากในเดือนเมษายนอยู่ในช่วงฤดูร้อนจึงทำให้อุณหภูมิสูงกว่า เดือนธันวาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิ โดยอุณหภูมิของน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ และระยะเวลาที่ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ (สุทธิณี, 2547) และเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนจึงทำให้ปริมาณน้ำในลำธารลดลง จึงส่งผลให้ ความกว้าง และความลึกของลำธาร ในเดือนเมษายนน้อยกว่าในเดือนธันวาคมเกือบทุกสถานี เมื่อพิจารณาความเร็วของกระแสน้ำ ในเดือนเมษายนมีอัตราเร็วกว่าเดือนธันวาคมในทุกสถานี โดยความเร็วของกระแสน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น ส่งผลให้ค่าความขุ่นของน้ำ และค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าสูงขึ้น ในเดือนเมษายนด้วย เพราะกระแสน้ำที่แรงจะพัดพาตะกอนและเศษวัสดุต่างๆ ขึ้นมา จะทำให้เกิดตะกอนเมื่อความขุ่นสูงขึ้น ส่งผลให้ของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นด้วย

2. คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำที่ทำการตรวจวัดในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณไนเตรต ปริมาณออร์โธฟอสเฟต และค่าของแข็งที่ละลาย ในน้ำ พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำในเดือนเมษายน มีค่าต่ำกว่าเดือนธันวาคมในทุกสถานี อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถของออกซิเจนละลายในลดลง (มีนา, 2551) และเนื่องจากปริมาณน้ำในเดือนเมษายนลดลงทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณไนเตรต ในเดือนเมษายนมีค่าสูงกว่า เดือนธันวาคม เกือบทุกสถานี สอดคล้องกับ เพ็ญศรี (2550) พบว่าค่าไนเตรตจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน ปริมาณของไนเตรตที่เพิ่มขึ้นจะไปเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (นันทนา, 2544) ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในเดือนเมษายนมีค่าสูงกว่า เดือนธันวาคม เกือบทุกสถานี เช่นกัน ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในเดือนธันวาคม มีค่าสูงกว่าในเดือนเมษายนในทุกสถานี โดยค่าการ

นำไฟฟ้าบ่งบอกถึงปริมาณสารที่ละลายในน้ำ (สุทธิณี, 2547) จึงสัมพันธ์กับ ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณออร์โธฟอสเฟต

3. การประเมินแหล่งอาศัย

ผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยทั้งสองช่วงเวลา อยู่ในช่วงตั้งแต่ 88-138 โดยสถานีที่มีค่าการประเมินแหล่งอาศัยต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม คือ สถานีหลังบ้านเตาถ่าน (K06) และในเดือนเมษายน คือ บ้านประจำไม้ (K01) แนวโน้มค่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยในเดือนเมษายนมีค่าลดลงเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีบ้านห้วยเขย่ง (K02) และสถานีก่อนบ้านเตาถ่าน (K05) ในขณะที่การประเมินแหล่งอาศัย และคะแนนดัชนีชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กันนั้น อาจเนื่องมาจากสถานีเก็บตัวอย่างมีจำนวนน้อยทำให้ข้อมูลมีจำนวนไม่เพียงพอ อีกทั้งความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ประเมินแหล่งอาศัยยังน้อย การประเมินแหล่งอาศัยของลำธารบางปัจจัยนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ประเมินแต่ละคนดังนั้น ควรมีคนประเมินหลายคนเพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ย ลดความเบี่ยงเบน (บุญเสฐียร และคณะ, 2546) จึงควรมีการจัดอบรมผู้เข้าร่วมประเมินเพื่อให้การประเมินผลถูกต้องยิ่งขึ้น

4. จัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการ

การจัดกลุ่มจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการ สามารถแบ่งกลุ่มสถานีได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เกือบทุกสถานีอยู่ในเดือนธันวาคม ยกเว้นสถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL2) ในเดือน เมษายน ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย เมื่อพิจารณา ค่าคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพบางค่าของสถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL2) พบว่า มีค่าแตกต่างจากสถานีอื่นในการเก็บตัวอย่างในเดือนเดียวกัน แต่กลับมีความใกล้เคียงของค่าคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพในเดือนธันวาคมมากกว่า ได้แก่ ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ ค่าความขุ่นของน้ำ อัตราเร็วของกระแสน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ โดยค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ ค่าความขุ่นของน้ำ อัตราเร็วของกระแสน้ำ ในเดือนเมษายนจะมีค่าสูงกว่าในเดือนธันวาคม แต่สถานีห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL2) มีค่าต่ำกว่าสถานีอื่น และใกล้เคียงกับเดือนธันวาคม ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำในเดือนเมษายนของสถานี

ห้วยปากคอกเหนือสะพาน (PL2) มีค่าสูงกว่าสถานีอื่นและใกล้เคียงกับค่าออกซิเจนละลายน้ำในเดือนธันวาคม

กลุ่มที่ 2 อยู่ในเดือนเมษายนทุกสถานี

กลุ่มที่ 3 สถานีบ้านประจำไม้ (K01) ในเดือนธันวาคม ที่แยกตัวออกมาอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณา ค่าคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพบางค่าของ สถานีบ้านประจำไม้ (K01) พบว่ามีค่าแตกต่างจากสถานีอื่น ทั้งสองช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า อัตราเร็วของกระแสไฟฟ้า และค่าของแข็งละลายในน้ำ โดยมีค่าการนำไฟฟ้าสูง กว่าสถานีอื่นในเดือนเดียวกัน และในเดือนที่ต่างกัน แต่อัตราเร็วของกระแสไฟฟ้า และค่าของแข็งละลายในน้ำ ของสถานีบ้านประจำไม้ กลับต่ำกว่าสถานีอื่นทั้งในเดือนเดียวกัน และในเดือนที่ต่างกัน

5. การวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวภาพหลายตัว ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน

การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวในระดับค่าสุดเท่าที่ทำได้ (ระดับสกุล) ในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ทั้งสองช่วงเวลาอยู่ในระดับแยะ จนถึงพอใช้ ทั้งการประเมินในระดับสกุล และระดับวงศ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) พบว่าสถานีทดสอบ (test sites) ส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์แยะ จนถึงพอใช้ การที่สถานีทดสอบส่วนใหญ่ที่ศึกษาในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอกมีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากสถานีทดสอบส่วนใหญ่มีแหล่งอาศัยที่หลากหลายแบบ มีความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างแรง สอดคล้องกับการวิจัยของ Sa-ardrit *et al.* (2007) พบว่าสถานีทดสอบส่วนใหญ่จัดเป็นสถานีที่ไม่ได้รับผลกระทบ และได้รับผลกระทบปานกลาง โดยสถานีบ้านปากลำปี่ด็อก (K04) มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพ อยู่ในระดับเกณฑ์แยะ ทั้ง 2 ครั้ง สถานี K01, K03 และ K06 มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ในเดือนธันวาคมอยู่ในเกณฑ์แยะ ส่วนเดือนเมษายนกลับมาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ สถานีที่แสดงผลคุณภาพน้ำทางชีวภาพ อยู่ในระดับเกณฑ์แยะทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีชีวภาพ ร้อยละของแมลงชอบเกาะ คือ ค่าคะแนนที่ได้จะอยู่ในระดับต่ำในสถานีที่อยู่ในเกณฑ์แยะ เพราะกลุ่มแมลงชอบเกาะ มักจะเป็นกลุ่มที่อยู่ในน้ำที่คุณภาพดี หรือต้นลำธาร ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างที่เหลือมีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ทั้ง 2 ครั้งของการเก็บตัวอย่าง

จะเห็นว่าผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพของสถานีในเดือนเมษายนอยู่ในระดับพอใช้เกือบทั้งหมด (ยกเว้น สถานี K04) อาจเป็นเพราะฤดูกาลมีผลต่อการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน ซึ่งในช่วงฤดูร้อนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินส่วนใหญ่ โดยเฉพาะกลุ่มแมลงน้ำ มีการเจริญของตัวอ่อนระยะปลาย และมีแนวโน้มน้ำเป็นตัวเต็มวัยเพิ่มขึ้น จึงทำให้พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินหลากหลายมากกว่าในช่วงฤดูหนาว (Boonsoong *et al.*, 2007) แสดงให้เห็นว่าแมลงน้ำจะมีการวิวัฒนาการให้มีวงจรชีวิตให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล โดยตัวอ่อนจะพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยก่อนที่จะได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำที่ลดลง (เพ็ญศรี, 2550) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพในช่วงเดือนเมษายนมีแนวโน้มสูงกว่าเดือนธันวาคม

เมื่อประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์พบว่าสอดคล้องกับการประเมินระดับสกุลคือในเดือนธันวาคม สถานี K01, K03, K04, K06 มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพ อยู่ในระดับเกณฑ์แยะ สถานีอื่นที่เหลืออยู่ในระดับพอใช้ทั้งหมด แตกต่างกันในสถานีห้วยปากคอกใต้สะพาน (PL2) ที่การประเมินระดับวงศ์ถูกจัดอยู่ในระดับแยะ แต่เมื่อประเมินในระดับสกุลจะอยู่ในระดับพอใช้ และในเดือนเมษายนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ทั้งหมดทุกสถานี โดยระดับวงศ์และระดับสกุลมีความคล้ายคลึงกัน 87.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการจัดจำแนกในระดับวงศ์ให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพอาจเพียงพอสำหรับการใช้ประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009) พบว่าการจำแนกสัตว์ระดับวงศ์เพียงพอสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในลำธารประเทศไทย

6. การกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน

เมื่อพิจารณาอย่างละเอียดด้วยการวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร ซึ่งให้ผลชัดเจนกว่าการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรทางชีวภาพหลายตัวนั้น (Reynoldson *et al.*, 1997; Bailey *et al.*, 1998) พบว่าสามารถแยกสถานีที่มีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำสูงกว่าสถานีอื่น ส่งผลให้มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแยะ ทั้งการประเมินในระดับสกุล และระดับวงศ์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าดัชนีชีวภาพที่พัฒนาขึ้นจากลำธารต้นน้ำเลยนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานีทดสอบในลำธารต้นน้ำอำเภอทองผาภูมิได้ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างของชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน อันเนื่องมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่ง

จำเป็นต้องมีการทดสอบในสถานีอ้างอิง และลำธารสายอื่นๆ เพื่อปรับตัวแปรชีวภาพให้สามารถใช้คะแนนดัชนีชีวภาพได้ทั่วประเทศ นอกจากนี้การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวนั้นยังเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำของชุมชนได้ (Baptista *et al.*, 2007; Lücke and Johnson, 2009)

อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเรีวนั้นยังจำเป็นต้องใช้ร่วมกับข้อมูลการประเมินแหล่งอาศัย และข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในการประเมินร่วมด้วย และหากมีการใช้ข้อมูลสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ปลา และเพอริไฟตอน ร่วมด้วย จะทำให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Barbour *et al.*, 1999)

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบวิธีการมาตรฐาน (RBPs) และคะแนนดัชนีชีวภาพ สำหรับประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอกอำเภอทองผาภูมิ ตามวิธีการของ Boonsoong *et al.* (2009) ที่ได้พัฒนาขึ้นในกลุ่มแม่น้ำเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้น สามารถให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำ ของสถานีทดสอบ ทั้ง 8 สถานี 2 ครั้ง ได้ดังนี้

1. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบทั้งหมด 12 อันดับ 60 วงศ์ 47 สกุล 75 OTUs taxa ส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ โดยในเดือนเมษายนพบความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากกว่าในเดือนธันวาคม
2. การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี คุณภาพน้ำในลำธาร ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการระหว่างสถานี และช่วงเวลา มีความแตกต่างในบางสถานี และบางปัจจัยเท่านั้น
3. การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ของสถานีทดสอบ ทั้ง 8 สถานี 2 ครั้ง อยู่ในระดับแย่มากจนถึงพอใช้ เนื่องจากทั้ง 8 สถานีอยู่ในกลุ่มสถานีทดสอบ และในแต่ละสถานีได้รับผลกระทบด้านต่างๆ เช่น การเกษตรกรรม ชุมชนบ้านเรือน
4. การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร พบว่าสามารถแยกสถานีที่มีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำสูงกว่าสถานีอื่น ส่งผลให้มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแย่มาก
5. การประเมินแหล่งอาศัยและคะแนนดัชนีชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กันนั้น อาจเนื่องมาจากสถานีเก็บตัวอย่างมีจำนวนน้อยทำให้ข้อมูลมีจำนวนไม่เพียงพอ อีกทั้งความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ประเมินแหล่งอาศัยยังน้อย จึงควรให้มีการฝึกอบรมผู้เข้าร่วมประเมินแหล่งอาศัย เพื่อการประเมินที่ถูกต้อง และแม่นยำยิ่งขึ้น

6. จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าดัชนีชีวภาพที่พัฒนาขึ้นจากลำธารต้นน้ำเลยนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานีทดสอบในลำธารต้นน้ำอำเภอทองผาภูมิได้ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างของชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน อันเนื่องมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบในสถานีอ้างอิง และลำธารสายอื่นๆ เพื่อปรับตัวแปรชีวภาพให้สามารถใช้คะแนนดัชนีชีวภาพได้ทั่วประเทศ

7. พบว่ามีกลุ่มสัตว์ที่พบเด่นในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ แต่พบน้อยในลำธารต้นน้ำเลย และต้นน้ำชี จึงควรมีการปรับตัวแปรทางชีวภาพให้เหมาะสม เพื่อให้ใช้คะแนนดัชนีชีวภาพที่แม่นยำขึ้น

8. ผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์และระดับสกุล ของดัชนีชีวภาพให้ผลคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์ อาจเพียงพอสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำในลำธารของประเทศไทย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. คุณภาพน้ำและการจัดการ. แหล่งที่มา:

http://www.pcd.go.th/info_serv/water.html. 17 เมษายน 2553.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. รายงานปริมาณน้ำฝน. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th/climate/climate.php>. 26 เมษายน 2553.

จันทิดา ศรีจันทร์. 2548. ผลกระทบจากกิจกรรมการเกษตรต่อโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลุ่มน้ำปะทิวจังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นันทนา คชเสนี. 2539. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล แสงประดับ, ชรรยงค์ อินทร์ม่วง ชุตินา, หาญจวนิช, อาษา อาษาไชย และประยุทธ์ อัครพิมา. 2542. การศึกษาการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงกลุ่ม Ephemeroptera Plecoptera และ Trichoptera (EPT) ในลำธารต้นน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน: รายงานการวิจัยในโครงการ BRT 2545, วิสุทธ์ ใบไม้ และรังสีมา ตันเลขา (บรรณาธิการ). จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ กรุงเทพฯ.

บุญเสถียร บุญสูง, ศิริพร แซ่เฮง, ประยุทธ์ อัครพิมาย และ วงศ์วรรช ธนศิลป์. 2546. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารห้วยเขย่งและห้วยทิม อำเภอกองคาจันท์ จังหวัดกาญจนบุรี. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เพ็ญศรี บันลือ. 2550. การประเมินความเสี่ยงสภาพแวดล้อมโดยใช้แมลงน้ำในลำธารที่ได้รับผลกระทบทางการเกษตรจากพื้นที่ลุ่มน้ำดอยเชียงดาวจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- มงคล ราชักดี. 2532. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ลอยมาตามน้ำ และคุณภาพน้ำสองแห่งในลำธาร. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มีนา กรมมี. 2551. การประเมินคุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรโดยใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุทธิณี จิตมณี. 2547. ความหลากหลายของแมลงน้ำในพื้นที่โครงการทองผาภูมิ 72 พรรษามหาราช อำเภทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมโภชน์ ศรีโกสามาตร และ รังสิมา ตันตเลขุ. 2547. การวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพเชิงพื้นที่ (area-based): กรณีศึกษาชุดโครงการวิจัยทองผาภูมิตะวันตก. จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. จีรวัฒน์ เอ็กซ์เพรส จำกัด กรุงเทพฯ.
- Abel, P.D. 1989. **Water Pollution Biology**. Ellis Horwood Limited, Chichester.
- Allan, J. D. 1995. Structure and function of running water. **Stream Ecology**. Chapman and Hall, London.
- Bailey, R.C., M.G., Kennedy, M.Z., Dervish and R.M., Taylor. 1998. Biological assessment of freshwater ecosystems using a reference condition approach: comparing predicted and actual benthic invertebrates communities in Yukon streams. **Freshwater. Biol.** 39: 765-774.
- Baptista D.F., D.F., Buss, M., Egler, A., Giovanelli, M.P., Silveira. and J.L., Nessimian. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia** 575: 83-94.

- Barbour, M.T., J., Gerritsen, B.D., Snyder, and Stribling, J.B. 1999. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish**, 2nd edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Barbour, M.T., J., Gerritsen, R., Griffith, Frydenborg, E., McCarron, J. S., White, And M. L., Bastian. 1996. A framework for biological criteria for Florida stream using benthic macroinvertebrates. **J. N. Am. Benthol. Soc.** 15(2): 185-211.
- Barbour, M.T., J.B., Stribling and J.R., Karr. 1995. Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. In: **Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making**. W.S. Davis and T.P. Simon (Eds.), pp. 63–77. Lewis Publishers, New York.
- Bender, F. 1983. **Geology of Burma**. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Bonada, N., N., Prat, V.H., Resh, and B., Statzner. 2006. Development in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annu. Rev. Entomol.** 51: 495-523.
- Boonsoong, B. 2007. **Rapid bioassessment of thai streams with benthic macroinvertebrates**. Ph.D. Thesis, Khonkaen University.
- Boonsoong, B., N., Sangpradub, and M.T., Barbour. 2009. Development of rapid bioassessment approaches using benthic macroinvertebrates for Thai streams. **Environ. Monit. Assess.** 155: 129-147.
- Boonsoong, B., Sangpradub, N., Barbour M.T. and Simachaya, W. 2010. An implementation plan for using biological indicators to improve assessment of water quality in Thailand. **Environ. Monit. Assess.** 165:205–215.

- Camargo, J.A., A., Alonso. and M., De La Puente. 2004. Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. **Environ. Monit. Assess.** 96: 233-249
- Hering D., O., Moog, T., Ofenböck. and C.K., Feld. 2006. Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. **Hydrobiologia.** 566: 311-324.
- Lücke, J.D. and R.K., Johnson. 2009. Detection of ecological change in stream macroinvertebrate assemblages using single metric, multimetric or multivariate approaches. **Ecol. Indic.** 9: 659-669.
- McCord, S.B., G. S., Guha. and R.S., Grippo. 2007. Effect of subsample size on seasonal and spatial comparisons of stream macroinvertebrate communities. **Environ. Monit. Assess.** 135: 409-422.
- Mustow, S.E. 2002. Biological monitoring of rivers in Thailand: Use and adaptation of the BMWP score. **Hydrobiologia.** 479: 191-229.
- Nijboer, R. C., P. F. M., Verdonschot. and D.C., Van Der Werf. 2005. The use of indicator taxa as representative of communities in bioassessment. **Freshwater. Biol.** 50: 1427-1440.
- Resh, V. H. 1995. **Freshwater benthic macroinvertebrates and rapid assessment procedures for water quality monitoring in developing and newly industrialized countries.** In Biological Assessment and Critaria: Tools for water resource planning and decision making (Ed. By Davis, W.S. and T.P., Simon), pp. 167-177. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Resh, V.H. and J.K., Jackson. 1993. **Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates**. In Rosenberg, D.M. and V.H., Resh (Eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, pp. 195-233. New York: Chapman and Hall.

Reynoldson, T.B., R.C., Bailey, K.E., Day. and R.H., Norris. 1995. Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. **Aust. J. Ecol.** 20:198-219.

Reynoldson, T.B., R.H., Norris, V.H., Resh, K.E., Day. and D.M., Rosenberg. 1997. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. **J. N. Am. Benthol. Soc.** 16: 833-852.

Rosenberg, D. M. and V. H., Resh. 1993. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. Chapman and Hall. Inc, New York.

Sa-artrit, P., F.W.H., Beamish. and C., Kongchaiya. 2007. **Biodiversity, Community Structure and Bioassessment of Water Quality** in Thong Pha Phum District, Western Thailand. BRT Research Reports 2007: Western Thong Pha Phum. Baimai, V. and R., Tanthalakha (eds.), pp. 69-85. Jirawat Express, Bangkok.

Sangpradub, N., Y., Inmuong, C., Hanjavanit. and U., Inmuong. 1996. **A correlation study between freshwater benthic macroinvertebrate fauna and environmental quality factor in Nampong Basin Thailand: a research report part 1**. Khon Kaen: Department of Biology, Faculty of science, Khon Kaen University.

Sangpradub, N., C., Inmuong. C., Hanjavanit. and U., Inmuong. 1998. **A correlation study between freshwater benthic macroinvertebrate fauna and environmental quality factors in Nam Pong Basin**. Research report submitted to Thailand Research Fund.

- Sangpradub, N., and B., Boonsoong. 2006. **Identification of freshwater invertebrates of the mekong river and tributaries.** Vientiane: Mekong River Commission.
- Silalom, S. 2008. **Development of a rapid biological assessment protocol for water quality in the upper sub-watershed of the ping river as applied to tropical lotic ecosystems.** PhD. Thesis, Chiang Mai University. Thailand.
- Simpson, J. C. and R. H., Norris. 2000. Biological assessment of river quality: development of AUSRIVAS models and outputs. pp. 125–142 in J. F. Wright, D. W., Sutcliffe. and M. T., Furse (editors). **Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques.** Freshwater Biological Association, Ambleside, UK.
- Springe, G., L., Sandin, A., Briede. and A., Skuja. 2006. Biological quality metrics: their variability and appropriate scale for assessing streams. **Hydrobiologia.** 566: 153-172
- Suwanrat, P. 1996. **Qualitative Survey of Macroinvertebrates in Running Waters to Test Rapid Bioassessment Techniques for Water Quality.** M.S. Thesis. Chiang Mai University.
- Taowu, M., H., Qinghui, W., Hai, W., Zijian, W., Chunxia. and H., Shengbiao. 2008. Selection of benthic macroinvertebrate-based multimetrics and preliminary establishment of biocriteria for the bioassessment of the water quality of Taihu Lake, China. **Acta Ecologica Sinica** 28 (3): 1192-1200.
- Tetra Tech, Inc. 2000. **Ecological Data Application System (EDAS): A User's Manual.** Prepared by Tetra Tech, Inc., Owings Mills, Maryland.

Thorne, R. and P., Williams. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. **Freshwater. Biol.** 37: 671-686.

United States Environmental Protection Agency. 2010. **Aquatic Life Use Support (ALUS)**. Available Source: <http://www.epa.gov/waterscience/biocriteria/alus/ref2.html>, April 17,2010.

Vesna, P. and U., Gorazd. 2009. Effect of fixed-fraction subsampling on macroinvertebrate bioassessment of rivers. **Environ. Monit. Assess.** doi: 10. 1007/s10661-009-1161-9.

Wright, J. F. 1995. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna of flowing waters. **Aust. J. Ecol.** 20: 181–197.

Yates, A. G. and R. C., Bailey. 2009. Selecting objectively defined reference site for stream bioassessment programs. **Environ. Monit. Assess.** doi: 10. 1007/s10661-009-1221-1.



ภาคผนวก ก

วิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมี

โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2000

การวิเคราะห์ค่าความขุ่นของน้ำ (0 to 4400 FAU)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำ โดยกดหมายเลข 750 แล้วจึงกดตกลง หน้าจอจะแสดงค่าช่วงคลื่นแสง 450 nm
2. หมุนปุ่มปรับคลื่นแสงให้อยู่ที่คลื่นแสง 450 nm
3. ใส่น้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) ที่ใช้เป็น blank ลงในหลอดปริมาณ 25 ml เพื่อเป็นตัวทดสอบ
4. นำหลอดน้ำที่ปราศจากไอออนที่ใช้เป็น blank ใสลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
5. กดปุ่ม ZERO หน้าจอจะแสดง: Zeroing.... จากนั้นจะปรากฏ: 0 FAU TURBIDITY
6. นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบใสลงในหลอดปริมาณ 25 ml จากนั้นใสลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
7. กดปุ่ม: READ หน้าจอเครื่องจะแสดง: Reading.... จากนั้นจะปรากฏผลของค่าที่ตรวจวัดได้มีหน่วยเป็น FAU

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว แต่สามารถเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้ 48 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ (0 to 750 mg/L)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ โดยกดหมายเลข 630 แล้วจึงกดปุ่มตกลง หน้าจอจะแสดงค่าช่วงคลื่นแสง 810 nm
2. หมุนปุ่มปรับคลื่นแสงให้อยู่ที่คลื่นแสง 810 nm เมื่อเลือกคลื่นแสงแล้ว หน้าจอจะแสดง: Zero Sample จากนั้นจะปรากฏ: mg/L SUSPSOLIDS
3. นำตัวอย่างใส่ในขวดปริมาตร 500 ml จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 นาที
4. จากนั้นนำตัวอย่างใส่ในขวดปริมาตร 600 ml
5. ใส่สารตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ปริมาณ 25 ml ใส่ลงในหลอด
6. ใส่น้ำที่ปราศจากไอออนที่ใช้เป็น blank ลงในหลอดปริมาณ 25 ml เพื่อเป็นตัวทดสอบ
7. นำหลอดที่เป็น blank ใส่ลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
8. กดปุ่ม: ZERO หน้าจอจะปรากฏ: Zeroing... จากนั้นจะปรากฏ: 0.mg/L SUSPSOLIDS
9. หมุนหลอดสารตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดค่า จนสังเกตได้ว่าภายในหลอดไม่มีฟองอากาศแล้ว
10. นำหลอดสารตัวอย่างที่จะทำการตรวจวัดค่าใส่ลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
11. กดปุ่ม: READ หน้าจอจะแสดง: Reading... จากนั้นจะปรากฏ: ค่าของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ โดยมีหน่วยเป็น mg/L

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว แต่สามารถเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้ 7 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมา วิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าไนเตรต (0 to 4.5 mg/L NO₃⁻-N)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าไนเตรต ไนโตรเจน (NO₃⁻-N) โดยกดหมายเลข 353 แล้ว จึงกดปุ่มตกลง หน้าจอจะแสดงค่าช่วงคลื่นแสง 400 nm
2. หมุนปุ่มปรับคลื่นแสงให้อยู่ที่คลื่นแสง 400 nm เมื่อเลือกคลื่นแสงแล้ว หน้าจอจะแสดง: Zero Sample จากนั้นจะปรากฏ: mg/L NO₃⁻-N MR
3. ใส่สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ลงในหลอดปริมาณ 25 ml
4. ใส่น้ำที่ปราศจากไอออนที่ใช้เป็น blank ลงในหลอดปริมาณ 25 ml เพื่อเป็นตัวทดสอบ
5. ใส่ Nitra Ver 5 ในรูปผง ลงในแต่ละหลอด
6. กดปุ่ม: SHIFT TIMER เครื่องจะจับเวลา 1 นาที ในการเขย่าผสมสารภายในหลอดให้เข้ากัน เมื่อหมดเวลาเครื่องจะส่งเสียงเตือน
7. เมื่อสัญญาณเตือนดังให้กดปุ่ม: SHIFT TIMER เครื่องจะจับเวลาอีก 5 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาของสาร
8. เมื่อสัญญาณเตือนดังขึ้น หน้าจอจะปรากฏ mg/L NO₃⁻-N MR ให้ใส่หลอดที่เป็น blank ลงในเครื่อง จากนั้นจึงปิดฝาเครื่อง
9. กดปุ่ม: ZERO หน้าจอจะปรากฏ: Zeroing... จากนั้นจะปรากฏ: 0.0 mg/L NO₃⁻-N MR
10. ใส่หลอดตัวอย่างลงในเครื่อง จากนั้นจึงปิดฝาเครื่อง
11. กดปุ่ม: READ หน้าจอจะปรากฏ: Reading... จากนั้นจะปรากฏ: ค่าไนเตรต แสดงหน่วยเป็น mg/L

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว แต่สามารถเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้ 24-48 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าออร์โธฟอสเฟต (0 to 2.5 mg/L PO₄³⁻)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าฟอสฟอรัส โดยกดหมายเลข 490 แล้วจึงกดปุ่มตกลง หน้าจอจะแสดงค่าช่วงคลื่นแสง 890 nm
2. หมุนปุ่มปรับคลื่นแสงให้อยู่ที่คลื่นแสง 890 nm เมื่อเลือกคลื่นแสงแล้ว หน้าจอจะแสดง: Zero Sample จากนั้นจะปรากฏ: mg/L PO₄³⁻ PV
3. นำสารตัวอย่างใส่ลงในหลอดปริมาณ 10 ml
4. จากนั้นใส่ PhosVer3 ซึ่งอยู่ในรูปผงลงในหลอด แล้วเขย่าให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5. กดปุ่ม: SHIFT TIMER เครื่องจะจับเวลาอีก 5 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาของสาร
6. ใส่น้ำที่ปราศจากไอออนที่เป็น blank ปริมาณ 10 ml ลงในหลอด
7. เมื่อสัญญาณเตือนดัง หน้าจอจะปรากฏ: mg/L PO₄³⁻ PV ใส่หลอดที่เป็น blank ลงในเครื่อง จากนั้นปิดฝาเครื่อง
8. กดปุ่ม: ZERO หน้าจอจะปรากฏ: Zeroing... จากนั้นจะปรากฏ: 0.0 mg/L PO₄³⁻ PV
9. ใส่สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ลงในเครื่อง แล้วปิดฝาเครื่อง
10. กดปุ่ม: READ หน้าจอจะปรากฏ: Reading... จากนั้นจะปรากฏ: ค่าของออร์โธฟอสเฟต โดยมีหน่วยเป็น mg/L

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว แต่สามารถเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้ 48 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์

ภาคผนวก ข

HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—HIGH GRADIENT STREAMS (FRONT)

STREAM NAME	LOCATION	
STATION # _____ RIVERMILE _____	STREAM CLASS	
LAT _____ LONG _____	RIVER BASIN	
STORET #	AGENCY	
INVESTIGATORS		
FORM COMPLETED BY	DATE _____ TIME _____ AM PM	REASON FOR SURVEY

Habitat Parameter	Condition Category			
	Optimal	Suboptimal	Marginal	Poor
1. Epifaunal Substrate/ Available Cover	Greater than 70% of substrate favorable for epifaunal colonization and fish cover; mix of snags, submerged logs, undercut banks, cobble or other stable habitat and at stage to allow full colonization potential (i.e., logs/snags that are <u>not</u> new fall and not transient).	40-70% mix of stable habitat; well-suited for full colonization potential; adequate habitat for maintenance of populations; presence of additional substrate in the form of newfall, but not yet prepared for colonization (may rate at high end of scale).	20-40% mix of stable habitat; habitat availability less than desirable; substrate frequently disturbed or removed.	Less than 20% stable habitat; lack of habitat is obvious; substrate unstable or lacking.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
2. Embeddedness	Gravel, cobble, and boulder particles are 0-25% surrounded by fine sediment. Layering of cobble provides diversity of niche space.	Gravel, cobble, and boulder particles are 25-50% surrounded by fine sediment.	Gravel, cobble, and boulder particles are 50-75% surrounded by fine sediment.	Gravel, cobble, and boulder particles are more than 75% surrounded by fine sediment.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
3. Velocity/Depth Regime	All four velocity/depth regimes present (slow-deep, slow-shallow, fast-deep, fast-shallow). (Slow is < 0.3 m/s, deep is > 0.5 m.)	Only 3 of the 4 regimes present (if fast-shallow is missing, score lower than if missing other regimes).	Only 2 of the 4 habitat regimes present (if fast-shallow or slow-shallow are missing, score low).	Dominated by 1 velocity/depth regime (usually slow-deep).
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
4. Sediment Deposition	Little or no enlargement of islands or point bars and less than 5% of the bottom affected by sediment deposition.	Some new increase in bar formation, mostly from gravel, sand or fine sediment; 5-30% of the bottom affected; slight deposition in pools.	Moderate deposition of new gravel, sand or fine sediment on old and new bars; 30-50% of the bottom affected; sediment deposits at obstructions, constrictions, and bends; moderate deposition of pools prevalent.	Heavy deposits of fine material, increased bar development; more than 50% of the bottom changing frequently; pools almost absent due to substantial sediment deposition.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
5. Channel Flow Status	Water reaches base of both lower banks, and minimal amount of channel substrate is exposed.	Water fills >75% of the available channel; or <25% of channel substrate is exposed.	Water fills 25-75% of the available channel, and/or riffle substrates are mostly exposed.	Very little water in channel and mostly present as standing pools.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

Parameters to be evaluated in sampling reach

HABITAT ASSESSMENT FIELD DATA SHEET—HIGH GRADIENT STREAMS (BACK)

Habitat Parameter	Condition Category			
	Optimal	Suboptimal	Marginal	Poor
6. Channel Alteration	Channelization or dredging absent or minimal; stream with normal pattern.	Some channelization present, usually in areas of bridge abutments; evidence of past channelization, i.e., dredging, (greater than past 20 yr) may be present, but recent channelization is not present.	Channelization may be extensive; embankments or shoring structures present on both banks; and 40 to 80% of stream reach channelized and disrupted.	Banks shored with gabion or cement; over 80% of the stream reach channelized and disrupted. Instream habitat greatly altered or removed entirely.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
7. Frequency of Riffles (or bends)	Occurrence of riffles relatively frequent; ratio of distance between riffles divided by width of the stream <7:1 (generally 5 to 7); variety of habitat is key. In streams where riffles are continuous, placement of boulders or other large, natural obstruction is important.	Occurrence of riffles infrequent; distance between riffles divided by the width of the stream is between 7 to 15.	Occasional riffle or bend; bottom contours provide some habitat; distance between riffles divided by the width of the stream is between 15 to 25.	Generally all flat water or shallow riffles; poor habitat; distance between riffles divided by the width of the stream is a ratio of >25.
SCORE	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
8. Bank Stability (score each bank)	Banks stable; evidence of erosion or bank failure absent or minimal; little potential for future problems. <5% of bank affected.	Moderately stable; infrequent, small areas of erosion mostly healed over. 5-30% of bank in reach has areas of erosion.	Moderately unstable; 30-60% of bank in reach has areas of erosion; high erosion potential during floods.	Unstable; many eroded areas; "raw" areas frequent along straight sections and bends; obvious bank sloughing; 60-100% of bank has erosional scars.
Note: determine left or right side by facing downstream.				
SCORE __ (LB)	Left Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
SCORE __ (RB)	Right Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
9. Vegetative Protection (score each bank)	More than 90% of the streambank surfaces and immediate riparian zone covered by native vegetation, including trees, understory shrubs, or nonwoody macrophytes; vegetative disruption through grazing or mowing minimal or not evident; almost all plants allowed to grow naturally.	70-90% of the streambank surfaces covered by native vegetation, but one class of plants is not well-represented; disruption evident but not affecting full plant growth potential to any great extent; more than one-half of the potential plant stubble height remaining.	50-70% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption obvious; patches of bare soil or closely cropped vegetation common; less than one-half of the potential plant stubble height remaining.	Less than 50% of the streambank surfaces covered by vegetation; disruption of streambank vegetation is very high; vegetation has been removed to 5 centimeters or less in average stubble height.
SCORE __ (LB)	Left Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
SCORE __ (RB)	Right Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
10. Riparian Vegetative Zone Width (score each bank riparian zone)	Width of riparian zone >18 meters; human activities (i.e., parking lots, roadbeds, clear-cuts, lawns, or crops) have not impacted zone.	Width of riparian zone 12-18 meters; human activities have impacted zone only minimally.	Width of riparian zone 6-12 meters; human activities have impacted zone a great deal.	Width of riparian zone <6 meters; little or no riparian vegetation due to human activities.
SCORE __ (LB)	Left Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0
SCORE __ (RB)	Right Bank 10 9	8 7 6	5 4 3	2 1 0

Parameters to be evaluated broader than sampling reach

Total Score _____

 ที่มา: Barbour *et al.* (1999)

ภาคผนวก ค



O. Coleoptera
F. Psephenidae



O. Diptera
F. Tipulidae
Antocha sp.



O. Diptera
F. Tabanidae



O. Ephemeroptera
F. Potamanthidae
Rhoenanthus (Potamanthindus) obscurus



O. Gastopoda
F. Thiaridae



O. Hemiptera
F. Naucoridae
Naucoris cheirochela

ภาพผนวกที่ 1 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบเด่นในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก



O. Lepidoptera
F. Crambidae
Elophila sp.



O. Odonata
F. Libellulidae



O. Trichoptera
F. Goeridae
Goera sp.



O. Trichoptera
F. Helicopsychidae
Helicopsyche sp.



O. Trichoptera
F. Calamoceratidae
Ganonema sp.

ภาพผนวกที่ ๑ (ต่อ)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวพรพร โยธาวงษ์
เกิดวันที่	12 พฤศจิกายน 2527
สถานที่เกิด	อำเภอพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2548
ประวัติการทำงาน	ปี 2548
	เครือเจริญโภคภัณฑ์อีสาน ตำแหน่งสัตวบาลโรงฟัก