



ใบรับรองวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา)

ปริญญา

ชีววิทยา

สัตววิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน
ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Phachi Headwater Streams
at Suanphung District, Ratchaburi Province

นามผู้วิจัย นางสาวนพเกตุ มะอนันต์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเสถียร บุญสูง, ประ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มณจันทร์ เมฆธน, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสันทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน
ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Phachi Headwater Streams
at Suanphung District, Ratchaburi Province

โดย

นางสาวนพเกตุ มะอนันต์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา)

พ.ศ. 2557

นพเกตุ มะอนันต์ 2557: การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มี
กระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา) สาขาชีววิทยา ภาควิชาสัตววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเสถียร บุญสูง, ประ.ศ. 92 หน้า

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วย
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ทำการเก็บ
ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยใช้สวิงรูปตัว D ด้วยวิธีการมาตรฐานของ RBPs
จากแหล่งอาศัยหลายแบบทั้งหมด 8 สถานี ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2555) และฤดูร้อน
(มีนาคม 2556) ควบคู่กับการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ รวมทั้ง
บันทึกลักษณะและประเมินแหล่งอาศัย พบว่าความหลากหลายชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
หน้าดิน ทั้งหมด 3 คลาส 13 อันดับ 60 วงศ์ 51 สกุล 85 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ
ทดสอบคะแนนดัชนีชีวภาพในระดับสกุล โดยใช้ 9 ตัวแปรทางชีวภาพ และทดสอบคะแนน
ดัชนีชีวภาพในระดับวงศ์ โดยใช้ 7 ตัวแปรทางชีวภาพ พบว่าคุณภาพน้ำที่ได้จากการประเมินใน
ระดับวงศ์และระดับสกุลของดัชนีชีวภาพ อยู่ในระดับแยจนถึงพอใช้ ผลการวิเคราะห์สถิติ
หลายตัวแปรมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว โดยความแตกต่างของ
ค่าที่ได้ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างเป็นผลเนื่องมาจากการใช้พื้นที่ และฤดูกาล

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Noppakate Maanan 2014: Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Phachi Headwater Streams at Suanphung District, Ratchaburi Province. Master of Science (Biology), Major Field: Biology, Department of Zoology. Thesis Advisor: Assistant Professor Boonsatien Boonsoong, Ph.D. 92 pages.

The study was aimed to assessed rapid bioassessment with benthic macroinvertebrates at the Phachi Headwater Streams, Suanphung District, Ratchaburi Province. Benthic macroinvertebrates were collected by D-frame net from Rapid Bioassessment Protocol (RBPs) at 8 study sites during cold season (November 2013) and hot season (May 2014). Selected physical-chemical parameters for water quality and visual-base habitat assessment were assessed. Three classes, 13 orders, 60 families, 51 genus and 85 taxa of macroinvertebrates were found from all study sites. Aquatic insect was the most abundant taxa. Nine and 7 core biological metrics were used to calculate a biotic index score in genus level and family level, respectively. The results showed that narrative biological assessments were ranged from poor to fair in both genus and family levels. Multivariate analysis results corresponded to multimetric approach which depended on land use and seasonal variation of sampling site.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์จากการสนับสนุนและช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. บุญเสฐียร บุญสูง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างมากสำหรับการถ่ายทอดความรู้ แนวคิด ให้คำปรึกษาในการวางแผนการวิจัย รวมทั้งการให้คำแนะนำในการเขียน การตรวจและการแก้ไข จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ถูกต้องสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วสกร บัลลังก์โพธิ์ ประธานกรรมการ และ ดร.สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่สละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย กรุณาตรวจทาน ให้ข้อเสนอแนะ สำหรับการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณนางสาวจาริษา สุขศรี นายดำรง วิเชียร และนางสาวพรพร โยธาวงษ์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาสัตววิทยา สำหรับคำปรึกษา และกำลังใจที่ดีเยี่ยมในตลอดเวลา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดอันเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแก่บิดามารดาที่คอยอบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ สนับสนุน ให้โอกาสในการศึกษา และทุกๆ เรื่อง เพื่อลูกคนนี้ ตลอดจนผู้มีพระคุณท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ สำหรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นพเกตุ มะอนันต์

ตุลาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	12
อุปกรณ์	12
วิธีการ	13
ผลและวิจารณ์	38
ผล	38
วิจารณ์	66
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก วิธีตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมี	81
ภาคผนวก ข ใบบันทึกข้อมูลแหล่งอาศัย	85
ภาคผนวก ค ภาพสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบเด่นในลำธารต้นน้ำภาชี	88
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่างในลำธารต้นน้ำภาชีทั้ง 8 สถานี ครอบคลุมเขต อำเภอ สวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	19
2	ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ในฤดูหนาว	36
3	ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ในฤดูร้อน	37
4	การแปลผลทางชีวภาพและคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ที่ใช้ในการ การแปลผล ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	37
5	ค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละ สถานีในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 1 (พฤศจิกายน 2555)	43
6	ค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละ สถานีในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 2 (มีนาคม 2556)	44
7	ตารางคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง	46
8	ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)	48
9	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพ(DRQ1 index score) ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)	49
10	ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)	50
11	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)	51
12	ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ถึงระดับวงศ์ ในฤดูหนาว	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์ ในฤดูร้อน	53
14	การแปรผลทางชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์และคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ที่ใช้ในการแปรผล ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	54
15	ค่าตัวแปรชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)	54
16	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)	55
17	ค่าตัวแปรชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)	55
18	คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวถึงระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)	56
19	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบในลำธารต้นน้ำภาชี ทั้ง 2 ครั้ง ที่เก็บตัวอย่าง	57
ภาคผนวกที่		
ข1	ใบบันทึกข้อมูลแหล่งอาศัย	85

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	16
2	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (องศาเซลเซียส) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	17
3	แผนที่ตั้งลำธารและสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี	20
4	แก่งส้มแมว (P01)	23
5	ห้วยคอกหมู (P02)	23
6	น้ำตกบ่อหวี (P03)	24
7	บ่อหวีวีรสิทธิ์ (P04)	24
8	ห้วยบ่อคลึง (P05)	27
9	ห้วยผาก (P06)	27
10	ลำธารข้างสี่สวอลเลย์ (P07)	28
11	ลำธารข้างพิพิธภัณฑสถานวิทย (P08)	28
12	การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยวิธีการ kick-net	33
13	ถาดลุ่มตัวอย่างขนาด 30x36 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งตารางออกเป็น ช่องละ 6x6 เซนติเมตร	34
14	การลุ่มตัวอย่างด้วย grid ขนาด 6x6 เซนติเมตร	34
15	เดนโดรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 2 ครั้ง	42
16	เดนโดรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ข้อมูลพบ/ไม่พบ	64
17	ผลการจัดอันดับชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน NMS (Non-Multidimensional Scaling) ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เปรียบเทียบกับต้นน้ำเลย ต้นน้ำชี และต้นน้ำใกล้เคียง	65
ภาคผนวกที่		
ก1	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบเด่นในลำธารต้นน้ำภาชี	88

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

Rapid Bioassessment with Benthic Macroinvertebrates for Phachi Headwater Streams at Suanphung District, Ratchaburi Province

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งระบบนิเวศน้ำจืดเป็นแหล่งรองรับน้ำและธาตุอาหารจากแผ่นดินไปสู่ทะเลและยังสนับสนุนความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในชุมชนต่างๆ ด้วย นอกเหนือจากความสามารถในการเป็นแหล่งอุปโภคบริโภคของมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์อันสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของชุมชน การเกษตรและอุตสาหกรรม ทำให้แหล่งน้ำจืดได้รับการคุกคามอย่างหนัก ทั้งด้านคุณภาพที่เสื่อมโทรมลงและปริมาณที่ลดลง ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ในปัจจุบันและจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต (UNEP, 2008)

คุณภาพของแหล่งน้ำมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้นๆ และระบบนิเวศอื่น ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งความเป็นอยู่ของมนุษย์ด้วย คุณภาพของแหล่งน้ำที่เราใช้อยู่มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของเรา และเราในฐานะที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ควรต้องทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำและต้องมีวิธีการดูแลแหล่งน้ำให้มีความสะอาดปราศจากมลพิษ เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การประเมินคุณภาพน้ำมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์ทางเคมี การทดสอบความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และการใช้สิ่งมีชีวิตทั้งในน้ำและบนบกในการประเมิน เป็นต้น ซึ่งแหล่งกำเนิดมลพิษและแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนที่ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพในภูมิภาคต่างๆ โดยส่วนมากแล้วเกิดจากสารมลพิษทางการเกษตร และแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากประเทศไทยยังขาดเทคนิคในการประเมินและติดตามสถานะการปนเปื้อนจากสาเหตุเหล่านี้ จึงทำให้ยากต่อการตรวจสอบ ควบคุม และบริหารจัดการคุณภาพน้ำ

วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำของประเทศไทยนั้นยังคงเน้นการตรวจสอบทางกายภาพและเคมีเป็นหลัก ส่วนการตรวจสอบทางชีวภาพ จะใช้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) เท่านั้น ซึ่งวิธีนี้ไม่เพียงพอที่จะแก้ไขปัญหาได้ เนื่องจากการปนเปื้อนของสารมลพิษที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ชัดเจนอาจเกิดขึ้นเพียงช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจทำให้การแปลผลต่อสิ่งมีชีวิตเกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากมีผลกระทบร่วมจากการรบกวนแหล่งอาศัยที่เป็นปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความเร็วของกระแส น้ำ เป็นต้น เพื่อการดำรงชีวิตในแหล่งน้ำนั้นๆ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีความสามารถในการปรับตัวต่อระดับมลภาวะที่แตกต่างกัน เราจึงสามารถใช้สิ่งเหล่านั้นเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (bioindicator) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำ

ในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย นิยมใช้ข้อมูลการตรวจสอบทางชีวภาพมากกว่า เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี ทั้งนี้การตรวจสอบทางกายภาพและเคมีนั้นยังมีข้อจำกัด ซึ่งการตรวจวัดสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำและใช้หลักการสำรวจทางชีวภาพเรียกว่า การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (bioassessment) (Barbour *et al.*, 1999) สิ่งมีชีวิตที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (bioindicator) ได้แก่ แพลงก์ตอน โปรโทซัว สาหร่าย พืชน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ปลา เป็นต้น โดยตัวแปรทางชีวภาพหลักที่นิยมใช้มากคือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Bonada *et al.*, 2006) เนื่องจากมีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เคลื่อนที่ได้เล็กน้อย ใช้ชีวิตส่วนมากอยู่ในน้ำ โดยมีอายุประมาณ 1 ปี เป็นอาหารของสัตว์น้ำหลายชนิด มีความหลากหลาย มีการกระจายตัวกว้าง มีความไวต่อการถูกรบกวนของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป มีการฟื้นตัวช้า อีกทั้งสัตว์เหล่านี้ยังเป็นกลุ่มสัตว์ที่ได้รับการยอมรับว่า สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลร่วมกับการศึกษาด้านกายภาพและเคมี ในการแปลผลคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมได้

อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังขาดคู่มือ และวิธีการมาตรฐาน สำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในการช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการคุณภาพน้ำ (Boonsoong *et al.*, 2010) จากผลการวิจัยการประเมินและติดตามคุณภาพน้ำทางชีวภาพในประเทศไทย พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน มีศักยภาพในการใช้เป็นข้อมูลชีวภาพ เพื่อตรวจสอบสถานการณ์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำได้ (Thorne and Williams, 1997; Sangpradub *et al.*, 1998; Mustow, 2002; Boonsoong *et al.*, 2009, Boonsoong *et al.*, 2010)

ขั้นตอนการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ต้องได้รับการออกแบบและพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในพื้นที่นั้นๆ สำหรับในประเทศไทยได้มีการดัดแปลงและพัฒนากระบวนการให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับภูมิภาคเขตร้อน และจากการทดสอบและพัฒนากระบวนการได้แสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพน้ำในประเทศไทย แต่ยังคงต้องการข้อมูลการศึกษาเพิ่มเติมในภูมิภาคอื่นหรือระดับพื้นที่ที่กว้างออกไป (Boonsoong *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำในการประยุกต์ใช้ขั้นตอนการประเมินทางชีวภาพแบบเร็วและดัชนีชีวภาพในระดับกว้างหรือระดับประเทศ จึงยังคงต้องการข้อมูลการทดสอบในเขตลุ่มน้ำอื่นๆอีก

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการทดสอบการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการดำเนินการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในแหล่งน้ำนั้นๆ และเพื่อการจัดการและอนุรักษ์ความหลากหลายทางทรัพยากรชีวภาพในแหล่งน้ำของท้องถิ่นให้ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบวิธีการมาตรฐาน และคะแนนดัชนีชีวภาพ (biotic index score) สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
2. เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
3. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดทำรูปแบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในท้องถิ่นด้วยตนเอง

การตรวจเอกสาร

วิธีการประเมินทางชีวภาพแบบเร็ว (Rapid bioassessment) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณ ปี ค.ศ.1980 ใช้เพื่อติดตามทางชีวภาพที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและ ระยะเวลาในวิธีเชิงปริมาณ (Resh and Rosenberg, 1993) รวมทั้งยังเป็นการประเมินแหล่งอาศัย วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เป็นมาตรฐาน และสภาพสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ โดย อาศัยหลักการที่ว่าด้วยผลรวมของคุณภาพแหล่งอาศัย และคุณภาพน้ำเป็นตัวกำหนดสภาพสิ่งมีชีวิต ในชุมชน ได้รับการยอมรับจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S.EPA, <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/>) และได้จัดทำคู่มือและวิธีการประเมินคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพแบบเร็วในลำธาร (Rapid Bioassessment Protocols, RBPs) โดยใช้เพอร์ฟิตอน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และปลาเป็นดัชนีชีวภาพ (Barbour *et al.*, 1999) เพื่อเป็น มาตรฐานให้กับหน่วยงานที่ตรวจสอบคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่โดยมีการปรับปรุงเรื่อยมา ใน การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็ว กลุ่มสัตว์ที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ กลุ่มสัตว์ไม่มี กระดูกสันหลังหน้าดิน

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วมีระบบการประเมินที่แตกต่างกัน 2 แบบ ซึ่ง ทั้งสองระบบมีแนวคิดพื้นฐานที่เหมือนกันคือ สถานที่ทั้งสองแบบนี้มีลักษณะแหล่งอาศัย ลักษณะ ทางกายภาพคล้ายคลึงกัน (Resh *et al.*, 1995; Barbour *et al.*, 1996) สถานที่อ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ ที่ได้รับผลกระทบนั้นหาได้ยาก จึงต้องพยายามหาบริเวณที่ได้รับผลกระทบน้อยที่สุดแทน ในทางปฏิบัติจึงมักใช้ผลการศึกษาที่มีผู้ทำมาก่อนแล้วเป็นแนวทางในการที่จะหาบริเวณที่จะใช้ เป็นสถานที่อ้างอิง (Hughes, 1995; Omemik, 1995) โดยที่สภาพอ้างอิงอาจเป็นสถานที่จำเพาะเจาะจง (site specific) เช่น บริเวณต้นน้ำเปรียบเทียบกับบริเวณท้ายน้ำ (upstream vs downstream sites) หรือ เป็นบริเวณที่ไม่ถูกรบกวน (unimpaired sites) ซึ่งอยู่ในภูมิภาค และมีแหล่งอาศัยแบบเดียวกัน ตัวอย่างได้แก่ The River InVertebrate Prediction And Classification System (RIVPACS) ซึ่งเป็น ต้นแบบของระบบนี้และนิยมใช้ในกลุ่มประเทศสหราชอาณาจักรและประเทศในเครือจักรภพ Benthic Assessment of Sediment (BEAST) นิยมใช้ในประเทศแคนาดา The Australian River Assessment System (AusRivAS) และกระบวนการที่เพิ่งพัฒนาล่าสุด The Assessment by Nearest Neighbor Analysis (ANNA) โดย 2 ระบบหลังนี้นิยมใช้ในประเทศออสเตรเลีย (Linke *et al.*, 2005) ซึ่งการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วทั้ง 2 แบบ ได้แก่

1) การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate approach) เป็นวิธีการประเมินทำได้โดยเปรียบเทียบสภาพอ้างอิง หรือสถานีอ้างอิง กับสถานีทดสอบ (test sites) โดยใช้แบบจำลองทำนายชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่พบในสถานีสอดสอบเปรียบเทียบกับโครงสร้างชุมชนที่คาดหวังในบริเวณที่ไม่มีการรบกวนจากมลภาวะ หรือการเสื่อมโทรมของแหล่งอาศัย (Wright, 1995; Reynoldson *et al.*, 1997) เป็นวิธีการที่มีความแม่นยำสูงและสามารถใช้กับข้อมูลจำนวนมาก แต่อาจมีความซับซ้อนและเข้าใจยากสำหรับผู้ไม่ชำนาญ ซึ่งได้รับการพัฒนาและนิยมใช้มากในสหราชอาณาจักร แคนาดา และออสเตรเลีย (Wright, 1995)

2) การวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว (Multimetric approach) เป็นการประเมินระดับการถูกรบกวนของที่อยู่อาศัยร่วมกับการตอบสนองของชุมชนสิ่งมีชีวิต (Resh *et al.*, 1995) การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบนี้นั้น จะใช้ตัวแปรชีวภาพสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดที่ครอบคลุมลักษณะทางนิเวศวิทยา ได้แก่ จำนวนชนิด ความชุกชุม ลักษณะการได้มาของอาหาร ลักษณะนิสัย และดัชนีชีวภาพ เป็นต้น ตัวแปรชีวภาพเหล่านี้จะถูกประเมินเพื่อหาความซ้ำซ้อนและความผันแปรเพื่อคัดเลือกให้ได้ตัวแปรชีวภาพหลัก (core metric) เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาเกณฑ์และค่าคะแนนของดัชนีชีวภาพต่อไป (Barbour *et al.*, 1999) วิธีการนี้ได้รับความนิยมมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัวนั้น แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ซึ่งทำให้สะท้อนข้อมูลด้านนิเวศได้หลากหลายมิติขึ้น ได้แก่

2.1 การวัดความหลากหลายชนิด (richness measures) หมายถึงการวัดที่สะท้อนความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่พบในสถานที่นั้น โดยความหลากหลายที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับการรวบรวมตัวอย่าง การเลือกแหล่งอาศัย และแหล่งอาหาร ว่ามีเพียงพอต่อการอยู่อาศัยและขยายพันธุ์ ถ้ามีการรบกวนความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตคาดว่าจะลดลง ตัวอย่างเช่น จำนวนความหลากหลายชนิดที่พบ จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPT เป็นต้น

2.2 การวัดสัดส่วนสิ่งมีชีวิต (composition measures) หมายถึงการจำแนกชนิดของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของความหลากหลาย สัตว์กลุ่มเด่น โดยสัตว์กลุ่มเด่นนั้นเป็นลักษณะเฉพาะและมีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศ การวัดนี้บอกให้ทราบว่าในพื้นที่นั้นมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตอะไรบ้าง แต่ละกลุ่มมีจำนวนหรือสัดส่วนเป็นเท่าใด เมื่อเกิดการรบกวนสัดส่วนสิ่งมีชีวิตบางกลุ่มจะเปลี่ยนแปลง เช่น ลดลง ตัวอย่างเช่น สัดส่วนของชนิดเด่น ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม EPT เป็นต้น

2.3 การวัดความทน/ความไม่ทนต่อมลพิษ (tolerant/intolerant) หมายถึง ความสัมพันธ์ของสัตว์ที่มีต่อการถูกรบกวนในพื้นที่นั้น โดยกำหนดดัชนีความทนทานและความไวต่อมลพิษ ซึ่งสามารถกำหนดชนิดได้อย่างง่าย คือกลุ่มสัตว์ที่ทนทานต่อการถูกรบกวนจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่สัตว์ที่มีความทนทานน้อยกว่าหรือไม่ทนทานจะลดลง ตัวอย่างเช่น จำนวนของสัตว์กลุ่มที่ไวต่อการถูกรบกวน ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อการถูกรบกวน เป็นต้น

2.4 การวัดการได้มาซึ่งการกินอาหาร (functional feeding group measures) หมายถึง การปรับตัวให้ได้มาซึ่งอาหารทำให้เกิดพฤติกรรมการกินอาหารที่ต่างกันไป เช่น สัตว์กลุ่มกรองกิน กินเศษซากขนาดใหญ่ และกินอนุภาคขนาดเล็ก เป็นต้น ปกติสัดส่วนของแต่ละกลุ่มจะค่อนข้างคงที่ การเปลี่ยนแปลงสัดส่วน เช่น กลุ่มเด่นเปลี่ยนจากกลุ่มที่กินเศษซากขนาดใหญ่ไปเป็นกลุ่มขูดกิน สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศ และบ่งบอกถึงการปนเปื้อนของธาตุอาหาร ตัวอย่างเช่น ร้อยละของสัตว์กลุ่มที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ ร้อยละของสัตว์กลุ่มกรองกิน อนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็ก เป็นต้น

2.5 การวัดลักษณะนิสัย (habit measures) หมายถึงการปรับตัวด้านรูปร่างลักษณะและพฤติกรรมให้เหมาะสมกับแหล่งอาศัย เช่น การขุดรูอาศัย การเกาะพักตามก้อนหิน การสร้างฟองอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ เป็นต้น การวัดลักษณะนิสัยสามารถสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของพื้นอาศัย ความเร็วของกระแสน้ำ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ร้อยละของสัตว์ที่ขุดรูอาศัย ร้อยละของสัตว์ที่เกาะพัก เป็นต้น

ข้อดีของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว คือ ให้ผลการประเมินที่ครอบคลุมถึงผลกระทบแบบต่างๆ ได้มากกว่าการใช้เพียงดัชนีเดียว การใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพเพียงกลุ่มเดียวอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการแบ่งกลุ่มคุณภาพน้ำมากกว่าการใช้องค์ประกอบของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของถิ่นที่อยู่อาศัย ย่อยมาก (Nijboer *et al.*, 2005)

ปัจจุบันประเทศไทยยังขาดคู่มือและวิธีการมาตรฐานสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในการช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการคุณภาพน้ำ สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วสำหรับลำธารต้นน้ำในประเทศไทย พัฒนาขึ้นโดย (Boonsoong, 2007a) ซึ่งทำการตรวจสอบและติดตามคุณภาพของแหล่งน้ำในต้นน้ำแม่น้ำเลยและต้นน้ำใกล้เคียง จำนวน

20 สถานี ประกอบด้วยสถานีอ้างอิง 11 สถานี และสถานีทดสอบ 9 สถานี โดยทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี 11 ตัวแปร ร่วมกับการประเมินลักษณะทางกายภาพ และเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยวิธีการเก็บในแหล่งอาศัยหลายแบบ (Multihabitat approach) ตามคู่มือและวิธีการมาตรฐานขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (Rapid Bioassessment Protocols, RBPs) (Barbour *et al.*, 1999) จากผลการศึกษาพบว่า การสุ่มตัวอย่างสัตว์ 240-360 ตัวเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำชีวภาพแบบเร็วในลำธารของประเทศไทย การคัดเลือกตัวแปรชีวภาพหลายตัวและการพัฒนาคะแนนดัชนีชีวภาพ พบว่ามี 9 ตัวแปรชีวภาพหลักที่มีศักยภาพในการใช้ประเมินทางชีวภาพ ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera จำนวนชนิดของแมลงกลุ่ม EPTC (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera และ Coleoptera) ร้อยละของแมลงอันดับ Plecoptera ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ จากการจัดจำแนกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน พบว่าการจัดจำแนกสัตว์ระดับวงศ์ให้ผลการคัดเลือกสถานีอ้างอิง และระดับของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมคล้ายคลึงกับระดับสกุล การจำแนกระดับวงศ์อาจเพียงพอสำหรับการใช้ในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในลำธารของประเทศไทย

Sa-ardrit *et al.* (2007) ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารอำเภอทองผาภูมิ จำนวนทั้งหมด 33 สถานี ประกอบด้วยสถานีอ้างอิง 8 สถานี และสถานีทดสอบ 25 สถานี พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยดัชนีชีวภาพ และการวิเคราะห์หลายตัวแปรไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสถานีอ้างอิงและสถานีทดสอบได้อย่างชัดเจน ส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว พบว่าสถานีทดสอบส่วนใหญ่จัดเป็นสถานีที่ไม่ได้รับผลกระทบ (unimpaired) และได้รับผลกระทบปานกลาง (moderately impaired)

Boonsoong *et al.* (2007b) ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจาก 15 สถานี ในแต่ละฤดูกาล จากลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ โดยใช้ Surber sampler ในการเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดค่าทางกายภาพ-เคมีบางประการของน้ำ พบว่าค่าของน้ำที่วิเคราะห์ได้จากสถานีเก็บตัวอย่างโดยวิธี cluster แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) พื้นที่ที่เป็นป่าหรืออยู่ห่างไกลจากพื้นที่เกษตรกรรม 2) พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่สำหรับอยู่อาศัย ในกลุ่มหลังมีค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) สูง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของน้ำ และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ แบ่งได้

เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) พื้นที่ป่า 2) พื้นที่เกษตรกรรม และ 3) พื้นที่สำหรับอยู่อาศัย สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมนั้น จะมีค่าความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ไม่ทนทานต่อการถูกรบกวน (Ephemeroptera, Plecoptera และ Trichoptera) ที่ต่ำมาก แต่ร้อยละของความทนทานของหนอนแดง (Chironomidae) มีค่าสูงมาก ซึ่งการวิเคราะห์หลายตัวแปร แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

พรพร (2553) ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารห้วยเขย่ง และห้วยปากคอก อำเภอนาทม จังหวัดน่าน โดยเก็บตัวอย่างสัตว์ด้วยวิธีมาตรฐานของ U.S.EPA ทั้งหมด 8 สถานี และตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ บันทึกลักษณะ และประเมินแหล่งอาศัย ทดสอบคะแนนดัชนีชีวภาพโดยใช้ตัวแปรชีวภาพหลัก 9 ตัวแปร พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ในเขตเกษตรกรรมและแหล่งชุมชน ผลการวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว โดยสถานีที่มีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำสูง จะมีค่าคะแนนดัชนีชีวภาพต่ำกว่าสถานีอื่น สอดคล้องกับการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

ในต่างประเทศมีการศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ และการพัฒนาดัชนีชีวภาพหลายตัวค่อนข้างมาก เช่น Camargo *et al.* (2004) ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัวในการประเมินค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร บริเวณแหล่งน้ำขังในแม่น้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน บริเวณตอนกลางของประเทศสเปน โดยเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำและบริเวณท้ายน้ำ โดยการสร้างแหล่งอาศัยเทียม (stony riffles) ในแต่ละบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำขัง วิเคราะห์จาก 34 metric ครอบคลุม 5 กลุ่ม metric ได้แก่ ความหลากหลายชนิดและความชุกชุม (abundance and richness) ร้อยละของกลุ่มอนุกรมวิธาน (percentage of taxonomic groups) ร้อยละของกลุ่มการกินอาหาร (percentage of functional feeding groups) การวัดค่าสัตว์กลุ่มเด่น และความหลากหลาย (measures of dominance and diversity) และดัชนีชีวภาพ (biotic index) ผลของการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหาร ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$) และค่าของ metric แต่ละชนิด สรุปได้ว่า metric ข้างต้นอาจเหมาะสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ทางธาตุอาหารในแหล่งน้ำนี้ได้

Baptista *et al.* (2007) ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ในลำธาร Serra dos Órgãos ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศบราซิล ซึ่งได้รับผลกระทบจากการตัดไม้ทำลายป่าและน้ำเสียจากครัวเรือน มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาดัชนีชีวภาพด้วย metric หลายตัว Serra dos Órgãos (SOMI) โดยใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน เก็บข้อมูลจากสถานีอ้างอิง 12 สถานี และสถานีทดสอบ 7 สถานี วิเคราะห์ทั้งหมด 22 metric ซึ่งครอบคลุม 6 กลุ่ม metric ได้แก่ ร้อยละของแมลงอันดับ Diptera ร้อยละของแมลงอันดับ Coleoptera จำนวนวงศ์ จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPT (Ephemeroptera, Plecoptera และ Trichoptera) ดัชนี BMWP-CETEC และร้อยละของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ ในการประเมินพื้นที่ทดสอบ พบว่าดัชนีชีวภาพ SOMI มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการประยุกต์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการที่จะเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพใน Serra dos Órgãos ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศบราซิล

Lücke and Johnson (2009) ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยวิธีการวิเคราะห์ผลด้วยตัวแปรชีวภาพเดียว (single metric) การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว (multimetric) และการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate) โดยการเก็บข้อมูลจำนวน 21 สถานีทางตอนใต้ของประเทศสวีเดน พบว่าทั้งวิธี การวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัว และการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ เหมาะสำหรับการตรวจความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในลำธาร ดีกว่าวิธีการวิเคราะห์ผลด้วยตัวแปรชีวภาพเดียว โดยเฉพาะวิธีวิเคราะห์แบบ The multimetric DJ index และ The multivariate CA scores ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูง

Jun *et al.* (2012) ทำการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ เพื่อที่จะพัฒนาดัชนีชีวภาพด้วย metric หลายตัว (The Korean Benthic macroinvertebrate Index of Biological Integrity, KB-IBI) ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินแบบชีวภาพในลำธารของประเทศเกาหลีใต้ โดยที่สถานีอ้างอิงและสถานีที่ถูกรบกวนได้รับการตรวจสอบที่แน่นอนจากเกณฑ์ทางกายภาพและเคมี ซึ่งมี 8 metric ที่คัดเลือกมาจาก 34 metric ซึ่ง metric ที่เลือก ได้แก่ จำนวนความหลากหลาย (number of taxa) ร้อยละของแมลงอันดับ EPT (percent Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) individuals) ร้อยละของกลุ่มที่พบเด่น (percent of a dominant taxon) ร้อยละของความชุกชุมที่ไม่ใช่หนอนแดง (percent taxa abundance without Chironomidae) ดัชนีความหลากหลายของ Shannon (Shannon's diversity index) ร้อยละของสัตว์ที่กินอนุภาคสารอินทรีย์ขนาดใหญ่

(percent gatherer individuals) อัตราส่วนของสัตว์ที่กรองอนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็กและสัตว์ที่กินโดยการขูด (ratio of filterers and scrapers) และดัชนี The Korean saprobic (the Korean saprobic index) จากการศึกษาดัชนีชีวภาพ KB-IBI ในครั้งนี้ถือว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูแหล่งน้ำที่มีปัญหา และเป็นเครื่องมือติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในระยะยาว



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาภาคสนาม

- 1.1 สวิง D-net หน้ากว้าง 0.33 เมตร ขนาดตาข่าย 500 ไมโครเมตร
- 1.2 แอลกอฮอล์ 95%
- 1.3 เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ (YSI Model 5S6MPS)
- 1.4 เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ (GLOBAL WATER FLOW PROBE Model FP111)
- 1.5 อุปกรณ์จับบันทึก
- 1.6 เครื่องบอกพิกัด (GPS)
- 1.7 ปากคีบ (forceps)
- 1.8 รองเท้าบูท (hip boots)
- 1.9 เทอร์โมมิเตอร์
- 1.10 ตลับเมตร
- 1.11 ถุงพลาสติกใส
- 1.12 หนังสือ

2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

- 2.1 ถาดสุ่มตัวอย่างขนาด 30 X 36 เซนติเมตร
- 2.2 เครื่องกดนับจำนวน
- 2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder
- 2.4 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ
- 2.5 เครื่อง Spectrophotometer รุ่น Hach DR/2010

วิธีการ

1. พื้นที่ทำการวิจัย

1.1 ลักษณะทางกายภาพ

พื้นที่ที่ทำการศึกษาดังอยู่ที่อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นอำเภอทางภาคตะวันตกของประเทศไทย มีลักษณะเป็นพื้นที่สูงเพราะมีทิวเทือกเขาตะนาวศรีทอดตัวยาวทางทิศตะวันตกจรดชายแดนไทย-พม่า ตั้งอยู่ทิศตะวันตกของจังหวัดราชบุรี ห่างจากจังหวัด 53 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 1,073 ตารางกิโลเมตร (628,175 ไร่) มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่างๆ ดังนี้

- | | | |
|---------------|--------|--------------------------------------|
| - ทิศเหนือ | ติดกับ | อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี |
| - ทิศใต้ | ติดกับ | อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี |
| - ทิศตะวันออก | ติดกับ | อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี |
| - ทิศตะวันตก | ติดกับ | ตำบลบางคาญ อำเภอเมตตา จังหวัดทวาย |
- ประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมสหภาพพม่า

โดยพื้นที่อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำภาชี ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำแม่กลอง มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,527 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่เพาะปลูก 970.25 ตารางกิโลเมตร (วีระพล, 2548) มีแหล่งน้ำที่สำคัญ 3 สาย คือ แม่น้ำภาชี ไหลผ่านด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ลำห้วยบ่อห้วย และลำห้วยคอกหมู ซึ่งราษฎรในพื้นที่สามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำดังกล่าวเพื่อการเกษตรได้นอกจากนี้จากใช้น้ำฝนตามธรรมชาติ (อนุชิต และกุลวดี, 2545)

1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

บริเวณที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วยแนวเทือกเขาสูงทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งปกคลุมด้วยป่าไม้ติดต่อกันลงมาตั้งแต่จังหวัดกาญจนบุรีถึงเพชรบุรี เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งกั้นพรมแดนระหว่างไทยกับสหภาพพม่า ลักษณะภูมิประเทศแบบนี้ปกคลุมประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่ ในระหว่างเทือกเขาสูงมีที่ราบลุ่มเชิงเขาอันเกิดจากการกัดเซาะของสายน้ำลำธารต่างๆ มีการทับถมตัวของตะกอน ลักษณะของที่ราบค่อนข้างแคบ ส่วนพื้นที่ที่เหลือนี้อาจประมาณร้อยละ 20 ปรากฏอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา

และพื้นที่ราบอันเนื่องมาจากการผุพังทลายตัวของหินท้องที่ความสูงเฉลี่ย 60 เมตร (รพี, 2548)
พื้นที่ส่วนใหญ่แตกต่างกัน สามารถแบ่งได้เป็น

- พื้นที่ภูเขาสูง อยู่บริเวณชายแดนด้านตะวันตกติดกับประเทศพม่า และด้านใต้ติดกับจังหวัดเพชรบุรี มีสภาพเป็นเทือกเขาสูง อุดมไปด้วยป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าไผ่ ในระดับความสูง ตั้งแต่ 200-1,400 เมตร ในเขตอำเภอสวนผึ้ง อำเภอบ้านคา และด้านตะวันตกของอำเภอปากท่อ
- พื้นที่ราบสูง ได้แก่ บริเวณถัดจากเทือกเขาทางด้านตะวันออก และส่วนกลางของพื้นที่จังหวัด มีแม่น้ำภาชี และลำห้วยสาขา เป็นสายน้ำหลัก สภาพเนื้อดิน เป็นดินปนทราย มีการชะล้างพังทลายของหน้าดินค่อนข้างสูงถึงปานกลาง อยู่ในเขตอำเภอสวนผึ้ง อำเภอบ้านคา อำเภอจอมบึง และด้านตะวันตกของอำเภอปากท่อ อำเภอเมืองราชบุรี อำเภอโพธาราม และอำเภอบ้านโป่ง
- ที่ราบลุ่ม ได้แก่ บริเวณสองฝั่งแม่น้ำแม่กลอง และด้านตะวันออกของพื้นที่จังหวัด เนื้อดินเป็นดินร่วนและดินร่วนปนดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ มีระบบชลประทานแม่กลองที่เป็นระบบชลประทานขนาดใหญ่มากด้วย
- ที่ราบลุ่มต่ำ ได้แก่ ตอนปลายของแม่น้ำแม่กลองที่ติดต่อกับจังหวัดสมุทรสงคราม อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลกลางเพียง 1-2 เมตร ดินจะมีความสมบูรณ์ เหมาะแก่การทำสวนผักผลไม้

1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

บริเวณที่ทำการศึกษา ตั้งอยู่ในเขตที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่เนื่องจากมีเทือกเขาตะนาวศรีกั้นอยู่ จึงทำให้ได้รับลมมรสุมจากอินเดียไม่เต็มที่ โดยเฉพาะอำเภอที่ติดต่อกับเทือกเขาตะนาวศรี ได้แก่ อำเภอสวนผึ้ง อำเภอบ้านคา และอำเภอจอมบึง จึงมีปริมาณฝนตกน้อย และเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีฝนตกน้อยที่สุดในประเทศ ฝนส่วนใหญ่จะถูกพัดเลยไปตกในบริเวณแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำแควใหญ่ในจังหวัดกาญจนบุรี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000-1,250 มิลลิเมตรต่อปี โดยจะมีปริมาณฝนตกหนักในช่วงเดือนกันยายน ภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดราชบุรีไม่ร้อนจัดและหนาวจัด อุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำสุดประมาณ 20 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 37 องศาเซลเซียส (รพี, 2548)

1.4 สภาพพื้นที่ป่าไม้

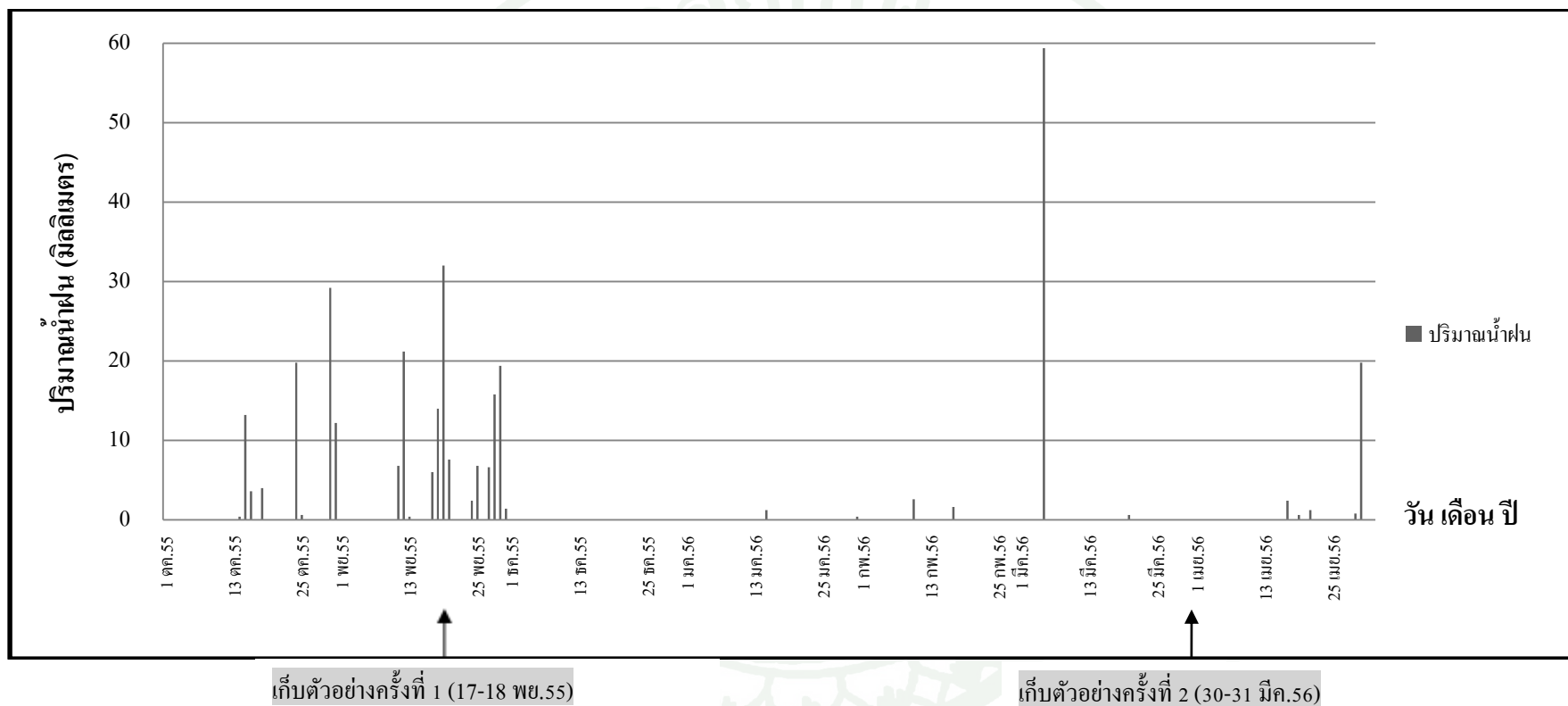
บริเวณที่ทำการศึกษามีส่วนใหญ่เป็นเขตชุมชน มีการใช้ประโยชน์ในการกสิกรรม การอุปโภคบริโภค ส่วนพื้นที่ป่าที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่ทำการศึกษา ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า แม่น้ำภาชี ซึ่งมีสภาพเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน ช่วงชั้นความสูงจากระดับน้ำทะเล ตั้งแต่ 200-1,062 เมตร ทำให้เกิดชนิดป่าหลายชนิดกระจายอยู่บนพื้นที่ที่มีความสูงต่างๆ กัน ประกอบด้วย ป่าประเภทต่างๆ คือ ป่าดิบชื้น (Evergreen Forest) ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ป่าเบญจพรรณ (Deciduous Forest) และป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest)

1.5 คุณภาพน้ำในแม่น้ำ

จากรายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคตะวันตกในปี พ.ศ.2553 ผลการติดตาม ตรวจสอบคุณภาพลุ่มน้ำแม่กลอง ประกอบด้วย แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำแควใหญ่ พบว่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำแม่กลองต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของ กรมควบคุมมลพิษ จัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 (เพื่อการเกษตร) โดยดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่เป็น ปัญหาสำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปริมาณความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียทั้งหมด (NH_3) ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยเกิน ค่ามาตรฐานค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ไหลผ่านชุมชนหนาแน่น (สำนักงาน สิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี), 2553)

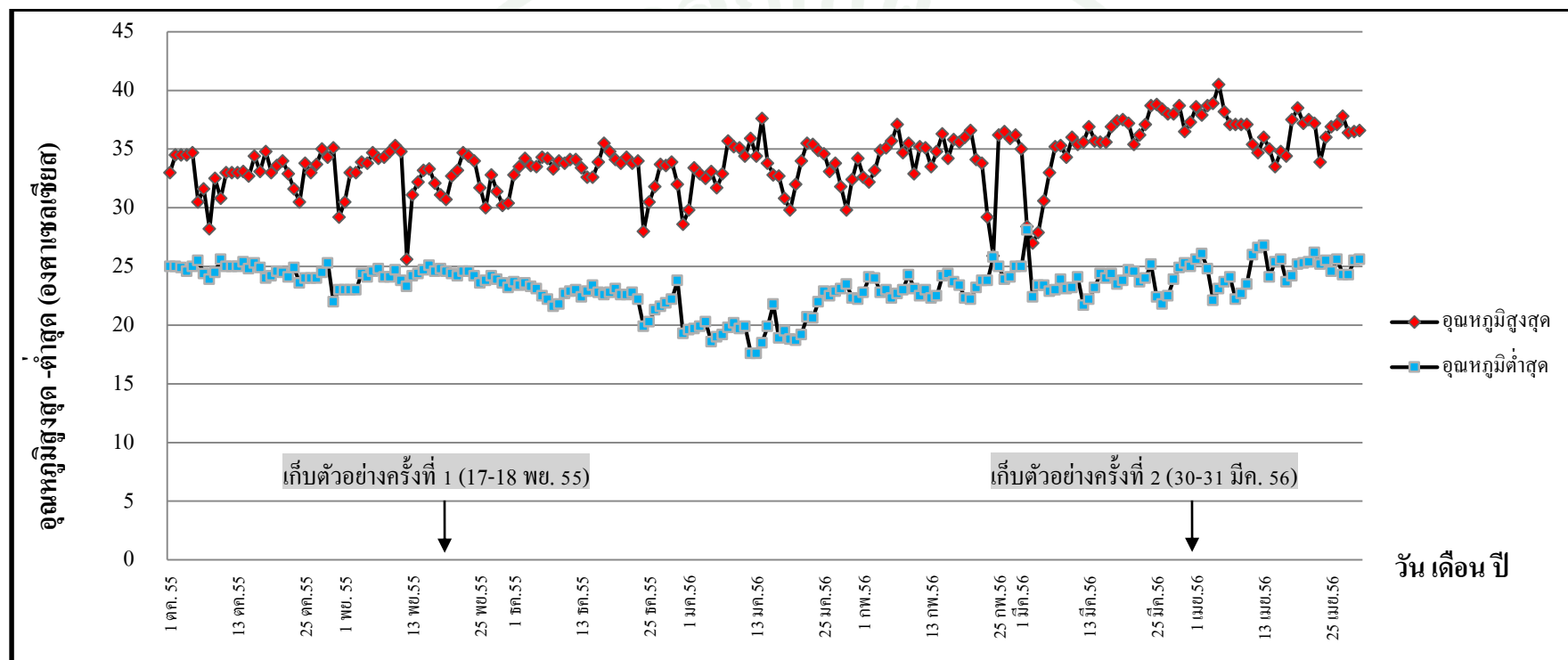
1.6 ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด

จากข้อมูลในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง จากฝ่ายอากาศประจำถิ่น กรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 มีปริมาณค่าน้ำฝน 140.4 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) อุณหภูมิอากาศ สูงสุด 35.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศต่ำสุด 23.00 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) และใน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 มีปริมาณค่าน้ำฝน 60.00 มิลลิเมตร และอุณหภูมิอากาศสูงสุด 38.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศต่ำสุด 21.7 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2557)



ภาพที่ 2 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (องศาเซลเซียส) รายวันในช่วงเก็บตัวอย่าง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2557)

1.7 ที่ตั้งของลำธาร

ลำธารที่ทำการศึกษา เป็นส่วนหนึ่งของลำธารต้นน้ำของแม่น้ำภาชี ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหนึ่งทางภาคตะวันตกของประเทศไทย มีกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรี ประกอบด้วยลำธารหลายสาย ในช่วงต้นน้ำมีความลาดชันสูง โดยจะไหลจากทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือประกอบด้วยลำธารหลายสาย ไหลผ่านเขตอำเภอสวนผึ้ง อำเภอบ้านคา และอำเภอจอมบึง แล้วไปบรรจบลำน้ำแควน้อยที่อำเภอเมืองกาญจนบุรี ความยาวเฉพาะที่อยู่ในเขตจังหวัดราชบุรี ประมาณ 80 กิโลเมตร มีน้ำไหลตลอดปี แม่น้ำสายนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ในการกสิกรรม การอุปโภคและบริโภค แก่ประชากรที่อาศัยอยู่สองฝั่งน้ำอย่างมาก แต่ไม่สามารถใช้เป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำได้เนื่องจากมีความคดเคี้ยวและท้องน้ำเต็มไปด้วยแก่งหิน (รพี, 2548) ระหว่างทางที่แม่น้ำภาไหลผ่านจะมีลำน้ำสาขา 24 สาย ไหลมาสมทบตลอด

1.8 พื้นอาศัยในลำธาร

ขนาดพื้นที่อาศัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินในลำธาร แบ่งได้ 6 แบบดังนี้ (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

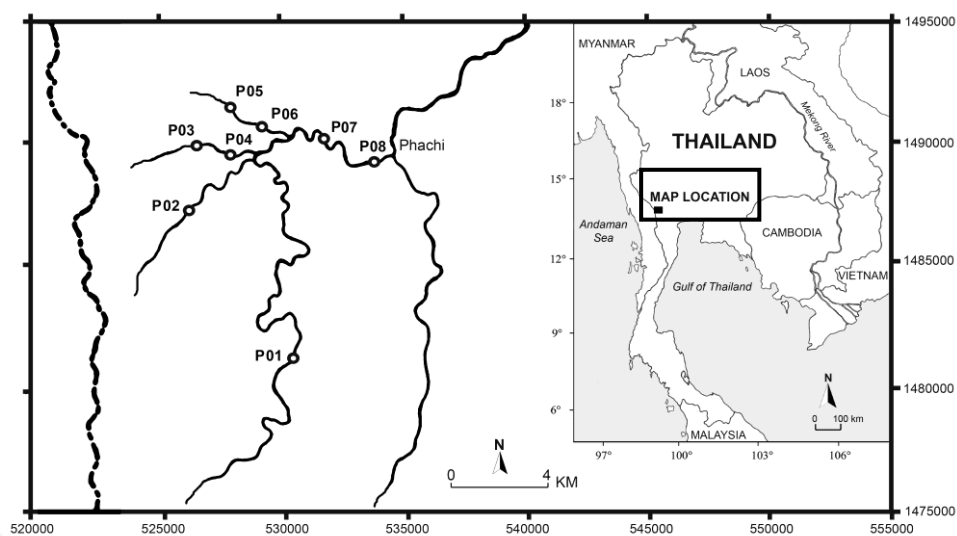
นอกจากนี้ยังมีพื้นที่อื่นๆ เช่น กิ่งไม้หรือซากไม้ (snag) และเศษใบไม้ (litter)

2. สถานที่ทำการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้มีการเก็บตัวอย่างทั้งหมดจาก 8 สถานี ดังตารางที่ 1 ครอบคลุมเขตอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งทางด้านสภาพแวดล้อมและลักษณะพื้นที่อาศัย (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างในลำธารต้นน้ำภาชีทั้ง 8 สถานี ครอบคลุมเขตอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ความสูงจากระดับ น้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	การใช้พื้นที่
P01	แก่งส้มแมว	195	ถูกรบกวนน้อย
P02	ห้วยคอกหมู	92	เกษตรกรรม
P03	น้ำตกบ่อหวี	190	ถูกรบกวนน้อย
P04	ห้วยบ่อหวี	206	ชุมชน
P05	ห้วยบ่อคลึง	186	ชุมชน
P06	ห้วยผาก	155	เกษตรกรรม
P07	ลำธารข้างสวิสวัลเลย์	133	ชุมชน
P08	ลำธารข้างพิพิธภัณฑสถานวิทย	138	ชุมชน



ภาพที่ 3 แผนที่ตั้งลำธารและสถานีเก็บตัวอย่าง 8 สถานี

2.1 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 แก่งส้มแมว (P01)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 24.372'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 16.792'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 195 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 9.60 เมตร ลึกเฉลี่ย 55 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 20 cobble ร้อยละ 30 pebble ร้อยละ 30 gravel ร้อยละ 10 sand ร้อยละ 5 silt ร้อยละ 5 โดยเป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ป่านานาชนิด มีทั้งสัตว์ป่า และลำธารมีแก่งหินขนาดใหญ่ชื่อ “แก่งส้มแมว” อยู่กลางลำน้ำภาษี ผังด้านหนึ่งของลำธารพบว่ามีการใช้เป็นทางเดิน และอีกด้านหนึ่งปกคลุมด้วยไม้ยืนต้น และมีกิจกรรมต่างๆของนักท่องเที่ยวในการใช้น้ำจากลำธารเพื่อการอุปโภคบริโภค (ภาพที่ 4)

2.2 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 ห้วยคอกหมู (P02)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 27.776'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 15.166'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 92 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 5.20 เมตร ลึกเฉลี่ย 23 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 40 cobble ร้อยละ 50 pebble ร้อยละ 10 ลำธารไหลผ่านบ้านเรือน จึงมีการใช้ประโยชน์จากลำธารในการอุปโภค บริโภค รวมถึงการปศุสัตว์ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ามี การสร้างเขื่อนกั้นน้ำในบริเวณท้ายน้ำ (ภาพที่ 5)

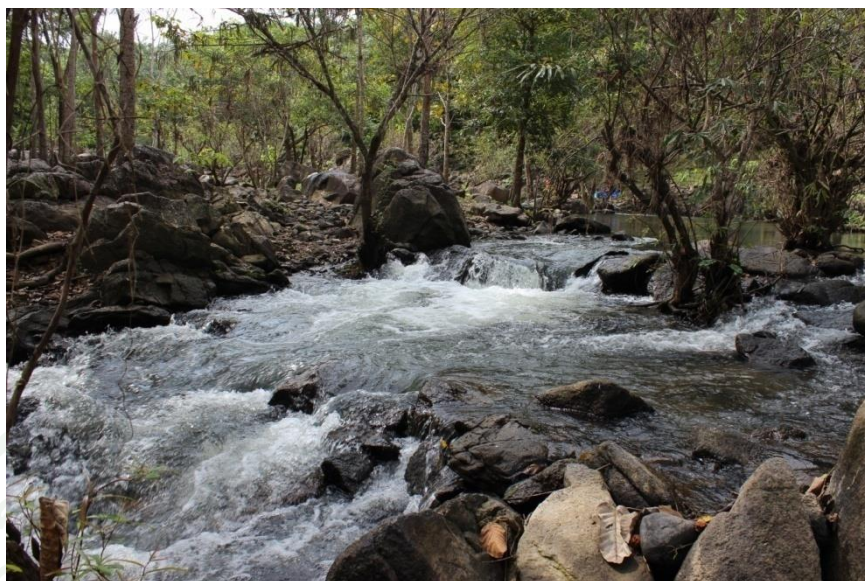
2.3 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 น้ำตกบ่อหวี (P03)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 28.579'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 14.511'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 190 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 5.48 เมตร ลึกเฉลี่ย 51.30 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย cobble ร้อยละ 30 pebble ร้อยละ 30 gravel ร้อยละ 20 sand ร้อยละ 10 snags ร้อยละ 10 บริเวณจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่โล่งบริเวณริมลำธารพบพืชพื้นล่าง คือ ต้นบอนสลับกับแนวหญ้า ทางฝั่งหนึ่งยังคงความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ ส่วนอีกฝั่งหนึ่งของลำธารเป็นหน้าผาของเทือกเขาตะนาวศรี (ภาพที่ 6)

2.4 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 ห้วยบ่อหวี (P04)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 28.680'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 14.918'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 206 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 6.80 เมตร ลึกเฉลี่ย 39.80 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 10 cobble ร้อยละ 30 pebble ร้อยละ 30 sand ร้อยละ 20 snags ร้อยละ 10 ลำธารไหลผ่านด้านหลังของรีสอร์ทและแหล่งชุมชน มีการใช้ประโยชน์จากลำธารในการอุปโภคบริโภค (ภาพที่ 7)





ภาพที่ 4 แก่งส้มแมว (P01)



ภาพที่ 5 หัวขอกหมู (P02)



ภาพที่ 6 น้ำตกบ่อหวี (P03)



ภาพที่ 7 ห้วยบ่อหวี (P04)

2.5 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 ห้วยบ่อคิ่ง (P05)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 31.456'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 14.656'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 186 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 6.50 เมตร ลึกเฉลี่ย 45.70 เซนติเมตร ในขณะเก็บตัวอย่างมีฝนตกลงมา พื้นลำธารประกอบด้วย cobble ร้อยละ 60 sand ร้อยละ 40 ลำธารไหลตัดผ่านแหล่งชุมชน พื้นที่รอบลำธารเป็นพื้นที่เปิดโล่งแสงส่องลงสู่ลำธารอย่างทั่วถึง บริเวณด้านข้างเป็นรีสอร์ทและร้านค้าแฟ (ภาพที่ 8)

2.6 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 6 ห้วยผาก (P06)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 30.343'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 15.690'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 155 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 10.84 เมตร ลึกเฉลี่ย 55.67 เซนติเมตร มีฝนตกลงมาก่อนเก็บตัวอย่าง พื้นลำธารประกอบด้วย boulder ร้อยละ 20 cobble ร้อยละ 40 pebble ร้อยละ 20 gravel ร้อยละ 10 sand ร้อยละ 10 มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคภายในครัวเรือน (ภาพที่ 9)

2.7 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 7 ลำธารข้างสวิสวัลเลย์ (P07)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 30.554'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 14.203'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 133 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 8.33 เมตร ลึกเฉลี่ย 16.33 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย cobble ร้อยละ 10 pebble ร้อยละ 50 gravel ร้อยละ 20 sand ร้อยละ 15 silt ร้อยละ 5 ลำธารไหลตัดผ่านพื้นที่ด้านข้างของสวิสวัลเลย์ อีกด้านหนึ่งของลำธารมีการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตร พื้นที่เปิดโล่งจึงมีแสงส่องลงสู่ลำธารอย่างทั่วถึง มีการสูบน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (ภาพที่ 10)

2.8 สถานีเก็บตัวอย่างที่ 8 ลำธารข้างพิพิธภัณฑภโวทัย (P08)

ตั้งอยู่บนเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 30.955'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 20.669'$ ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 138 เมตร ความกว้างของลำธารเฉลี่ย 10.17 เมตร ลึกเฉลี่ย 70.67 เซนติเมตร พื้นลำธารประกอบด้วย cobble ร้อยละ 90 pebble ร้อยละ 10 ด้านข้างของลำธารเป็นพื้นที่ของริสอร์ท ด้านบนของลำธารมีถนนลาดยางตัดผ่านและมีสะพานข้ามลำน้ำ อยู่ใกล้ที่พักตากอากาศส่วนบุคคลซึ่งลำธารตัดผ่าน แสงแดดส่องสู่ลำธารได้ค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พืชริมลำธารส่วนใหญ่เป็นวัชพืช ถัดจากจุดเก็บตัวอย่างไปทางทิศตะวันออกมีไม้ยืนต้นขึ้นเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 8 ห้วยบ่อคดถึง (P05)



ภาพที่ 9 ห้วยผาก (P06)



ภาพที่ 10 ลำธารข้างสวิสวัลเลย์ (P07)



ภาพที่ 11 ลำธารข้างพิพิธภัณฑ์วอทัย (P08)

3. วิธีเก็บตัวอย่าง

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการในลำธารต้นน้ำของแม่น้ำภาชี จำนวนทั้งหมด 8 สถานี จำนวน 2 ครั้ง ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2555) และฤดูร้อน (มีนาคม 2556) โดยเก็บตัวอย่างน้ำสถานีละ 3 ซ้ำ เพื่อนำมาทำการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ ได้แก่

- ความกว้างของลำธาร วัดด้วยตลับเมตร (เมตร)
- ความลึกของน้ำในลำธาร วัดด้วยไม้บรรทัด (เซนติเมตร)
- ความเร็วของกระแสน้ำ (เมตรต่อวินาที) ตรวจวัดโดยใช้เครื่อง GLOBAL

WATER FLOW PROBE Model FP111

- อุณหภูมิอากาศ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ตรวจวัดด้วยเครื่อง YSI Model 5S6MPS

- ปริมาณไนเตรต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความขุ่น (FAU) และปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ตรวจวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2010 ตามวิธีการดังกล่าว ก

3.2 การศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมและแหล่งอาศัย

ประเมินแหล่งอาศัยด้วยสายตา (visual-based habitat assessment) ตามวิธีการประเมินแหล่งอาศัยในลำธารพื้นที่สูง (Barbour *et al.*, 1999) โดยมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 0-20 บันทึกระยะคะแนนตามแบบประเมินแหล่งอาศัย ดังภาคผนวก ข เมื่อผู้ประเมินได้ให้คะแนนในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าคะแนนที่ได้มารวมกันเป็นค่าคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยของแต่ละสถานี ข้อมูลสภาพแวดล้อม และแหล่งอาศัยที่ทำการประเมิน ได้แก่

3.2.1 องค์ประกอบสิ่งปกคลุมภายในลำธาร (Epifaunal Substrate/ Available Cover)

ประเมินองค์ประกอบโดยรวมของวัสดุต่างๆที่อยู่ภายในลำธาร เช่น ขนาดของก้อนหิน พืชน้ำ พืชริมฝั่ง วัสดุที่ตกลงไปในน้ำ เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ ต้นไม้ เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งหลบอาศัยของสิ่งมีชีวิตต่างๆในน้ำ

3.2.2 สภาพวัสดุในท้องน้ำ (Embeddedness)

ประเมินวัสดุที่ปกคลุมพื้นท้องน้ำหรือจมอยู่ในน้ำ เช่น ก้อนหินขนาดใหญ่ ก้อนหินขนาดกลาง กรวด ทราย ดิน โคลน ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยย่อยและเพื่อการหลบซ่อนของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

3.2.3 ความเร็วและความลึก (Velocity/Depth Regime)

ความเร็วของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและแหล่งอาศัย เพราะแหล่งน้ำไหลจะมีการเติมออกซิเจนทำให้ออกซิเจนในอากาศลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้นๆ แต่ในทางกลับกันสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณน้ำไหลก็ต้องปรับตัวเพื่อดำรงทนกระแสน้ำที่ไหลแรงด้วย ความเร็วและความลึกของน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น เร็วและตื้น (fast-shallow) เร็วและลึก (fast-deep) ช้าและตื้น (slow-shallow) ช้าและลึก (slow-deep) โดยกำหนดว่าบริเวณน้ำลึกจะมากกว่า 0.5 เมตร และกระแสน้ำเร็วจะมากกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที

3.2.4 สภาพการทับถมของตะกอนพื้นท้องน้ำ (Sediment Deposition)

ประเมินตะกอนพื้นท้องน้ำเกิดจากการสะสมของวัสดุต่างๆ ที่ตกลงมาในแหล่งน้ำ หรือการย่อยสลายของวัสดุขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดโดยธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน และเป็นสิ่งกีดขวางการไหลของกระแสน้ำ การที่ตะกอนเพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแหล่งน้ำอีกด้วย

3.2.5 ลักษณะช่องทางการไหลของกระแสน้ำ (Channel Flow Status)

ประเมินช่องทางการไหลของน้ำมีความสัมพันธ์กับความเร็วของกระแสน้ำ ในลำธารที่มีกระแสน้ำไหลเร็วและแรง จะทำให้ช่องทางการไหลของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าลำธารที่มีกระแสน้ำไหลช้า เพราะความแรงของน้ำจะกัดเซาะพื้นที่บริเวณรอบข้าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

3.2.6 การเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธาร (Channel Alteration)

ประเมินการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธารเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การเกิดน้ำท่วม ทำให้ช่องทางของลำธารเปลี่ยนแปลง หรืออาจเกิดจากการสร้างเขื่อนในการชลประทาน การสร้างสิ่งก่อสร้างกีดขวางลำธารรวมไปถึงการสร้างสะพานข้ามลำธาร ซึ่งสิ่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เหล่านี้ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธารทั้งสิ้น

3.2.7 ความถี่ของแก่ง (Frequency of Riffles)

แก่งเป็นบริเวณที่มีน้ำไหลเร็วและแรง น้ำไหลกระทบหิน แก่งมักจะอยู่ตามแนวโค้งของลำธาร เป็นแหล่งอาศัยที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตบางชนิดในน้ำเพราะกระแสน้ำที่ไหลแรงทำให้สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณแก่งต้องมีการปรับตัว เช่น มีขาที่ใช้ยึดเกาะ ลำตัวแบน เป็นต้น บริเวณแก่งมีออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่าบริเวณอื่น อีกทั้งยังมีก้อนหินและเศษกิ่งไม้ที่ถูกพัดพามารวมกัน เป็นแหล่งหลบซ่อนที่ดีของสัตว์บางชนิด ดังนั้นการมีแก่งในลำธารจึงเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

3.2.8 ลักษณะความคงที่ของตลิ่ง (Bank Stability)

ตลิ่งเป็นบริเวณด้านข้างของลำธารทั้งสองฝั่ง ตลิ่งอาจมีพีชีน้ำ หรือพีชบกขึ้นอยู่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เพราะเป็นทั้งพื้นที่หลบซ่อน แหล่งอาหาร และแหล่งออกซิเจน โดยสัตว์หรือแมลงบางชนิดใช้อากาศภายในลำต้นของพีชีน้ำในการหายใจ ความคงที่ของตลิ่งจะสัมพันธ์กับความกว้างของลำธารและการเปลี่ยนแปลงช่องทางของลำธาร เพราะเมื่อตลิ่งพังทลายจะเป็นการเพิ่มความกว้างของลำธาร แต่จะทำให้ความลึกของลำธารลดลง

3.2.9 ความหนาแน่นพืชริมน้ำ (Vegetative Protection)

ความหนาแน่นของพืชที่ขึ้นริมฝั่งของลำธารนั้น รวมไปถึงพืชน้ำและพืชที่ปกคลุมอยู่ริมตลิ่ง พืชที่ขึ้นริมตลิ่งนั้นมีประโยชน์ต่อลำธารคือ รากของพืชจะเป็นตัวยึดเกาะดินริมฝั่งให้เกิดความคงที่ ทั้งพืชริมฝั่งยังให้ร่มเงาทอดลงสู่แหล่งน้ำ ใบ ลำต้น กิ่งของพืชที่ร่วงลงสู่แหล่งน้ำ ยังเป็นแหล่งอาศัย เป็นที่หลบซ่อนของสิ่งมีชีวิตในลำธาร และเมื่อซากพืชย่อยสลายก็จะ เป็นแหล่งอาหารต่อไป

3.2.10 ความกว้างของต้นไม้ปกคลุมริมฝั่ง (Riparian Vegetative Zone Width)

ความกว้างของต้นไม้ที่ปกคลุมริมฝั่ง คือ บริเวณของต้นไม้ที่อยู่สองฝั่งลำธาร ซึ่งประกอบด้วยพืชยืนต้นและพืชร่มลูก การมีพืชริมฝั่งนั้นเป็นประโยชน์ต่อแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นตัวป้องกันมลพิษเบื้องต้นที่จะลงสู่แหล่งน้ำ สิ่งที่มีผลต่อความกว้างของต้นไม้ปกคลุม เช่น การทำไร่ริมฝั่งลำธาร การตัดถนน การสร้างบ้านเรือนริมฝั่งลำธาร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้ความกว้างของต้นไม้ที่ปกคลุมริมฝั่งลดลง

3.3 การศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

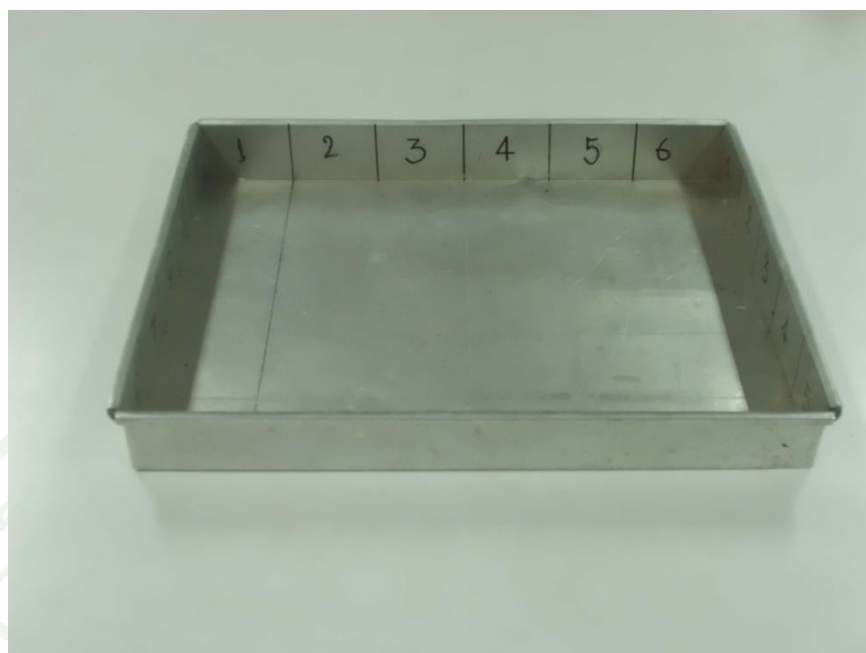
เก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยใช้สวิง (D-net) หน้ากว้าง 0.33 เมตร ขนาดตาข่าย 500 ไมโครเมตร ตามคู่มือการประเมินคุณภาพน้ำแบบเร็ว (Rapid Bioassessment Protocols) (Barbour *et al.*, 1999) โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งอาศัยหลายแบบ (multihabitat approach) เก็บตัวอย่างสัตว์สดานี้ละ 20 จุด ซึ่งก่อนการเก็บตัวอย่างจะทำการประเมินสัดส่วนของแหล่งอาศัย ต่อจากนั้นจะใช้เท้าแตะหน้าสวิงเพื่อให้ตะกอนดินฟุ้งกระจายขึ้นมา น้ำจะพัดพาเอาสัตว์หน้าดินเข้าสู่สวิง (ภาพที่ 12) ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล ฤดูกาลละครั้ง ได้แก่ ฤดูหนาว (17-18 พฤศจิกายน 2555) และฤดูร้อน (30-31 มีนาคม 2556)

ตัวอย่างที่ได้นำมาดองทันทีในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างที่ได้มาร่อนด้วยตะแกรง ขนาดตาข่าย 500 ไมโครเมตร เพื่อคัดแยกเศษใบไม้ขนาดใหญ่ออกจากตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างสัตว์หน้าดิน โดยนำตัวอย่างใส่ภาชนะสี่เหลี่ยมขนาด 30x36 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งตารางช่องละ 6x6 เซนติเมตร (ภาพที่ 13) สุ่มหยิบตัวอย่างจากช่องตารางโดยใช้ grid ขนาด

6x6 เซนติเมตร วางลงในตาราง ตักตัวอย่างทั้งหมดที่มีอยู่ในช่องที่สุ่มได้ออกจนหมด (ภาพที่ 14) จากนั้นใช้ปากคีบหยิบสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่มีออกมา แล้วสุ่มนับจำนวนสัตว์หน้าดินให้ได้จำนวน 240-360 ตัว จากนั้นตรวจเอกลักษณ์สัตว์หน้าดินจนถึงระดับอนุกรมวิธานต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ (Operational Taxonomic Units, OTUs) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอในห้องปฏิบัติการ โดยเอกสารหลักที่ใช้ในการตรวจเอกลักษณ์ คือ Identification of Freshwater Invertebrates of the Mekong River and its Tributaries (Sangpradub and Boonsoong, 2006) และเก็บรักษาตัวอย่างใน vial แก้ว ซึ่งบรรจุแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และเก็บตัวอย่างไว้ใน Aquatic Insects Collection (Zoological Museum Kasetsart University, ZMKU)



ภาพที่ 12 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยวิธีการ kick-net



ภาพที่ 13 ถาดสุ่มตัวอย่างขนาด 30x36 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งตารางออกเป็นช่องละ 6x6 เซนติเมตร



ภาพที่ 14 การสุ่มตัวอย่างด้วย grid ขนาด 6x6 เซนติเมตร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ บางประการด้วยสถิติพรรณนา (descriptive statistic) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำบางประการในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ จำแนกทางเดียว (one-way ANOVA) ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS for Window 19.0

ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการทดสอบข้อมูลก่อนว่า ข้อมูลเหล่านั้นมี การกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ ถ้าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ แปลงค่าข้อมูลด้วย $\log x$ หรือ $\log (x+1)$ (เมื่อข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์) เพื่อปรับค่าข้อมูลให้มีการกระจายแบบปกติก่อนที่จะนำไป วิเคราะห์ทางสถิติ การประเมินผลความแตกต่างในการวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาในครั้งนี้ใช้ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

4.2 วิเคราะห์หาค่าตัวแปรทางชีวภาพหลัก (core biological metrics) ของสัตว์ไม่มี กระดุกสันหลังหน้าดินด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EDAS (Ecological Data Application System) (Tetra Tech, 2000) และคำนวณค่าคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 Index Score) แต่ละครั้ง โดยใช้ 9 ตัวแปรทางชีวภาพดังนี้

- 1) จำนวนชนิดทั้งหมด (No. of total taxa)
- 2) จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera (No. of Diptera taxa)
- 3) จำนวนชนิดของแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera อันดับ Plecoptera อันดับ Trichoptera และ อันดับ Coleoptera (EPTC) (No. of EPTC taxa)
- 4) ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย (% Plecoptera)
- 5) ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ (% Tolerant organisms) (สัตว์มีค่าคะแนน ความทนทานมากกว่า 7)
- 6) ดัชนีชีวภาพของ Beck (Beck's Biotic Index) [คำนวณจาก $(2 \times \text{จำนวนชนิดที่มีค่า คะแนนความทนทาน} = 1) + (1 \times \text{จำนวนชนิดที่มีค่าคะแนนความทนทาน} = 2)$]
- 7) ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ (% Intolerant organisms) (สัตว์มีค่าคะแนนความ ทนทานน้อยกว่า 3)
- 8) จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ (No. of shredder taxa)
- 9) จำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ (No. of clinger taxa)

โดยสามารถทำการเปรียบเทียบค่าคะแนนของตัวแปรชีวภาพในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ ซึ่งมีช่วงคะแนน 5 3 1 (ตารางที่ 2, 3) จากนั้นจึงนำค่าคะแนนที่ได้มารวมกันเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ และแปลผลเป็นระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ แย่ แย่มาก (ตารางที่ 4) (Boonsoong, 2007a)

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและข้อมูลการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน (ข้อมูลพบ/ไม่พบ) ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate analysis) ได้แก่ การจัดกลุ่ม (clustering) และการจัดอันดับ (ordination) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PC-ORD 5.10

ตารางที่ 2 ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ในฤดูหนาว (Boonsoong, 2007a)

Metrics	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	3.0	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	< 5.0
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

^aการเปรียบเทียบค่าคะแนนพิจารณาจากเมตริกที่ตอบสนองน้อยโดยใช้เพียง 2 ช่วงคะแนนเท่านั้น

ตารางที่ 3 ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว ในฤดูร้อน
(Boonsoong., 2007a)

Metrics	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	8.20	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	≥ 16.8	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

^a การเปรียบเทียบค่าคะแนนพิจารณาจากเมตริกที่ตอบสนองน้อยโดยใช้เพียง 2 ช่วงคะแนนเท่านั้น

ตารางที่ 4 การแปลผลทางชีวภาพและคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ที่ใช้ในการแปลผล
ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (Boonsoong, 2007a)

Narrative assessment	Percentile of reference index value	DRQ1 index score	
		November	March
Very Good	≥ 75 th	43	43
Good	≥ 25 th	39-42	35-42
Fair	< 25 th	26-38	23-34
Poor	-	13-25	11-22
Very Poor	-	< 13	< 11

ผลและวิจารณ์

ผล

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ

ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ บริเวณลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ทั้ง 8 สถานี ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2555) และฤดูร้อน (มีนาคม 2556) ดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง และระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในเกือบทุกสถานีและทุกปัจจัย โดยการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 (พฤศจิกายน 2555) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำเกือบทุกค่าในแต่ละสถานี (ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (มีนาคม 2556) พบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำทุกค่าในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

อุณหภูมิ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.56-26.72 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.00-34.00 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

อุณหภูมิอากาศ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 24.50-28.0 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 29.00-38.00 องศาเซลเซียส

ความกว้างของลำธาร

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยความกว้างของลำธารอยู่ในช่วง 5.20-10.84 เมตร โดยความกว้างของลำธารมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยความกว้างของลำธารอยู่ในช่วง 1.66-10.16 เมตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ความลึกของลำธาร

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยความลึกของลำธารอยู่ในช่วง 23.00-70.66 เซนติเมตร โดยความลึกของลำธารมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยความลึกของลำธารอยู่ในช่วง 6.66-51.30 เซนติเมตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ความเร็วของกระแสน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วง 2.00-4.33 เมตรต่อวินาที โดยความเร็วของกระแสน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วง 0.3-2.66 เมตรต่อวินาที มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ค่าความขุ่นของน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 8.00-206.66 FAU โดยค่าความขุ่นของน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 2.66-12.66 FAU มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

1.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

ปริมาณของแข็งละลายน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.12-0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณของแข็งละลายน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.03-0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ค่าการนำไฟฟ้า

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 191.33-450.66 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยค่าการนำไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 56.33-330.00 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 6.67-7.79 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 6.80-8.39 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 6.31-7.87 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.71-6.48 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ปริมาณไนเตรท

ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 1.60-10.43 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณไนเตรทมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.20-1.63 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

ปริมาณของแข็งแขวนลอย

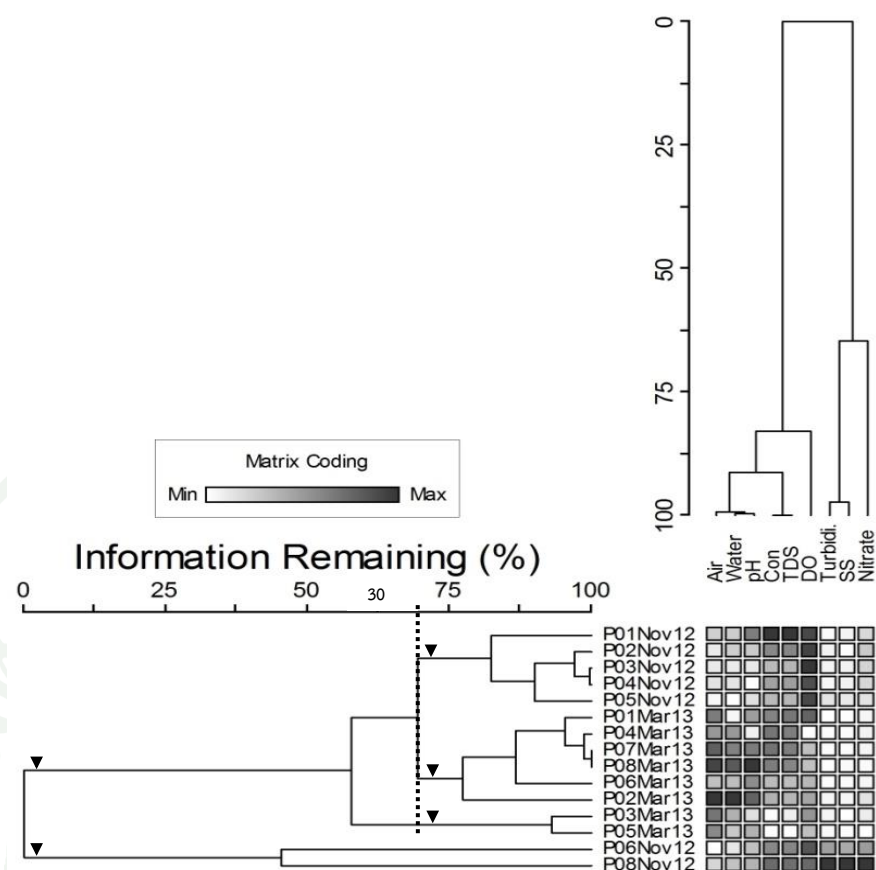
ในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน ค่าเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 4.46-428.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานี ส่วนเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 4.33-20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละสถานีเช่นเดียวกัน

เมื่อจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง สามารถแบ่งกลุ่มสถานีที่ความต่างที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ แสดงผลเป็นแผนโคโรแกรมดังภาพที่ 15

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานี P01, P02, P03, P04 และ P05 ในเดือนพฤศจิกายน สถานี P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 และ P08 ในเดือนมีนาคม ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ที่ความต่าง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแนวโน้มแบ่งย่อยกลุ่มตามฤดูกาล

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานี P06 และ P08 ในเดือนพฤศจิกายน

โดยในกลุ่มที่ 1 จะเป็นสถานีเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายนทั้งหมด ค่าที่เด่นชัดมากคือค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ส่วนกลุ่มที่ 2 จะมีค่าความขุ่น ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนเตรทที่เด่นชัดเป็นสถานีที่ได้รับอิทธิพลจากภาวะน้ำหลาก รวมทั้งยังแสดงค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง (ฤดูกาล) ซึ่งมีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 15 เดนไดรแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 2 ครั้ง

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 1 (พฤศจิกายน 2555)

ปัจจัยคุณภาพของน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง							F-value (df=6)	Sig.
		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P08		
อุณหภูมิน้ำ	°C	26.19 $\pm$ 0.37 ^{ab}	26.08 $\pm$ 0.1 ^b	24.60 $\pm$ 0.54 ^c	24.97 $\pm$ 0.15 ^c	23.56 $\pm$ 0.11 ^d	24.80 $\pm$ 0.00 ^c	26.72 $\pm$ 0.43 ^a	37.377	.000*
อุณหภูมิอากาศ	°C	28.00 $\pm$ 0.00	26.5 $\pm$ 0.00	26.0 $\pm$ 0.00	26.5 $\pm$ 0.00	25.0 $\pm$ 0.00	24.5 $\pm$ 0.00	27.5 $\pm$ 0.00	-	-
ความกว้างของลำธาร	m	9.60 $\pm$ 0.00 ^a	5.20 $\pm$ 0.00 ^c	5.48 $\pm$ 0.00 ^{bc}	6.80 $\pm$ 0.00 ^a	6.5 $\pm$ 0.43 ^{bc}	10.84 $\pm$ 1.89 ^b	10.16 $\pm$ 0.76 ^a	26.302	.000*
ความลึกของลำธาร	cm	55.00 $\pm$ 0.00 ^{ab}	23.00 $\pm$ 0.00 ^c	51.30 $\pm$ 0.00 ^b	39.80 $\pm$ 0.00 ^{bc}	45.66 $\pm$ 0.57 ^b	55.66 $\pm$ 23.54 ^{ab}	70.66 $\pm$ 10.59 ^a	6.960	.001*
ความเร็วของน้ำ	m/sec	2.33 $\pm$ 0.57 ^b	2.33 $\pm$ 0.57 ^b	4.33 $\pm$ 0.57 ^a	2.66 $\pm$ 0.57 ^b	2.00 $\pm$ 0.00 ^b	2.00 $\pm$ 0.00 ^b	2.00 $\pm$ 0.00 ^b	11.000	.000*
ความขุ่นของน้ำ	FAU	8.00 $\pm$ 1.00 ^g	14.66 $\pm$ 1.52 ^e	13.00 $\pm$ 1.00 ^f	10.00 $\pm$ 0.00 ^g	100.00 $\pm$ 1.00 ^c	30.66 $\pm$ 2.08 ^d	206.66 $\pm$ 2.30 ^b	7756.956	.000*
ของแข็งละลายน้ำ	g/l	0.28 $\pm$ 0.00 ^a	0.18 $\pm$ 0.00 ^c	0.12 $\pm$ 0.00 ^e	0.15 $\pm$ 0.01 ^d	0.13 $\pm$ 0.00 ^c	0.18 $\pm$ 0.00 ^c	0.21 $\pm$ 0.00 ^b	271.264	.000*
ค่าการนำไฟฟ้า	ms/cm	450.66 $\pm$ 8.32 ^a	289.00 $\pm$ 6.24 ^c	191.33 $\pm$ 8.50 ^e	239.66 $\pm$ 15.94 ^d	192.66 $\pm$ 3.05 ^e	288.66 $\pm$ 5.50 ^c	345.66 $\pm$ 10.21 ^b	305.318	.000*
ความเป็นกรด-ด่าง	SU	7.79 $\pm$ 0.06 ^a	7.12 $\pm$ 0.30 ^{ab}	6.85 $\pm$ 0.47 ^b	6.67 $\pm$ 0.14 ^b	6.93 $\pm$ 0.83 ^b	7.20 $\pm$ 0.08 ^{ab}	7.32 $\pm$ 0.13 ^{ab}	2.659	.062
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	7.33 $\pm$ 0.02 ^{ab}	7.47 $\pm$ 0.37 ^{ab}	7.87 $\pm$ 0.36 ^a	7.12 $\pm$ 0.50 ^{ab}	7.31 $\pm$ 0.63 ^{ab}	6.87 $\pm$ 0.51 ^b	6.31 $\pm$ 0.38 ^c	5.815	.003*
ปริมาณไนเตรท	mg/l	2.13 $\pm$ 0.15 ^{de}	2.90 $\pm$ 0.36 ^c	2.36 $\pm$ 0.15 ^{cd}	2.20 $\pm$ 0.50 ^{de}	1.60 $\pm$ 0.36 ^c	5.20 $\pm$ 0.43 ^b	10.43 $\pm$ 0.28 ^a	248.776	.000*
ของแข็งแขวนลอย	mg/l	23.00 $\pm$ 11.78 ^d	4.46 $\pm$ 0.83 ^e	26.00 $\pm$ 2.64 ^d	26.33 $\pm$ 3.78 ^d	47.00 $\pm$ 1.00 ^c	177.00 $\pm$ 5.29 ^b	428.00 $\pm$ 9.53 ^a	1770.208	.000*

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์, อักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

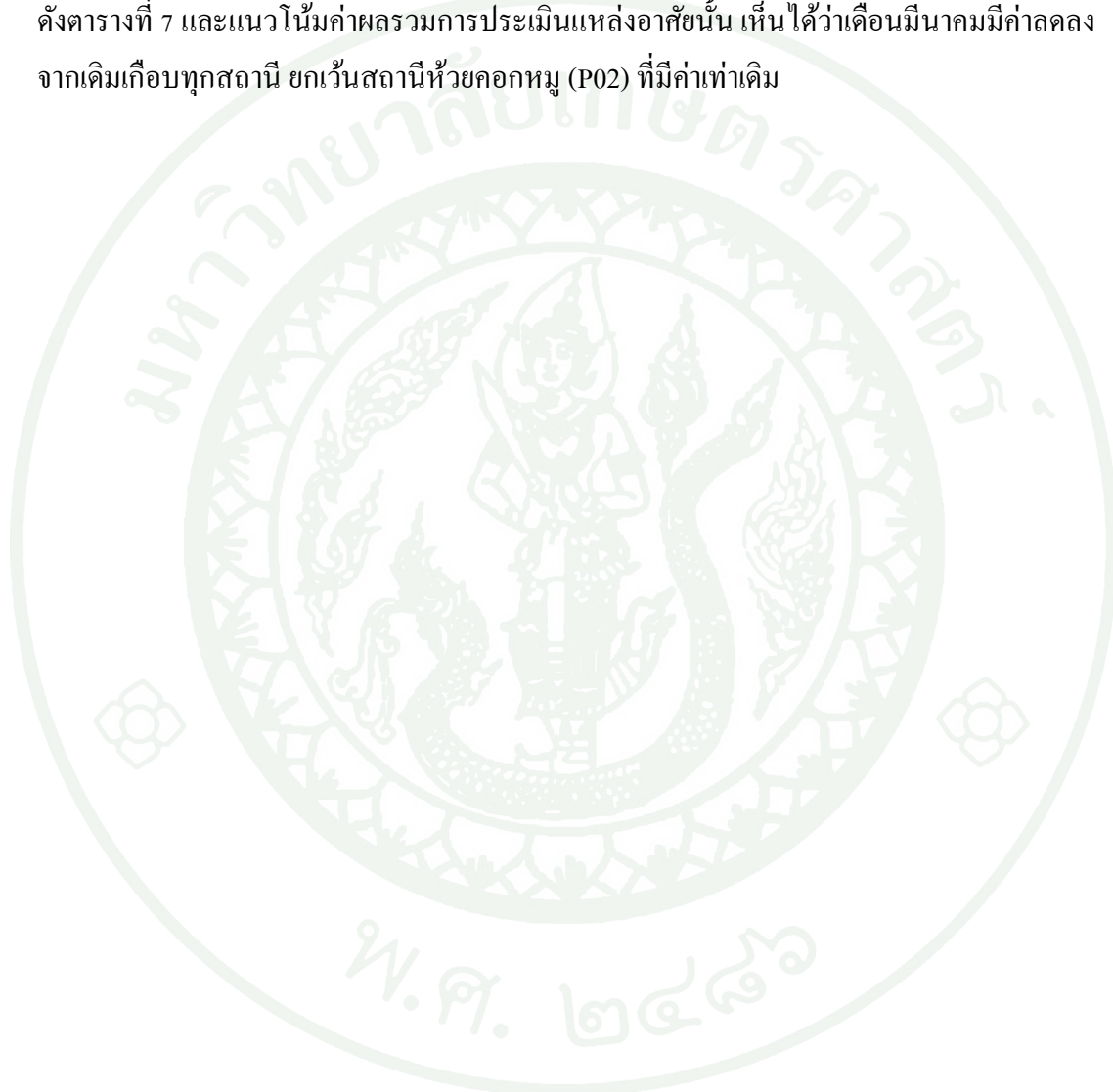
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ S.D.) ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการแต่ละสถานีในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 2 (มีนาคม 2556)

ปัจจัยคุณภาพของน้ำ	หน่วย	สถานีเก็บตัวอย่าง								F-value (df=7)	Sig.
		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P 07	P08		
อุณหภูมิน้ำ	°C	24.00 $\pm$ 0.00 ^g	34.00 $\pm$ 0.00 ^a	27.62 $\pm$ 1.05 ^c	28.96 $\pm$ 0.35 ^d	26.39 $\pm$ 0.13 ^f	26.93 $\pm$ 0.20 ^{ef}	30.13 $\pm$ 0.00 ^c	26.72 $\pm$ 0.43 ^a	193.185	.000*
อุณหภูมิอากาศ	°C	34.00 $\pm$ 0.00	38.00 $\pm$ 0.00	34.50 $\pm$ 0.00	32.00 $\pm$ 0.00	33.00 $\pm$ 0.00	29.00 $\pm$ 0.00	36.00 $\pm$ 0.00	38.00 $\pm$ 0.00	-	-
ความกว้างของลำธาร	m	9.60 $\pm$ 0.00 ^a	5.20 $\pm$ 0.00 ^c	5.48 $\pm$ 0.00 ^c	6.80 $\pm$ 0.00 ^{bc}	1.67 $\pm$ 0.57 ^d	2.67 $\pm$ 2.57 ^d	8.33 $\pm$ 2.88 ^{ab}	8.33 $\pm$ 0.00 ^{ab}	21.056	.000*
ความลึกของลำธาร	cm	25.66 $\pm$ 11.01 ^c	6.66 $\pm$ 2.88 ^c	51.30 $\pm$ 0.00 ^a	39.80 $\pm$ 0.00 ^b	10.00 $\pm$ 0.00 ^{de}	13.00 $\pm$ 1.73 ^{de}	16.33 $\pm$ 0.57 ^d	11.66 $\pm$ 2.8 ^{de}	43.362	.000*
ความเร็วของน้ำ	m/sec	0.76 $\pm$ 0.15 ^{bc}	0.40 $\pm$ 0.30 ^c	1.33 $\pm$ 0.57 ^b	2.66 $\pm$ 0.57 ^a	0.30 $\pm$ 0.10 ^c	0.60 $\pm$ 0.30 ^c	0.50 $\pm$ 0.00 ^c	0.40 $\pm$ 0.10 ^c	17.065	.000*
ความขุ่นของน้ำ	FAU	2.66 $\pm$ 1.15 ^d	12.00 $\pm$ 1.00 ^a	12.66 $\pm$ 1.52 ^a	5.00 $\pm$ 1.00 ^c	7.66 $\pm$ 0.57 ^b	4.66 $\pm$ 0.57 ^c	4.33 $\pm$ 0.57 ^{cd}	3.66 $\pm$ 0.57 ^{cd}	50.259	.000*
ของแข็งละลายน้ำ	g/l	0.20 $\pm$ 0.00 ^a	0.12 $\pm$ 0.00 ^b	0.05 $\pm$ 0.02 ^c	0.19 $\pm$ 0.00 ^a	0.03 $\pm$ 0.00 ^c	0.11 $\pm$ 0.00 ^b	0.19 $\pm$ 0.00 ^a	0.18 $\pm$ 0.05 ^a	32.049	.000*
ค่าการนำไฟฟ้า	ms/cm	297.00 $\pm$ 3.60 ^a	207.66 $\pm$ 7.09 ^b	62.00 $\pm$ 0.00 ^c	326.00 $\pm$ 3.60 ^a	56.33 $\pm$ 0.57 ^c	188.66 $\pm$ 4.15 ^b	330.00 $\pm$ 2.00 ^a	310.00 $\pm$ 4.78 ^a	41.405	.000*
ความเป็นกรด-ด่าง	SU	7.51 $\pm$ 0.07 ^{cd}	8.01 $\pm$ 0.16 ^b	6.93 $\pm$ 0.20 ^c	6.80 $\pm$ 0.12 ^c	7.33 $\pm$ 0.44 ^d	7.64 $\pm$ 0.01 ^{cd}	7.79 $\pm$ 0.04 ^{bc}	8.39 $\pm$ 0.07 ^a	26.555	.000*
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l	6.48 $\pm$ 0.14 ^a	4.44 $\pm$ 0.14 ^b	4.99 $\pm$ 2.48 ^{ab}	1.71 $\pm$ 0.21 ^c	3.66 $\pm$ 0.35 ^b	3.91 $\pm$ 0.70 ^b	3.62 $\pm$ 0.76 ^b	3.61 $\pm$ 0.26 ^b	5.900	.002*
ปริมาณไนเตรท	mg/l	0.66 $\pm$ 0.15 ^{bc}	1.63 $\pm$ 0.75 ^a	1.13 $\pm$ 0.05 ^{ab}	0.83 $\pm$ 0.40 ^{bc}	0.20 $\pm$ 0.00 ^c	0.60 $\pm$ 0.36 ^{bc}	0.60 $\pm$ 0.17 ^{bc}	0.43 $\pm$ 0.30 ^c	4.726	.005*
ของแข็งแขวนลอย	mg/l	4.33 $\pm$ 2.08 ^b	20.00 $\pm$ 2.64 ^a	π	6.33 $\pm$ 2.30 ^b	5.00 $\pm$ 1.00 ^b	5.66 $\pm$ 1.15 ^b	7.00 $\pm$ 2.64 ^b	8.00 $\pm$ 2.64 ^b	39.227	.000*

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์, อักษรเหมือนกันในแนวนอนแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ,
 π ไม่ได้ทำการวัด

2. การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยข้อมูลแหล่งอาศัย

จากการประเมินข้อมูลลักษณะแหล่งอาศัยของลำธาร (habitat assessment) ในแต่ละสถานี เก็บตัวอย่าง พบว่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยทั้งสองช่วงเวลา อยู่ในช่วงตั้งแต่ 109-141 โดยในเดือนพฤศจิกายน และเดือนมีนาคม สถานีห้วยคอกหมู (P02) มีค่าการประเมินแหล่งอาศัยต่ำที่สุด ดังตารางที่ 7 และแนวโน้มค่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยนั้น เห็นได้ว่าเดือนมีนาคมมีค่าลดลง จากเดิมเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีห้วยคอกหมู (P02) ที่มีค่าเท่าเดิม



ตารางที่ 7 ตารางคะแนนรวมการประเมินแหล่งอาศัยในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง

สถานี เก็บตัวอย่าง	ES./ AC.	Em.	V./ DR.	SD.	CFS.	CA.	FR.	B. (L)	B. (R)	VP. (L)	VP. (R)	RVZW. (L)	RVZW. (R)	Total Habitat Score
พ.ช. 2555														
P 01	14	3	7	19	8	19	20	9	9	9	8	3	0	128
P 02	11	5	7	15	6	13	15	8	8	8	8	2	3	109
P 03	11	17	10	18	9	20	16	9	9	10	9	10	8	156
P 04	13	15	8	14	5	16	13	8	8	8	8	8	8	132
P 05	12	13	15	13	9	10	13	7	7	8	7	6	8	128
P 06	15	16	16	10	7	15	14	8	8	8	8	8	8	141
P 08	10	10	11	16	11	12	13	8	8	9	7	8	8	131
มี.ค. 2556														
P 01	13	4	6	18	7	19	20	9	8	9	7	3	0	123
P 02	17	4	6	13	5	13	12	8	7	8	8	4	4	109
P 03	8	16	8	11	5	20	14	9	8	10	9	10	8	136
P 04	14	15	7	12	4	16	11	7	7	8	8	8	8	125
P 05	11	12	14	13	8	10	12	7	7	7	6	8	7	122
P 06	16	15	13	10	6	15	11	7	6	8	8	8	8	131
P 07	13	10	10	18	6	14	2	8	7	9	8	9	8	122
P 08	11	11	8	17	10	12	1	7	7	9	7	8	8	116

3. การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

3.1 การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว

จากการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ และทดสอบการวิเคราะห์จาก 9 ตัวแปรทางชีวภาพหลัก ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงอันดับ Diptera จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ จำนวนชนิดของสัตว์ที่กินอนุภาคอินทรีย์ขนาดใหญ่ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ ได้เป็นคะแนนแต่ละตัวแปรชีวภาพหลักแต่ละสถานี (ตารางที่ 8 และ 10) นำค่าคะแนนที่ได้แต่ละตัวมาแปรผลตัวแปรชีวภาพ ซึ่งมีค่าเป็น 5 3 1 ดังตารางที่ 2 และ 3 จากนั้นนำคะแนนตัวแปรหลักในแต่ละสถานีมารวมเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) และแปรผลเป็น 5 ระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพคือ ดีมาก ดี พอใช้ แย่ และแย่มาก (ตารางที่ 9 และ 11) ตามผลการศึกษาของ (Boonsoong, 2007a) ในพื้นที่ต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง (ตารางที่ 2 3 และ 4) พบว่าทั้ง 8 สถานี มีคุณภาพน้ำทั้งสองช่วงเวลา จัดอยู่ในระดับแย่นถึงพอใช้

การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพใน 2 ครั้ง แสดงระดับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพหลายตัวได้ดังนี้

- เดือนพฤศจิกายน การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี P01, P02, P04, P05, P06 และ P08 จัดอยู่ในระดับแย่ ส่วนในสถานี P03 จัดอยู่ในระดับพอใช้
- เดือนมีนาคม การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี P01, P02, P04 และ P05 จัดอยู่ในระดับแย่ ส่วนในสถานี P03, P06, P07 และ P08 จัดอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 8 ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								
	Total Tax.	Dipt. Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Shred. Tax.	Cling. Tax.
P01	22	4	12	2.02	75.75	4	2.02	2	13
P02	20	3	10	0	41.75	5	0.33	1	11
P03	25	3	14	4.60	24.46	14	7.09	2	14
P04	27	5	11	1.88	66.03	9	4.24	1	14
P05	22	3	11	1.66	50	5	2.08	1	9
P06	17	5	4	0	30.63	2	0.42	1	5
P08	20	4	9	9.18	8.83	4	9.18	0	7

ตารางที่ 9 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ									ดัชนีชีวภาพ (DRQ1)	แปลผล
	Total	Dipt.	EPTC.	Plecopt.	Toler.	Beck's	Intoler.	Shred.	Cling.		
	Tax.	Tax.	Tax.	Pct.	Pct.	BI.	Pct.	Tax.	Tax.		
P01	3	3	3	3	1	1	1	1	3	19	แย่มาก
P02	3	3	3	1	1	1	1	1	3	17	แย่มาก
P03	3	3	3	5	3	5	3	1	3	29	พอใช้
P04	3	5	3	3	1	3	1	1	3	23	แย่มาก
P05	3	3	3	3	1	1	1	1	3	19	แย่มาก
P06	3	5	1	1	3	1	1	1	1	17	แย่มาก
P08	3	3	1	5	5	1	3	1	1	23	แย่มาก

ตารางที่ 10 ค่าตัวแปรชีวภาพ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ								
	Total Tax.	Dipt. Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Shred. Tax.	Cling. Tax.
P01	25	2	17	0	19.39	5	10.36	1	10
P02	16	2	10	0	18.29	4	0.60	0	9
P03	21	3	11	0	39.85	7	9.78	1	8
P04	20	2	10	0	53.97	5	3.80	0	5
P05	25	5	12	0.50	44.67	4	0.50	1	10
P06	25	3	14	0.30	17.71	7	14.71	1	10
P07	29	2	18	13.95	13.56	6	17.82	1	13
P08	23	2	15	6.75	4.11	5	9.64	0	12

ตารางที่ 11 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ									ดัชนีชีวภาพ (DRQ1)	แปลผล
	Total Tax.	Dipt. Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Shred. Tax.	Cling. Tax.		
P01	3	1	3	1	5	1	3	1	3	21	แย่มาก
P02	1	1	1	1	5	1	1	1	3	15	แย่มาก
P03	3	3	3	1	3	3	3	1	3	23	พอใช้
P04	3	1	1	1	1	1	1	1	1	11	แย่มาก
P05	3	5	3	1	3	1	1	1	3	21	แย่มาก
P06	3	3	3	1	5	3	3	1	3	25	พอใช้
P07	3	1	3	5	5	1	5	1	3	27	พอใช้
P08	3	1	3	5	5	1	3	1	3	25	พอใช้

3.2 การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวในระดับวงศ์

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระดับวงศ์ โดยวิเคราะห์จาก 7 ตัวแปรทางชีวภาพหลัก ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมด จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม EPTC ร้อยละของแมลงสโตนฟลาย ร้อยละของสัตว์ที่ทนทานต่อมลพิษ ดัชนีชีวภาพของ Beck ร้อยละของสัตว์ที่ไวต่อมลพิษ และจำนวนชนิดของสัตว์ชอบเกาะ ได้เป็นคะแนนแต่ละตัวแปรชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์แต่ละสถานี (ตารางที่ 15 และ 17) นำค่าคะแนนที่ได้แต่ละตัวมาแปรผลตัวแปรชีวภาพ ซึ่งมีค่าเป็น 5 3 1 (ตารางที่ 12 และ 13) จากนั้นนำค่าคะแนนของตัวแปรหลักที่ได้แต่ละสถานีมารวมกันเป็นคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) และแปรผลเป็น 5 ระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพคือ ดีมาก ดี พอใช้ แย่ และแย่มาก (ตารางที่ 16 และ 18) โดยเปรียบเทียบค่าคะแนนกับตารางที่ 14 ตามผลการศึกษาของ (Boonsoong, 2007a) ในพื้นที่ต้นน้ำเลย และต้นน้ำใกล้เคียง พบว่าทั้ง 8 สถานีมีคุณภาพน้ำทางชีวภาพทั้ง 2 ครั้ง จัดอยู่ในระดับแย่งจนถึงพอใช้

การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพใน 2 ครั้ง แสดงระดับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์ได้ดังนี้

- เดือนพฤศจิกายน การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี P01, P02, P04, P05 และ P06 จัดอยู่ในระดับแย่ ส่วนในสถานี P03 และ P08 จัดอยู่ในระดับพอใช้
- เดือนมีนาคม การประเมินค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพน้ำทางชีวภาพของสถานี P02 และ P04 จัดอยู่ในระดับแย่ ส่วนในสถานี P01, P03, P05, P06, P07 และ P08 จัดอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 12 ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์
ในฤดูหนาว (Boonsoong, 2007a)

Metrics	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	3.0	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 13 ตัวแปรชีวภาพและช่วงค่าคะแนนในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์
ในฤดูร้อน (Boonsoong, 2007a)

Metrics	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	8.20	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 14 การแปรผลทางชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์และคะแนนดัชนีชีวภาพ (DRQ1 index score) ที่ใช้ในการแปรผล ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (Boonsoong, 2007a)

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 15 ค่าตัวแปรชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (พฤศจิกายน 2555)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ						
	Total	EPTC.	Plecopt.	Toler.	Beck's	Intoler.	Cling.
	Tax.	Tax.	Pct.	Pct.	BI.	Pct.	Tax.
P01	20	10	2.01	60.74	0	0	10
P02	17	8	0	6.21	1	0.34	8
P03	24	15	4.63	11.03	7	4.98	13
P04	25	11	2.35	49.77	2	0.47	10
P05	16	4	0	26.81	0	0	5
P06	20	12	1.76	39.17	1	0.42	9
P08	19	9	9.22	4.61	0	0	7

ตารางที่ 16 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพ
หลายตัวระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
(พฤศจิกายน 2555)

สถานี เก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ							ดัชนี ชีวภาพ (DRQ1)	แปลผล
	Total Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Cling. Tax.		
P01	3	3	3	1	1	1	3	15	แย่มาก
P02	3	3	1	5	1	1	3	17	แย่มาก
P03	3	5	5	5	3	1	5	27	พอใช้
P04	5	3	3	1	1	1	3	17	แย่มาก
P05	3	1	1	3	1	1	1	11	แย่มาก
P06	3	3	3	1	1	1	3	15	แย่มาก
P08	3	3	5	5	1	1	3	21	พอใช้

ตารางที่ 17 ค่าตัวแปรชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวระดับวงศ์ ในแต่ละสถานี
ของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี (มีนาคม 2556)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ						
	Total Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Cling. Tax.
P01	23	15	0	4.35	3	10.37	9
P02	14	8	0	3.36	1	0.61	6
P03	21	10	0	26.50	3	9.19	6
P04	15	6	0	37.02	1	0.69	4
P05	24	13	0.30	4.79	3	14.37	8
P06	23	11	0.34	27.40	2	6.85	10
P07	24	15	14	9.73	6	3.11	11
P08	21	13	6.75	5.14	2	2.25	11

ตารางที่ 18 คะแนนตัวแปรชีวภาพ และคะแนนรวมของดัชนีชีวภาพในการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพ
หลายตัวระดับวงศ์ ในแต่ละสถานีของลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
(มีนาคม 2556)

สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตัวแปรชีวภาพ							ดัชนี	
	Total Tax.	EPTC. Tax.	Plecopt. Pct.	Toler. Pct.	Beck's BI.	Intoler. Pct.	Cling .Tax.	ชีวภาพ (DRQ1)	แปรผล
P01	3	3	1	5	1	3	3	19	พอใช้
P02	3	1	1	5	1	1	3	15	แย่
P03	3	3	1	5	1	3	3	19	พอใช้
P04	3	1	1	3	1	1	1	11	แย่
P05	3	3	1	5	1	3	3	19	พอใช้
P06	3	3	1	5	1	1	5	19	พอใช้
P07	3	3	5	5	3	1	5	25	พอใช้
P08	3	3	5	5	1	1	5	23	พอใช้

4. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากการเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในลำธารต้นน้ำภาษี โดยเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 พบความหลากหลายชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ทั้งหมด 3 คลาส 13 อันดับ 60 วงศ์ 51 สกุล 85 OTUs taxa สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลำธารต้นน้ำภาษีทั้งสองครั้งที่เก็บตัวอย่าง

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
Cl. Clitellata		
O. Rhynchobdellida		
f. Glossiphoniidae	✓	-
Cl. Malacostraca		
O. Amphipoda	✓	-
O. Isopoda	✓	-
O. Decapoda		
f. Parathelphusidae	✓	✓
f. Palaemonidae		
g. Macrobrachium	✓	✓
Cl. Insecta		
O. Megaloptera		
f. Corydalidae	✓	-
g. Protohermes	✓	-
O. Lepidoptera		
f. Crambidae		
g. Eoophyla	✓	-
g. Elophila	✓	-

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
O. Coleoptera		
f. Elmidae	✓	✓
f. Lampyridae	-	✓
f. Scirtidae	✓	✓
f. Psephenidae		
g. <i>Eubrianax</i>	✓	✓
g. <i>Ectopria</i>	✓	-
f. Hydrophilidae	✓	✓
f. Hydraenidae	✓	✓
f. Hydroscaphidae	✓	-
f. Carabidae	✓	-
f. Dytiscidae	-	✓
O. Hemiptera		
f. Naucoridae	✓	-
g. <i>Heleocoris</i>	-	✓
g. <i>Naucoris</i>	✓	✓
f. Gerridae	✓	✓
f. Nepidae	-	✓
f. Helotrephidae	✓	✓
f. Veliidae	✓	✓
g. <i>Rhagovelia</i>	-	✓
f. Corixidae	✓	✓
g. <i>Sigara</i>	-	✓
f. Hebridae	✓	-
g. <i>Merragata</i>	✓	-

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
O. Hemiptera (cont.)		
f. Belostomatidae		
g. <i>Diplonychus</i>	✓	-
f. Aphelocheiridae		
g. <i>Aphelocheirus</i>	✓	✓
O. Diptera		
f. Psychodidae	✓	-
f. Culicidae	-	✓
f. Tabanidae	✓	-
f. Chironomidae	✓	✓
f. Ceratopogonidae		
g. <i>Bezzia</i>	✓	✓
f. Simuliidae		
g. <i>Simulium</i>	✓	✓
f. Tipulidae	✓	✓
g. <i>Antocha</i>	✓	✓
g. <i>Hematoma</i>	✓	-
f. Athericidae		
g. <i>Atrichops</i>	✓	-
g. <i>Suragina</i>	-	✓
O. Plecoptera		
f. Peltoperlidae		
g. <i>Cryptoperla</i>	✓	-
f. Perlidae		
g. <i>Neoperla</i>	✓	✓
g. <i>Paragnetina</i>	✓	-
g. <i>Phanoperla</i>	-	✓

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
O. Ephemeroptera		
f. Baetidae		
g. <i>Liebebiella</i>	✓	✓
g. <i>Cloeon</i>	-	✓
f. Heptageniidae		
g. <i>Thalerosphyrus</i>	✓	✓
f. Teloganodidae		
g. <i>Teloganodes</i>	✓	✓
f. Prosopistomatidae		
g. <i>Prosopistoma</i>	-	✓
f. Leptophlebiidae		
g. <i>Choroterpes (Dilatognathus)</i>	✓	✓
g. <i>Isca</i>	-	✓
g. <i>Gilliesia</i>	✓	✓
f. Ephemerellidae		
g. <i>Uracanthella</i>	✓	-
g. <i>Teloganopsis</i>	-	✓
f. Ephemeridae		
g. <i>Ephemera</i>	✓	✓
f. Euthyplociidae		
g. <i>Polyplocia</i>	-	✓
f. Neoephemeridae		
g. <i>Potamanthellus</i>	✓	✓
f. Caenidae		
g. <i>Caenis</i>	✓	✓

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
O. Trichoptera		
f. Sericostomatidae	✓	✓
f. Hydropsychidae		
g. <i>Cheumatopsyche</i>	✓	✓
g. <i>Ceratopsyche</i>	✓	✓
g. <i>Amphipsyche</i>	✓	-
g. <i>Macrostenum</i>	-	✓
f. Philopotamidae		
g. <i>Chimarra</i>	✓	✓
g. <i>Wormaldia</i>	✓	✓
f. Calamoceratidae		
g. <i>Ganonema</i>	✓	✓
f. Dipseudopsidae		
g. <i>Pseudoneureclipsis</i>	-	✓
f. Rhyacophilidae		
g. <i>Rhyacophila</i>	✓	✓
f. Stenopsychidae		
g. <i>Stenopsyche</i>	✓	-
f. Leptoceridae		
g. <i>Setodes</i>	✓	-
g. <i>Leptocerus</i>	-	✓
g. <i>Ceraclea</i>	-	✓
O. Odonata		
f. Gomphidae	✓	✓
f. Libellulidae	✓	✓
f. Euphaeidae		
g. <i>Euphaea</i>	✓	✓

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	พฤศจิกายน 2555	มีนาคม 2556
O. Odonata (cont.)		
f. Aeshnidae	✓	-
f. Coenagrionidae	-	✓
f. Corduliidae	✓	-
f. Platycnemidae	-	✓
f. Protoneuridae	✓	✓
f. Megapodagrionidae	-	✓

5. การกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปรทั้ง 8 สถานีเก็บตัวอย่างใน 2 ครั้ง เพื่อหาความคล้ายคลึงกันของการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยใช้ Jaccard แล้วจัดกลุ่มชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วย Group Average Linkage Method สามารถแบ่งกลุ่มสถานีที่ความต่างกันที่ 63 เปอร์เซนต์ (เส้นประ) ได้เป็น 5 กลุ่ม (ภาพที่ 16) คือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานี P01, P04, P05 และ P06 ในเดือนพฤศจิกายน สถานี P03, P04 และ P05 ในเดือนมีนาคม

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานี P03 ในเดือนพฤศจิกายน

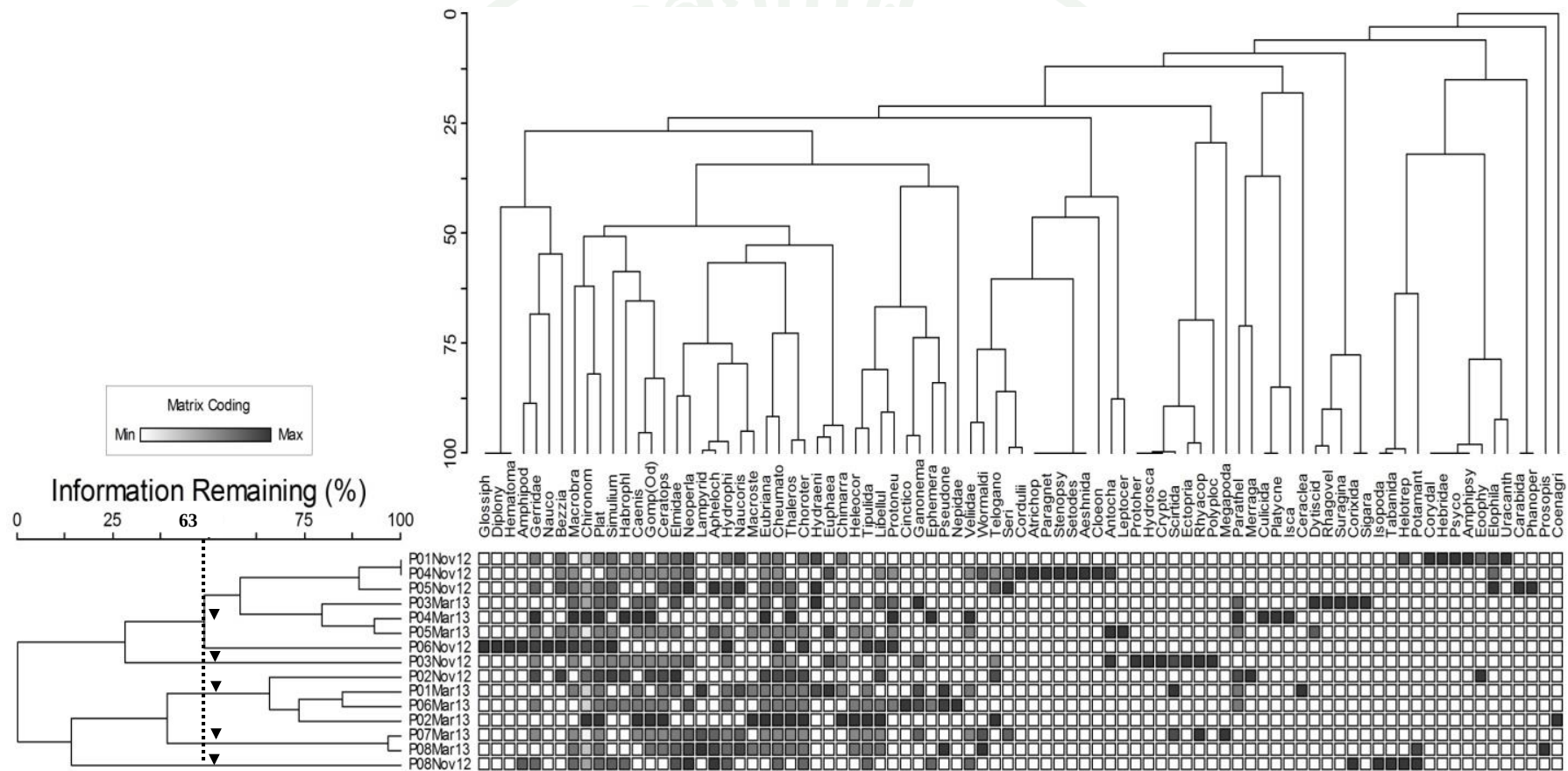
กลุ่มที่ 3 ได้แก่ สถานี P02 ในเดือนพฤศจิกายน และ P01, P02 และ P06 ในเดือนมีนาคม

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ สถานี P07 และ P08 ในเดือนมีนาคม

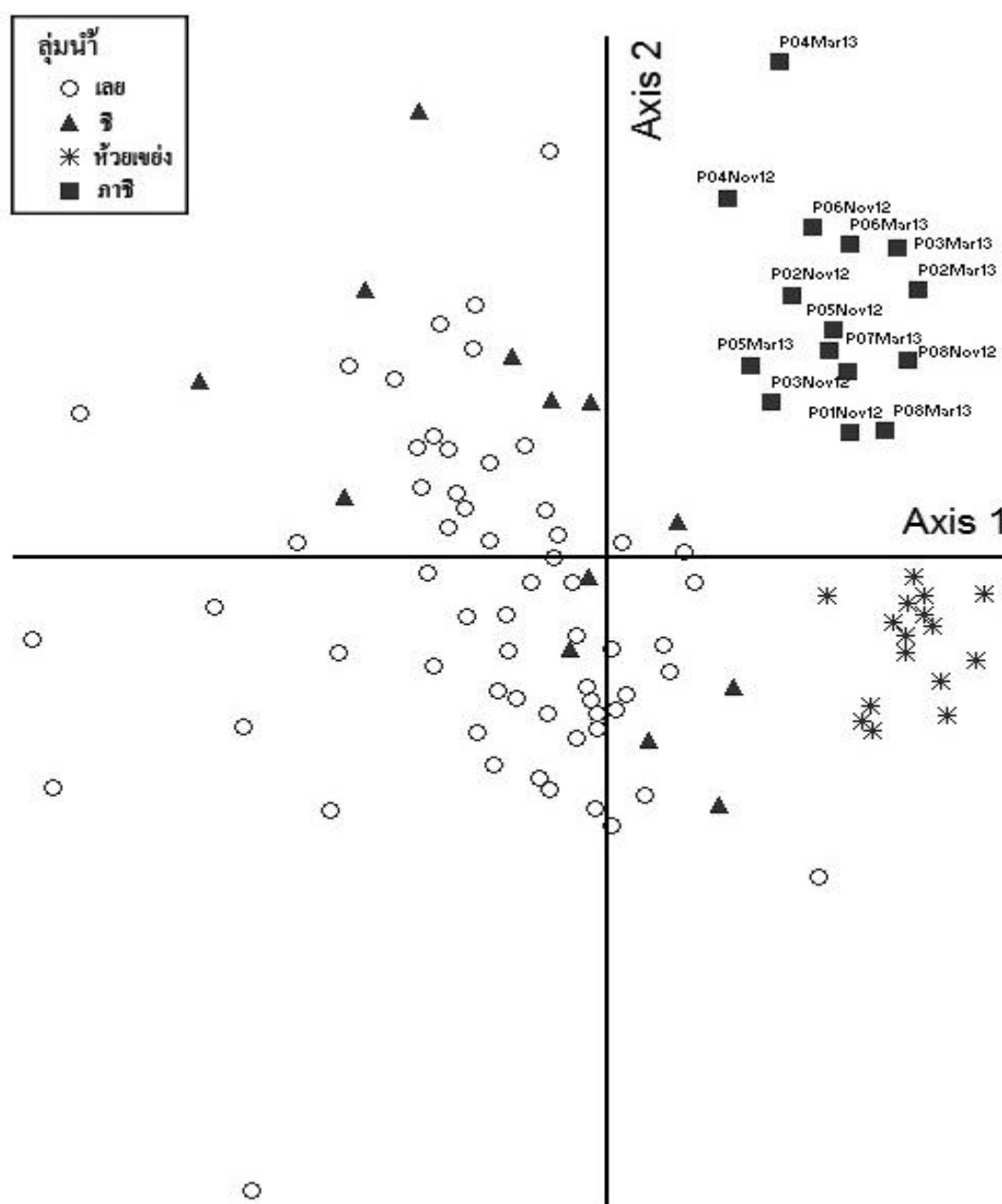
กลุ่มที่ 5 ได้แก่ สถานี P08 ในเดือนพฤศจิกายน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปรกับการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน พบว่ากลุ่มที่ 5 (P08 ในเดือนพฤศจิกายน) มีเกณฑ์คุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแย่ ซึ่งเป็นสถานที่ที่อยู่ในเขตชุมชน มีค่าความขุ่น ปริมาณของของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนเตรทในการเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายนโดยค่าเหล่านี้สูงกว่าสถานอื่นคือกลุ่มที่ 1 (P01, P04, P05 และ P06 ในเดือนพฤศจิกายน และ P03, P04 และ P05 ในเดือนมีนาคม) ซึ่งส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแย่ ยกเว้นสถานีน้ำตกบ่อหวี (P03) ในเดือนมีนาคม อยู่ในระดับพอใช้ และกลุ่มที่ 3 (P02 ในเดือนพฤศจิกายน และ P01, P02 และ P06 ในเดือนมีนาคม) ซึ่งส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแย่ ยกเว้นสถานีห้วยผาก (P06) ในเดือนมีนาคม อยู่ในระดับพอใช้ ส่วนกลุ่มที่ 2 (P03 ในเดือนพฤศจิกายน) และกลุ่มที่ 4 (P07 และ P08 ในเดือนมีนาคม) มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับพอใช้ ทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันระหว่างการวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปรกับการวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัว เนื่องจากการจัดกลุ่มสถานสามารถแยกกลุ่มสถานที่ที่แสดงค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพระดับแย่ พอใช้ ออกจากกันได้เป็นส่วนใหญ่

อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน จากการศึกษาครั้งนี้ไปจัดอันดับกับข้อมูลการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในต้นน้ำเลย และต้นน้ำชี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วย NMS พบว่าสถานีเก็บตัวอย่างในลำธารต้นน้ำภาชี (ภาพที่ 17) มีความแตกต่างกับชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในกลุ่มน้ำอื่น ทำให้การแปลผลด้วย multivariate มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 16 เคนโดแกรมแสดงผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ข้อมูลพบ/ไม่พบ



ภาพที่ 17 ผลการจัดอันดับชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินด้วย NMS (Non-Multidimensional Scaling) ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เปรียบเทียบกับต้นน้ำเลข ต้นน้ำจี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (stress=19.02)

วิจารณ์

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

ผลการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำในบริเวณลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ทั้ง 8 สถานี ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธาร ความลึกของลำธาร ความเร็วของกระแสน้ำ และค่าความขุ่นของน้ำ แต่ละค่ามีความผันแปรในแต่ละสถานี เก็บตัวอย่างและในแต่ละฤดูกาล เกิดมาจากช่วงเวลาในการวัดที่แตกต่างกัน โดยอุณหภูมิในช่วงเช้าจะมีค่าต่ำกว่าทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง (นัสนิยา หมิ่นหวัง และคณะ, 2555) พบว่าอุณหภูมิ น้ำและอากาศในเดือนมีนาคมสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนในเกือบทุกสถานี เนื่องจากในเดือนมีนาคมอยู่ในฤดูร้อนจึงทำให้อุณหภูมิสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนซึ่งอยู่ในฤดูหนาว ดังนั้นฤดูกาลจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิของน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ และระยะเวลาที่ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ (สุทธิณี, 2547) และเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในฤดูร้อน ทำให้ปริมาณน้ำในลำธารลดลง ส่งผลทำให้ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความกว้าง และความลึกของลำธาร ในเดือนมีนาคมน้อยกว่าในเดือนพฤศจิกายนเกือบทุกสถานี เมื่อพิจารณาความเร็วของกระแสน้ำในเดือนพฤศจิกายนมีอัตราเร็วกว่าเดือนมีนาคมในทุกสถานี ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากก่อนเก็บตัวอย่างฝนตก จึงทำให้ความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ค่าความขุ่นของน้ำ และค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำของเดือนพฤศจิกายนมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้กระแสน้ำที่ไหลแรง ทำให้เกิดการกัดเซาะพังทลายของริมฝั่ง และการชะล้างหน้าดินของน้ำฝนลงแหล่งน้ำ มีการพัดพาตะกอน และเศษวัสดุต่างๆ ขึ้นมา (สุทธิณี, 2547) ทำให้น้ำมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อความขุ่นสูงขึ้นส่งผลให้ของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นด้วย

1.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

ผลการตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีของน้ำในบริเวณลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ทั้ง 8 สถานี ได้แก่ ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณไนเตรท และปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่า

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในเดือนมีนาคมมีค่าต่ำกว่าเดือนพฤศจิกายนในทุกสถานี จุดที่วัดค่าได้สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน คือสถานีน้ำตกบ่อหวี (P03) เนื่องจากเป็นจุดต้นน้ำที่มีการไหลของน้ำค่อนข้างมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ นัสนียา หมีนหวัง และคณะ (2555) พบว่าแหล่งต้นน้ำธรรมชาติมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง เนื่องจากมีต้นไม้หนาแน่นและเป็นที่สูง อากาศเย็น การระเหยของน้ำสู่บรรยากาศน้อย ทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้มาก รวมถึงปัจจัยทางกายภาพต่างๆ และจุดที่วัดค่าได้ต่ำสุด คือสถานีลำธารข้างพิพิธภัณฑสถาน (P08) เนื่องจากลำธารอยู่ท้ายน้ำ และไหลผ่านพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมต่างๆ การปนเปื้อนจึงมากกว่าสถานีอื่น ส่วนในเดือนมีนาคม ทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างวัดค่าได้อยู่ในระดับต่ำกว่าเดือนพฤศจิกายน เพราะว่าในเดือนมีนาคมนั้นได้ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูร้อนขณะเก็บตัวอย่างมีน้ำน้อยมาก ทำให้อัตราเร็วของกระแส น้ำมีน้อยตามไปด้วย จึงทำให้โอกาสที่น้ำจะสัมผัสกับออกซิเจนลดลง ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงมีค่าต่ำตามไปด้วย โดยจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุด คือ สถานีห้วยบ่อหวี (P04) ซึ่งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้อยู่ด้านหลังรีสอร์ทและใกล้แหล่งชุมชน จึงได้รับการปนเปื้อนมากกว่าแหล่งอื่น จุดที่วัดค่าได้สูงสุดคือ สถานีแก่งส้มแมว (P01) ซึ่งคล้ายกับการเก็บตัวอย่างครั้งแรกเพราะจุดเก็บตัวอย่างนี้ห่างไกลจากถนน เป็นพื้นที่โล่งร่มเงาต้นไม้ บดบังน้อยแสงแดดจึงส่องถึงตลอดเวลา ปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอยในเดือนพฤศจิกายนมีค่าสูงกว่าเดือนมีนาคมทุกสถานี ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในเดือนพฤศจิกายนสูงกว่าเดือนมีนาคมในเกือบทุกสถานี ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งละลายน้ำในทุกสถานี และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในเดือนมีนาคมมีค่าสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนในเกือบทุกสถานี สามารถจัดกลุ่มสถานีด้วยปัจจัยคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ แบ่งกลุ่มสถานีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 อยู่ในเดือนพฤศจิกายนเกือบทุกสถานี ค่าที่เด่นชัดมากคือ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และในเดือนมีนาคมทุกสถานี ค่าที่เด่นชัดมากคือ อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ และค่าความเป็นกรด-ด่าง กลุ่มที่ 2 สถานีห้วยบ่อคลึง (P06) และ สถานีลำธารข้างพิพิธภัณฑสถาน (P08) ในเดือนพฤศจิกายน แยกตัวออกมาอย่างชัดเจน มีค่าความขุ่นของน้ำ ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนเตรทที่เด่นชัด อาจเนื่องมาจากว่า ก่อนเก็บตัวอย่างมีฝนตกลงมา ทำให้เกิดน้ำหลากและพัดพาตะกอนขึ้นมาของแข็งแขวนลอยจึงมีมาก อาจเป็นผลมาจากการที่พื้นที่รอบๆ บางส่วนไม่มีพืชปกคลุมหรือมีพืชปกคลุมน้อย จึงมีการชะล้างตะกอนดินและสิ่งต่างๆ ที่ไม่ละลายน้ำจากพื้นที่รอบๆ ลงสู่ลำธาร (นฤมล และวิโรจน์, 2541) และบริเวณที่เก็บตัวอย่างที่อยู่ข้างพิพิธภัณฑสถาน รวมถึงมีการใช้พื้นที่ในการทำรีสอร์ทจึงอาจมีการสะสมของสารอินทรีย์ สอดคล้องกับการศึกษาของ รุ่งนภา (2549) ซึ่งพบว่ากิจกรรมบางอย่างของมนุษย์ที่มีการใช้น้ำและปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณไนเตรทมีค่าค่อนข้างสูง

ในพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตบ้านเรือนชุมชนที่ค่อนข้างหนาแน่น แต่ก็อาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น มีการพังทลายของหิน หรือการละลายของแร่ธาตุบางอย่างในลำธาร ทั้งนี้ต้องศึกษาเกี่ยวกับด้านภูมิศาสตร์และธรณีวิทยา จึงจะทราบกลไกของสิ่งที่เกิดขึ้นได้ ผลการจัดกลุ่มโดยอาศัยข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการแบ่งกลุ่มตามฤดูกาลเป็นส่วนใหญ่ คุณภาพน้ำที่พบแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล อาจมาจากกิจกรรมในการอุปโภคบริโภค การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในการเกษตรที่แตกต่างกันออกไป

3. การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยข้อมูลแหล่งอาศัย

ผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยทั้งสองช่วงเวลา อยู่ในช่วงตั้งแต่ 109-141 โดยในเดือนพฤศจิกายน และเดือนมีนาคม สถานีห้วยคอกหมู (P02) มีผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยต่ำที่สุดและแนวโน้มค่าผลรวมการประเมินแหล่งอาศัยในเดือนมีนาคมมีค่าลดลงเกือบทุกสถานียกเว้นสถานีห้วยคอกหมู (P02) ที่มีค่าเท่าเดิม ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการสร้างฝายกั้นน้ำ ทำให้ระดับความลึกและสภาพนิเวศบางส่วนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในขณะที่การประเมินแหล่งอาศัยและคะแนนดัชนีชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กัน อาจเนื่องมาจากสถานีเก็บตัวอย่างมีจำนวนน้อยทำให้ข้อมูลมีจำนวนไม่เพียงพอ การประเมินแหล่งอาศัยของลำธารบางปีจึ้นนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ประเมินแต่ละคน ดังนั้นควรมีคนประเมินหลายคนเพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ยลดความเบี่ยงเบน (บุญเสฐียร และคณะ, 2546) จึงควรมีการจัดอบรมผู้เข้าร่วมประเมินเพื่อให้การประเมินผลถูกต้องยิ่งขึ้น และเพื่อความแม่นยำ ควรตรวจสอบผลการประเมินค่าคุณภาพแหล่งอาศัยตามช่วงเวลา โดยการอาศัยรูปภาพลำธารในช่วงที่เก็บตัวอย่างและอภิปรายให้เหตุผลกันระหว่างนักชีววิทยาภายในหน่วยงาน (ไพบูรณ์, 2553)

4. การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน

การวิเคราะห์ด้วยตัวแปรชีวภาพหลายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินในระดับต่ำสุดเท่าที่ทำได้ (ระดับสกุล) ในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เมื่อทดสอบแล้วปรากฏว่าผลที่ได้ของทั้งสองช่วงเวลาอยู่ในระดับแยจนถึงพอใช้ ซึ่งค่าที่ได้ออกมาอยู่ในช่วงคะแนนที่ไม่ต่างกันมาก ทั้งการประเมินในระดับสกุลและระดับวงศ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009a) พบว่าสถานีทดสอบ (test sites) ส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์แยจนถึงพอใช้ การที่สถานีทดสอบส่วนใหญ่ที่ศึกษาในลำธารต้นน้ำภาชีมีคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในระดับแยจนถึงพอใช้ สอดคล้องกับการศึกษาของ

Sa-ardrit *et al.* (2007) พบว่าสถานีทดสอบส่วนใหญ่จัดเป็นสถานีที่ไม่ได้รับผลกระทบ และได้รับผลกระทบปานกลาง เนื่องจากสถานีทดสอบมีแหล่งอาศัยที่หลากหลาย ความเสถียรของวัสดุพื้นท้องน้ำที่แตกต่างกัน และความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างแรงในบางสถานี ทำให้ปริมาณของตะกอนที่อาจจะมีผลกระทบต่อแหล่งอาศัยที่หลากหลายในลำธาร โดยการไปเคลือบผิวของวัสดุยึดเกาะ ทั้งนี้ยังมีการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์ใช้สอยและปัจจัยด้านต่างๆ โดยสถานีแก่งส้มแมว (P01) ห้วยคอกหมู (P02) ห้วยบ่อหวี (P04) และห้วยบ่อคลึง (P05) มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์แย่มากทั้งสองครั้ง สถานีห้วยผาก (P06) และลำธารข้างพิพิธภัณฑน์โกทัย (P08) มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพในเดือนพฤศจิกายนอยู่ในเกณฑ์แย่มาก ส่วนในเดือนมีนาคมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เพราะถึงแม้จะอยู่ในเขตชุมชน มีการใช้พื้นที่ด้านข้างของลำธารในการทำพิพิธภัณฑน์และรีสอร์ท แต่ในลำธารยังมีตัวอ่อนแมลงน้ำและสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายมีกิจกรรมการสังเคราะห์แสง เนื่องจากบริเวณลำธารเป็นพื้นที่โล่งมีแสงแดดส่องถึง ทำให้ง่ายต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ และยังตรวจพบไนเตรทในแหล่งน้ำด้วย (นฤมล และวิโรจน์, 2541) ซึ่งในช่วงที่เก็บตัวอย่างนั้นสภาพของน้ำในลำธารแตกต่างจากเดือนพฤศจิกายน สถานีน้ำตกบ่อหวี (P03) มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ทั้งสองครั้ง เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ป่า เป็นพื้นที่ที่มีการถูกรบกวนน้อย ส่วนในเดือนมีนาคมนั้น สถานีลำธารข้างสวิสวัลเลย์ (P07) มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้

เมื่อประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพในระดับวงศ์ พบว่าสอดคล้องกับการประเมินระดับสกุล คือ ในเดือนพฤศจิกายนสอดคล้องกันเกือบทุกสถานี ซึ่งมีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์แย่มาก ยกเว้นสถานีน้ำตกบ่อหวี (P03) ระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แตกต่างกันในสถานีลำธารข้างพิพิธภัณฑน์โกทัย (P08) ที่การประเมินระดับวงศ์มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ในระดับสกุลอยู่ในเกณฑ์แย่มาก ส่วนในเดือนมีนาคมนั้นเกือบทุกสถานีสอดคล้องกัน โดยที่ระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ยกเว้นสถานีห้วยผาก (P02) และห้วยบ่อหวี (P04) ระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์แย่มาก แตกต่างกันในสถานีแก่งส้มแมว (P01) และห้วยบ่อคลึง (P05) ที่การประเมินระดับวงศ์มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ในระดับสกุลอยู่ในเกณฑ์แย่มาก โดยระดับวงศ์และระดับสกุลมีความคล้ายคลึงกัน 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการจัดจำแนกในระดับวงศ์ให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพอาจเพียงพอสำหรับการใช้ประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonsoong *et al.* (2009a) พบว่าการจำแนกสัตว์ระดับวงศ์อาจเพียงพอสำหรับการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำทางชีวภาพแบบเร็วในลำธารประเทศไทย

5. การกระจายตัวและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

5.1 ความหลากหลาย

ผลการจัดจำแนกสัตว์ที่พบทั้ง 8 สถานี จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง พบกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน จำนวน 3 คลาส 13 อันดับ 60 วงศ์ 51 สกุล 85 ชนิด โดยพบว่าฤดูกลางมีผลต่อจำนวนชนิด ความหลากหลายของสัตว์ ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่พบส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ ความหลากหลายของกลุ่มแมลงน้ำที่พบแตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากผลกระทบจากการใช้พื้นที่ในบริเวณรอบข้าง เช่น การทำการเกษตร การท่องเที่ยว กิจกรรมต่างๆ ของชาวบ้าน ซึ่งทำให้มีสิ่งปนเปื้อนจากกิจกรรมดังกล่าวไหลลงสู่แหล่งน้ำ โดยเก็บตัวอย่างใน 2 ครั้ง การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2555) พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบจำนวนมากที่สุดในครั้งนี้คือ วงศ์ Chironomidae (อันดับ Diptera) รองลงมาคือ *Liebebiella* sp. (วงศ์ Baetidae อันดับ Ephemeroptera) และ *Cheumatopsyche* sp. (วงศ์ Hydropsychidae อันดับ Trichoptera) และครั้งที่ 2 ในฤดูร้อน (มีนาคม 2556) พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบจำนวนมากที่สุดในครั้งนี้ คือ *Eubrianax* sp. (วงศ์ Psephenidae อันดับ Coleoptera) รองลงมาคือ วงศ์ Chironomidae (อันดับ Diptera) และ *Liebebiella* sp. (วงศ์ Baetidae อันดับ Ephemeroptera) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในแม่น้ำโขง (Isara and Chitchol, 2008) และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารต้นน้ำอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (Boonsoong *et al.*, 2007b) พบว่าแมลงน้ำอันดับที่พบเด่นคือ อันดับ Ephemeroptera อันดับ Coleoptera อันดับ Trichoptera และอันดับ Diptera และสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสังคมของแมลงน้ำในฤดูกาลต่างๆ ในลำธารทางภาคใต้ของประเทศไทย (Suparoek, 1999) ที่สรุปว่าผลของฤดูกาลมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบ การกระจาย และสังคมของแมลงน้ำ จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่าสถานีห้วยคอกหมู (P02) พบ *Eubrianax* sp. (วงศ์ Psephenidae อันดับ Coleoptera) มีความชุกชุมมากอาจเนื่องมาจากบริเวณนั้นเป็นเขตชุมชนพื้นที่เปิดโล่ง มีสาหร่ายปกคลุมจำนวนมาก ทำให้มีกลุ่มเหรีญน้ำ (วงศ์ Psephenidae) ซึ่งเป็นพวกชุดกินสารอินทรีย์ สาหร่าย ไคอะตอม มีจำนวนเพิ่มขึ้น ปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำ (Allan, 1995) นอกจากนี้ยังพบหนอนแดงจำนวนมากในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างอาจเนื่องมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน มีการสะสมของสารอินทรีย์มากทำให้พบหนอนแดง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความทนทาน มีจำนวนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า ลำธารในพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนของอำเภอทองผาภูมิพบมีร้อยละของหนอนแดงเพิ่มขึ้น (Boonsoong *et al.*, 2007b)

5.2 การกระจายตัว

จากการพิจารณาอย่างละเอียดด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ง่ายต่อการประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำของชุมชน โดยให้ผลชัดเจนกว่าการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรทางชีวภาพหลายตัวนั้น (Reynoldson *et al.*, 1997; Bailey *et al.*, 1998) พบว่าสามารถแยกกลุ่มสถานีได้ตามฤดูกาล และแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณไนเตรท ปริมาณของแข็งแขวนลอย และค่าความขุ่นซึ่งสูงกว่าสถานีอื่น ส่งผลให้มีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพในเดือนพฤศจิกายนของสถานีนี้นั้นอยู่ในเกณฑ์แย่จากการประเมินในระดับสกุล และระดับวงศ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ อาจเนื่องมาจากฝนที่ตกลงมาก่อนเก็บตัวอย่างทำให้เกิดภาวะน้ำหลาก ซึ่งกระแสน้ำจะไหลเร็วและแรงจึงพัดพาเศษซากใบไม้ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยย่อยแบบหนึ่ง รวมทั้งที่อยู่อาศัยประเภทก้อนหินที่มีขนาดเล็กไปกับกระแสน้ำด้วย ทำให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินพัดไปกับกระแสน้ำ ชนิดและจำนวนของสัตว์จึงลดน้อยลงและกลับฟื้นตัวอีกครั้งเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง (นฤมล และวิโรจน์, 2541) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย ส่วนในเดือนมีนาคมมีระดับคุณภาพน้ำทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ทั้งการประเมินในระดับสกุล และระดับวงศ์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าดัชนีชีวภาพที่พัฒนาขึ้นจากลำธารต้นน้ำเลย ต้นน้ำชี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานีทดสอบในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรีได้ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างของชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน อันเนื่องมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบในสถานีอ้างอิง และลำธารสายอื่นๆ เพื่อปรับตัวแปรชีวภาพให้สามารถใช้คะแนนชีวภาพได้ทั่วประเทศ นอกจากนี้การวิเคราะห์ตัวแปรชีวภาพหลายตัวนั้นยังเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำของชุมชนได้ (Baptista *et al.*, 2007; Lücke and Johnson, 2009)

อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเรีวนั้น ยังจำเป็นต้องใช้ร่วมกับข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ และข้อมูลการประเมินแหล่งอาศัยในการประเมินร่วมด้วย และหากมีการใช้ข้อมูลสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ปลา และเพอร์ซิฟตอน ร่วมด้วย จะทำให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Barbour *et al.*, 1999)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการทดสอบวิธีการมาตรฐาน (RBPs) และคะแนนดัชนีชีวภาพ สำหรับประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินในลำธารต้นน้ำภาษี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ตามวิธีการของ Boonsoong *et al.* (2009b) ที่ได้พัฒนาขึ้นในกลุ่มน้ำเลยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้น สามารถให้ผลการประเมินคุณภาพน้ำของสถานีทดสอบทั้ง 8 สถานี 2 ครั้ง ได้ดังนี้

1. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินที่พบทั้งหมด 13 อันดับ 60 วงศ์ 51 สกุล 85 ชนิด ส่วนใหญ่ที่พบเป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ โดยในเดือนพฤศจิกายนพบความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินมากกว่าในเดือนมีนาคม
2. การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี พบว่าคุณภาพน้ำในลำธาร ส่วนใหญ่มีค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการ ระหว่างสถานีและช่วงเวลา มีความผันแปรตามฤดูกาลและสถานีเก็บตัวอย่าง
3. การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพของสถานีทดสอบ ทั้งหมด 8 สถานี 2 ครั้ง อยู่ในระดับแยจนถึงพอใช้ เนื่องจากทั้ง 8 สถานีอยู่ในกลุ่มสถานีทดสอบ และมีการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มสถานีจึงได้รับผลกระทบด้านต่างๆกันออกไป แบ่งได้ดังนี้ พื้นที่ที่ถูกรบกวนน้อย การเกษตรกรรม ชุมชนบ้านเรือน
4. การวิเคราะห์หลายตัวแปร สามารถแยกสถานีที่มีค่าความขุ่นของน้ำ ปริมาณไนเตรท และปริมาณของแข็งแขวนลอย ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ส่งผลให้คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์แย

5. ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าดัชนีชีวภาพที่พัฒนาขึ้นจากลำธารต้นน้ำเลย ต้นน้ำชี และต้นน้ำใกล้เคียง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้น สามารถนำมาประยุกต์กับสถานีทดสอบในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรีได้ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างของชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน อันเนื่องมาจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบในสถานีอ้างอิง และลำธารสายอื่นๆ เพื่อปรับ metric ให้สามารถใช้คะแนนดัชนีชีวภาพได้ทั่วประเทศ กลุ่มสัตว์ที่พบเด่นในลำธารต้นน้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง แต่พบน้อยจนกระทั่งถึงไม่พบเลยในลำธารต้นน้ำเลย ต้นน้ำชี และต้นน้ำใกล้เคียง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จึงควรมีการปรับตัวแปรทางชีวภาพให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เพื่อให้ได้คะแนนดัชนีชีวภาพที่แม่นยำขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. จุดมุ่งหมายหลักของการประเมินทางชีวภาพแบบเร็ว คือ ใช้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำ ผู้คนในชุมชนสามารถนำมาใช้เฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำในท้องถิ่นของตนเองได้ แต่ปัญหาสำคัญคือ ขาดแคลนผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการเผยแพร่ความรู้และงบประมาณในการดำเนินการ ดังนั้นการแก้ปัญหาในข้อนี้ คือสำนักจัดการบริหารลุ่มน้ำแต่ละลุ่มน้ำ ควรมีงบประมาณประจำปีสำหรับการจัดการประเมินทางชีวภาพในลำน้ำแต่ละสาย ให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ของลำธารและแม่น้ำทุกสายทั่วประเทศ

2. เนื่องจากอิทธิพลของสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ การเก็บตัวอย่างในฤดูฝนให้ผลไม่คุ้มค่าในการประเมิน เพราะสัตว์มีความหนาแน่นต่ำมาก ฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับการประเมินทางชีวภาพ ควรดำเนินการในฤดูหนาวและฤดูร้อน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. **สรุปลักษณะอากาศรายวัน**. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th/climate/climate.php>, 25 มิถุนายน 2557.

นฤมล แสงประดับ และ วิโรจน์ หนักแน่น. 2541. การศึกษาเบื้องต้นสัตว์ไม่มี

กระดูกสันหลังหน้าดินในลำห้วยห้วยเสือและลำห้วยพรมแล้ง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว.

วารสารวิจัย มข. 3 (1) : 1-15.

นัสรียา หมีนหวัง, อำพล พยัคฆา และ แดงอ่อน พรหมมี. 2555. การประยุกต์ใช้ดัชนีชีวภาพ

ประเมินคุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก. **SDU Res. J.** 5 (2) :

114-123.

บุญเสฐียร บุญสูง, ศิริพร แซ่แสง, ประยุทธ์ อุดรพิมาย และ วงศ์วรรธ ธนศิลป์. 2546.

ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารต้นน้ำห้วยเขย่งและห้วยทิม

อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรพร โยธาวงษ์. 2553. การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพแบบเร็วด้วยสัตว์ไม่มี

กระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารต้นน้ำ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์

ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพบูรณ์ เกตวงษา. 2553. การพัฒนาดัชนีชีวภาพสำหรับการประเมินคุณภาพลำธารแบบเร็ว

ในกลุ่มน้ำแม่โจง 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. 2553. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคตะวันตก พ.ศ. 2553.

104 หน้า

รพี ดอกไม้เทศ. 2548. การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินในการผลิตเห็ดหอมในอำเภอสวนผึ้ง

จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา ทากัน. 2549. การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ประเภทพื้นท้องน้ำเป็นตัวบ่งชี้
คุณภาพน้ำทางชีวภาพของแม่น้ำปิง ปี 2547-2548. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วีระพล แต่สมบัติ. 2548. การแบ่งกลุ่มลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขา. แหล่งที่มา:
<http://www.rid.go.th/document/1-2.pdf>, 23 พฤษภาคม 2557.

สุทธิณี จิตมณี. 2547. ความหลากหลายของแมลงน้ำในพื้นที่โครงการทองผาภูมิ 72 พรรษามหาราช
อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุชิต พรแดง และ กุลวดี สุทธาวาส. 2545. รายงานการสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน
โครงการฟาร์มตัวอย่างในพระองค์ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ หมู่ที่ 4
บ้านบ่อหวี ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี. 38 หน้า

อาทิตย์ นันทขว้าง. 2544. การใช้บทบาทการกินของแมลงน้ำเป็นดัชนีประเมินสภาพระบบนิเวศ
และคุณภาพน้ำจากลำธารในอุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุยและและอุทยานแห่งชาติ
คอยอินทนนท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Allan, J.D. 1995. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters**.
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 Biology** 39 (4):
765-774.

Baptista D.F., D.F. Buss, M. Egler, M.P. A. 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, G.E. Griffith, R. Frydenborg, E. McCarron, J.S. White and M.L. Bastian. 1996. A framework for biological criteria for Florida stream using benthic macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society** 15 (2): 185-211.
- _____, _____, B.D. Snyder and J.B. Stribling. 1999. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish, 2nd edition**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Bonada, N., N. Prat, V.H. Resh and B. Statzner. 2006. Development in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. **Annu. Rev. of Entomol.** 51: 495-523.
- Boonsoong, B. 2007a. **Rapid bioassessment of Thai streams with benthic macroinvertebrates**. Ph.D. Thesis, Khon Kaen University.
- _____, S. Saeheng, P. Udonphimai and V. Tanusilp. 2007b. Effect of Local Land use on Benthic Macroinvertebrates in Headwater Streams, Western Thailand, pp. 63-68. *In* **BRT Research Report 2007**. Western Thong Pha Phum.
- _____, N. Sangpradub and M.T. Barbour. 2009a. Development of rapid bioassessment approaches using benthic macroinvertebrates for Thai streams. **Environmental Monitoring and Assessment** 155: 129-147.
- _____, _____, _____, and W. Simachaya. 2009b. An implementation plan for using biological indicators to improve assessment of water quality in Thailand. **Environmental Monitoring and Assessment** 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. **Environmental Monitoring and Assessment** 96: 233-249.
- Hughes, R.M. 1995. Defining Acceptable Biological Status by Comparing with Reference Conditions, pp. 31-47. *In* W.S. Davis and T.P. Simon., eds. **Biological Assessment and Criteria: Tools for water resource planning and decision making**. CRC Press LLC, Florida.
- Jun, Y., D. Won, S. Lee, D. Kong and S. Hwang. 2012. A Multimetric Benthic Macroinvertebrate Index for the Assessment of Stream Biotic Integrity in Korea. **Int. J. Environ. Res. Public Health** 9: 3599-3628.
- Linke, S., R.H. Norris, D.P. Faith and D. Stockwell. 2005. ANNA: a new prediction method for bioassessment programs. **Freshwater Biology** 50 (1): 147-158.
- Lücke, J.D. and R.K. Johnson. 2009. Detection of ecological change in stream macroinvertebrate assemblages using single metric, multimetric or multivariate approaches. **Ecological Indicators** 9: 659-669.
- 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. Verdonchot and D.C. Van Der Werf. 2005. The use of indicator taxa as representative of communities in bioassessment. **Freshwater Biology** 50: 1427-1440.
- Omernik, J.M. 1995. Ecoregions: A Spatial Framework for Environmental Management, pp. 49-62. *In* W.S. Davis and T.P. Simon., eds. **Biological Assessment and Criteria: Tools for water resource planning and decision making**. CRC Press LLC, Florida.

- Resh, V.H. 1995. Freshwater Benthic Macroinvertebrates and Rapid Assessment Procedures for Water Quality Monitoring in Developing and Newly Industrialized Countries, pp. 167-177. *In* W.S. Davis and T.P. Simon., eds. **Biological Assessment and Criteria: Tools for water resource planning and decision making**. CRC Press LLC, Florida.
- 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. **Journal of the North American Benthological Society** 16: 833-852.
- Rosenberg, D.M and V.H. Resh. 1993. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York, Chapman and Hall.
- Sa-ardrit, P., F.W.H. Beamish and C. Kongchaiya. 2007. Biodiversity, Community Structure and Bioassessment of Water Quality in Thong Pha Phum District, Western Thailand. pp. 69-85. *In* **BRT Research Report 2007**. Western Thong Pha Phum.
- Sangpradub, N., and B. Boonsoong. 2006. **Identification of Freshwater Invertebrates of the Mekong River and its Tributaries**. MRC, Vientiane, Lao PDR.
- _____, C. Inmuong, C. Hanjavanit and U. Inmuong. 1998. **A correlation study between freshwater benthic macroinvertebrate fauna and environmental quality factors in Nam Pong Basin Thailand**. Research report submitted to Thailand Research Fund (TRF) and Khon Kaen University (KKU).
- Tetra Tech, Inc. 2000. **Ecological Data Application System (EDAS): A User's Guide**. Owings Mills, MD.
- Thani, I and C. Phalaraksh. 2008. A Preliminary Study of Aquatic Insect Diversity and Water Quality of Mekong River, Thailand. **KKU Sci. J. 36 (Supplement)**: 95-106.

Thorne, R.J., and W.P. Williams. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: A multimetric system of bioassessment. **Freshwater Biology** 37 (3): 671-686.

UNEP (United Nation Environmental Programme). 2008. **Water quality for ecosystem and human health, 2nd Edition**. Available Source :
http://www.unwater.org/wwd10/downloads/water_quality_human_health.pdf,
 January 10, 2008.

Watanasit, S. 1999. Seasonal change in aquatic insect communities of freshwater streams in southern Thailand. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 21(2): 141-153.

Wright, J.F. 1995. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. **Australian Journal of Ecology** 20 (1):181-197.





วิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมี
โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2000

การวิเคราะห์ค่าความขุ่นของน้ำ (0 to 4400 FAU)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำ โดยกดหมายเลข 750 แล้วจึงกดตกลงหน้าจอจะแสดงค่าช่วงคลื่นแสง 450 nm
2. หมุนปุ่มปรับคลื่นแสงให้อยู่ที่คลื่นแสง 450 nm
3. ใส่ น้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) ที่ใช้เป็น blank ลงในหลอดปริมาณ 25 ml เพื่อเป็นตัวทดสอบ
4. นำหลอดน้ำที่ปราศจากไอออนที่ใช้เป็น blank ใส่ลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
5. กดปุ่ม ZERO หน้าจอจะแสดง: Zeroing.... จากนั้นจะปรากฏ: 0 FAU TURBIDITY
6. นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบใส่ลงในหลอดปริมาณ 25 ml จากนั้นใส่ลงในเครื่องแล้วจึงปิดฝาเครื่อง
7. กดปุ่ม: READ หน้าจอเครื่องจะแสดง: Reading.... จากนั้นจะปรากฏผลของค่าที่ตรวจวัดได้มีหน่วยเป็น FAU

การเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันที หลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที สามารถที่จะเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้นาน 48 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39°F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้อง เพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอย (0 to 750 mg/L)

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดปริมาณของแข็งแขวนลอย 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 ลงในหลอดปริมาตร 25 ml เพื่อเป็นตัวแทนทดสอบ
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: ปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยมีหน่วยเป็น mg/L

การเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที สามารถที่จะเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้นาน 7 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อจะนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์

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

1. เลือกโปรแกรมสำหรับการตรวจวัดค่าไนเตรท ในโตรเจน (NO₃⁻-N) โดยกดหมายเลข 353 แล้วจึงกดปุ่มตกลง 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: ค่าไนเตรท แสดงหน่วยเป็น mg/L

การเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

เก็บรักษาตัวอย่างในขวดพลาสติกที่สะอาด หรือขวดแก้ว แล้วนำมาวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที สามารถที่จะเก็บรักษาตัวอย่างไว้ได้นาน 24-48 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C (39 °F) เมื่อนำมาวิเคราะห์ให้นำออกมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิตามปกติ ก่อนนำมาวิเคราะห์



แบบประเมินแหล่งอาศัย

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
Parameters to be evaluated in sampling reach	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 <u>not</u> 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

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			

Total Score _____



ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน
ที่พบในลำธารต้นน้ำภาษี

ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในลำธารต้นน้ำภาษี



O. Amphipoda



O. Coleoptera

F. Hydroscaphidae



O. Coleoptera

F. Psephenidae

Ectopria sp.



O. Hemiptera

F. Corixidae

Sigara sp.



O. Hemiptera

F. Naucoridae

Heleocoris sp.



O. Coleoptera

F. Psephenidae

Eubrianax sp.



O. Ephemeroptera

F. Leptophlebiidae

Choroterpes(Dilatognathus) sp.



O. Ephemeroptera

F. Caenidae

Caenis sp.



O. Ephemeroptera

F. Heptageniidae

Thalerosphyrus sp.



O. Plecoptera

F. Perlidae

Neoperla sp.



O. Ephemeroptera

F. Baetidae

Liebebiella sp.



O. Trichoptera

F. Hydropsychidae

Cheumatopsyche sp.



O. Diptera

F. Simuliidae

Simulium sp.



O. Diptera

F. Chironomidae



O. Coleoptera

F. Hydraenidae



O. Hemiptera

F. Hebridae

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวนพเกตุ มะอนันต์
 เกิดวันที่ 20 พฤศจิกายน 2530
 สถานที่เกิด อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
 ประวัติการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 ตำแหน่งปัจจุบัน -
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
 ทุนการศึกษาที่ได้รับ -