การเปรียบเทียบโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ต่างกัน ในลำน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

Comparison of Benthic Macroinvertebrate Community Structure in Relation to Different Types of Human Disturbance along the Pong River, Khon Kaen Province

ชุติมา หาญจวณิช (Chutima Hanjavanit)[1]*
นิศารัตน์ ตั้งไพโรจน์วงศ์ (Nisarat Tangpirotewong)[2]

บทคัดย่อ

เก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจาก 17 สถานีของลำน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น สถานีละ 6 ซ้ำทุกฤดูกาล ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546 ด้วย Ekman Grab พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมด 3 ไฟลัม 15 อันดับ 65 วงศ์ 123 สกุล และ 123 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ เมื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยตัวแปรชีวภาพหรือเมทริก (metric) พบว่าจำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน มีค่าผันแปรในแต่ละฤดูกาล แต่ละปี และลดลงตามระยะทาง โดยช่วงท้ายเขื่อนและช่วงมีการเลี้ยงปลามีค่าสูง และมีแนวโน้มลดลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงาน และชุมชน ส่วนจำนวนชนิดและร้อยละของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว (อันดับ Ephemeroptera, E) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับ Trichoptera, T) มีค่าสูงที่บริเวณช่วงท้ายเขื่อน ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน แต่มีค่าต่ำลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงที่มีการเลี้ยงปลา ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากตัวอย่างที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยการจัดกลุ่มและจัดอันดับเชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำ โดยใช้ CCA (Canonical Correspondence Analysis) พบว่าปี พ.ศ. 2545 โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบบริเวณช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชนถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและมีความแตกต่างจากสถานีที่เหลือประมาณร้อยละ 40 และพบว่าค่าบีโอดีมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกน ($r>0.05$) โดยค่าบีโอดีที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชนมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนปี พ.ศ. 2546 โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชนถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ผลการวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย CCA พบว่าสีของน้ำมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกน ($r>0.05$) โดยค่าสีของน้ำที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชนมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 ดังนั้นโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินซึ่งเป็นข้อมูลทางชีวภาพที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจนำมาใช้แบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็นสถานีก่อนปนเปื้อน หรือสถานีปนเปื้อนน้อย ได้แก่ ช่วงบริเวณท้ายเขื่อน ช่วงบริเวณที่มีการเลี้ยงปลา ส่วนสถานีปนเปื้อน ได้แก่ ช่วงบริเวณโรงงานกระดาษ ช่วงบริเวณก่อนโรงงานและชุมชน ช่วงบริเวณโรงงานและชุมชน ช่วงบริเวณหลังผ่านโรงงานและชุมชน

[1]*รองศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[2]*อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
**corresponding author, e-mail: chuhan@kku.ac.th*

Abstract

Benthic macroinvertebrates were seasonally sampled from 17 stations along the Pong River, Khon Kaen Province, Thailand during 2002 and 2003. Six replicates of samples were taken by Ekman Grab from each sampling site. Three phyla, 15 orders, 65 families, 123 genera and 123 species were identified and were dominated by aquatic insect larvae. Data on biological metrics showed that the total number of taxa of the benthic macroinvertebrates varied through time, space and distance over the study sites. It increased in the zone after the dam (z1) and the zone of fish cages (z3) and declined in the zone of the pulp and paper mill factory (z2), the sugar mill factory and urban areas (z4, z5, z6). ET (Ephemeroptera and Trichoptera) taxa and % ET declined in the zone of the pulp and paper mill factory (z2), the zone of the fish cage culture (z3), the zone of the sugar mill factory and urban area (z5) and the zone after the sugar mill factory and urban area (z6), whereas they increased in the zone after the dam (z1) and the zone before the sugar mill factory and urban area (z4), particularly in November 2002. Canonical correspondence analyses (CCA) were used to determine macroinvertebrate distribution related to environmental variables. In 2002, most community structures of macroinvertebrates at z2, z5 and z6 were categorized as the same group and were 40% different from the other groups. From CCA, BOD was significantly correlated with axis (r>0.05) and BOD at z2 and z6 increased. The community structure of macroinvertebrates at z2, z4, z5 and z6 however was designated as the same group as in 2003. Data on CCA showed that the color of water was significantly correlated with axis (r>0.05), particularly color of water at z2, z5 and z6 which increased in April 2003. This result may suggest that the benthic macroinvertebrate community can be used to qualify characteristics of the Pong River as less impacted sites (z1 and z3) and impacted sites (z2, z4, z5 and z6) and to assess the effects of human disturbances.

คำสำคัญ: สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โครงสร้างชุมชน การรบกวนของมนุษย์

Keywords: benthic macroinvertebrates, community structure, human disturbance

บทนำ

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (benthic macroinvertebrates) หมายถึง สัตว์ที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 200-500 ไมโครเมตร อาศัยอยู่ตามพื้นอาศัยแบบต่างๆ ได้แก่ ตะกอน เศษซาก ท่อนซุง พืช สาหร่ายที่เป็นสาย (filamentous algae) และอื่นๆ ที่อยู่ตามพื้นท้องน้ำของแหล่งน้ำจืดอย่างน้อยช่วงหนึ่งของวงจรชีวิต (Rosenberg and Resh, 1993) และเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีความสำคัญในระบบนิเวศน้ำจืด เนื่องจากเป็นสัตว์ที่มีบทบาทและหน้าที่ในการถ่ายพลังงานของห่วงโซ่อาหารและการหมุนเวียนแร่ธาตุของระบบนิเวศน้ำจืด (Cummins, 1973; Williams and Feltmate, 1992) และยังเป็นอาหารหลักของปลา (Serajuddin et al., 1998) และสัตว์น้ำหลายชนิด (Wallace and Webster, 1996) ปัจจุบันหลายประเทศทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และออสเตรเลียได้นิยมนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมาใช้เตือนในงานติดตามตรวจสอบทางชีวภาพ (biological monitoring) ของแหล่งน้ำ เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีอยู่ทั่วไป จึงได้รับผลกระทบจากการรบกวนหลายชนิดต่อแหล่งน้ำและแหล่งอาศัย มีหลายสปีชีส์ที่ตอบสนองต่อภาวะมลพิษแบบต่างๆ เป็นสัตว์อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่น้อย จึงสามารถเห็นร่องรอย

ของการถูกรบกวนที่เกิดขึ้นกับสัตว์ตามระยะทางที่ไกลออกไป มีวงจรชีวิตยาวพอที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการถูกรบกวนเป็นประจำ หรือเป็นครั้งคราว หรือเกิดจากความแปรปรวนต่าง ๆ ของความเข้มข้นของมลพิษเมื่อเวลาผ่านไป การเก็บตัวอย่างเชิงคุณภาพสามารถทำได้ง่ายและไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง ความรู้ด้านอนุกรมวิธานของสัตว์หลายกลุ่มมีการศึกษาและรู้จักกันอย่างดี รวมทั้งเอกสารที่ใช้ตรวจสอบเอกลักษณ์มีอย่างพอเพียง การวิเคราะห์ข้อมูลชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีการพัฒนาอย่างดีและมีหลายวิธี เป็นกลุ่มสัตว์ที่เหมาะสมที่จะนำมาทดลองเกี่ยวกับการใช้เตือนทางชีวภาพ และมีการพัฒนาวิธีการวัดผลการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของสัตว์แต่ละตัวเมื่อได้รับผลกระทบจากการถูกรบกวน นอกจากนี้ยังมีรายงานการตอบสนองของสปีชีส์ร่วม (common species) ต่อมลพิษชนิดต่าง ๆ (Rosenberg and Resh, 1993) Hellawell (1986) ได้รายงานว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่นิยมนำมาใช้ประเมินคุณภาพน้ำ เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินบางกลุ่มมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำได้ไม่เหมือนกัน โดยบางกลุ่มมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำได้สูง เช่น หนอนริ้นน้ำจืด หรือหนอนแดง (แมลงอันดับ Diptera) และไส้เดือนน้ำจืด (freshwater oligochaete) ขณะที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินบางกลุ่มมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ เช่น ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (แมลงอันดับ Ephemeroptera, E) ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย (แมลงอันดับ Plecoptera, P) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (แมลงอันดับ Trichoptera, T) ดังนั้นการพบและไม่พบชนิดและจำนวนของสัตว์อันดับต่าง ๆ เหล่านี้จึงมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ (Plafkin et al., 1989)

ลำน้ำพอง หรือแม่น้ำพอง เป็นแม่น้ำสายสำคัญสายหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเป็นแม่น้ำสายหลักของจังหวัดขอนแก่น ปัจจุบันมีบ้านเรือน พื้นที่การเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ใกล้กับลำน้ำพอง และมีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น อุปโภค บริโภค การประมง การเกษตร การชลประทาน การประปา การล้างและทำความสะอาดวัตถุดิบและเครื่องจักร หล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนจากเครื่องจักร นอกจากนี้ลำน้ำพองยังเป็นที่รองรับน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยจากบ้านเรือน การเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนเมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและอาจมีผลทำให้เกิดภาวะมลพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ ปัญหาความยุ่งยากข้อหนึ่งเกี่ยวกับภาวะมลพิษทางน้ำ คือ ความยากที่จะป้องกันภาวะมลพิษที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษแบบไม่มีจุด (non-point sources of pollution) เพราะขาดเทคนิคที่ใช้ในงานติดตามตรวจสอบ (monitor) และประเมินผล (assess) ความเสียหายที่เกิดขึ้น ลำพังการประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีมีความไม่พอเพียงอย่างมาก เนื่องจากมลพิษจากสารเคมีที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษแบบไม่มีจุดอาจจะเกิดขึ้นอย่างชั่วคราว และไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ จึงทำให้ไม่สามารถทำนายและแปลผลกระทบได้ ซึ่งการแปลผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอาจเป็นความสับสนที่เกิดร่วมกับการถูกรบกวนของแหล่งอาศัยทางกายภาพ (physical habitat) ของสิ่งมีชีวิต (Barbour et al., 1996) ดังนั้นการเตือนทางชีวภาพโดยวัดผลกระทบที่มีต่อโครงสร้างชุมชน (community structure) ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำอาจเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำเป็นเครื่องเตือนภัยโดยธรรมชาติของคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสามารถเปิดเผยให้ทราบถึงผลของภาวะมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวและมีการสะสมเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีผลไปเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำอีกด้วย (Plafkin et al., 1989; Barbour et al., 1995) ดังนั้นการสำรวจทางชีวภาพ (biological survey) และการประเมินจึงเป็นขั้นตอนปฐมภูมิ (primary approach) ของการเตือนทางชีวภาพ (Barbour et al., 1996) การพบและไม่พบสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือความชุกชุมของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งอาจใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ (indicator organisms) ถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือการค่อย ๆ เกิดของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่ง

อาจแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ฉะนั้นการพบหรือความชุกชุมของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งจะให้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ของสภาวะสิ่งแวดล้อม (Hellawell, 1978 อ้างถึงใน Abel, 2000) เนื่องจากคุณภาพของสิ่งแวดล้อมมีความผันแปรและชนิดของสิ่งมีชีวิตอาจบอกให้ทราบถึงคุณภาพของสภาพแวดล้อมได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ที่มีศักยภาพ (potential indicator organisms) บางทีอาจใช้ได้เฉพาะกับสิ่งมีชีวิตที่มีการตอบสนองอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในช่วงแคบและอย่างเฉพาะเจาะจง (Abel, 2000)

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อ (1) ศึกษาความหลากชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำน้ำพองจาก 6 บริเวณ รวม17 สถานี และ (2) ศึกษาตัวแปรทางชีวภาพ หรือเมทริก (metric) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินว่าสามารถนำมาใช้แบ่งสถานีจุดเก็บตัวอย่างเป็นสถานีก่อนปนเปื้อน หรือสถานีปนเปื้อนน้อย และ/ หรือสถานีปนเปื้อน

วิธีดำเนินการศึกษา

1. สถานศึกษา

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินครอบคลุมพื้นที่ลำน้ำพองทั้งหมด 17 จุด (รูปที่ 1) ได้แก่ บ้านห้วยทราย (S01) ก่อนถึงปากบึงโจด (S02) ในบึงโจด (S03) ก่อนผ่านโปรเจคกรีน (S04) หลังผ่านโปรเจคกรีน (S05) ปากบึงโจด (S06) บ้านห้วยเสือเต้น (S07) บ้านหนองบัวน้อย (S08) หน้าฝายหนองหวาย (S09) บึงถุงเทียว (S10) ก่อนโรงงานน้ำตาล (S11) บ้านท่ากระเสริม (S12) ปากห้วยใหญ่ (S13) บ้านนาเพียง (S14) ห้วยพระคือ (S15) บ้านท่าหิน (S16) และหน้าฝายมหาสารคาม (S17) รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 17 จุด ดังแสดงในตารางที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดนำมาพิจารณาและแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ตามประเภทของกิจกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงาน กระชังปลา และชุมชน ออกเป็น 6 ช่วง ดังนี้ (1) ช่วงท้ายเขื่อน (z1) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 1 และ 2 (2) ช่วงโรงงานกระดาษ (z2) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 3, 4, 5 และ 6 (3) ช่วงมีกระชังปลา (z3) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 7 และ 8 (4) ช่วงก่อนโรงงานน้ำตาลและชุมชน (z4) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 9, 10 และ 11 (5) ช่วงโรงงานและชุมชน (z5) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 12, 13, 14, และ 15 (6) ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 16 และ 17

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 ตัวแปรทางสภาพแวดล้อม

ก่อนเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ได้เก็บตัวอย่างน้ำจากสถานีต่าง ๆ ทั้ง 17 สถานี เพื่อตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) การนำไฟฟ้าของน้ำ (conductivity) สีของน้ำ (color) ความขุ่นของน้ำ (turbidity) โดยวัดที่จุดเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือภาคสนามที่ได้มาตรฐาน ส่วนค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand, BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) และแบคทีเรีย กลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) นำกลับมาวัดที่ห้องปฏิบัติการ ซึ่งภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นผู้รับผิดชอบ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง (มกราคม พ.ศ. 2545 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546) ฤดูร้อน (เมษายน พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2546) และฤดูฝน (พฤศจิกายน พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2546) ซึ่งควรเก็บตัวอย่างในเดือนกันยายนหรือตุลาคม แต่เนื่องจากมีฝนตกหนักและระดับน้ำในลำน้ำพองสูงมาก ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ จึงต้องเลื่อนมาเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายนและใช้เป็นตัวแทนของฤดูฝน

2.2 ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำเสร็จสิ้น เก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจากทั้ง 17 จุด ๆ ละ 6 ซ้ำ เนื่องจากพื้นตะกอนของลำน้ำพองเป็นตะกอนเหลว

ทั้งหมด (soft sediment) และน้ำมีความลึกมาก จึงเก็บตัวอย่างสัตว์ด้วย Ekman Grab ขนาดพื้นที่ 16x16 เซนติเมตร แล้วถ่ายตะกอนและตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่เก็บได้ในถุงพลาสติก ดองตะกอนและตัวอย่างสัตว์ทันทีด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 % ต่อจากนั้นนำตะกอนที่ได้กลับมาที่ห้องปฏิบัติการชีววิทยาน้ำจืด ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนที่มีขนาดตาข่าย 600 ไมโครเมตร โดยใช้น้ำล้างตะกอนหรือโคลนออกจากตัวอย่างสัตว์ แล้วเทตะกอนทั้งหมดลงในถาด และคัดแยก (sorting) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ตรวจสอบเอกลักษณ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจนถึงลำดับอนุกรมวิธานขั้นต่ำที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอยี่ห้อ OLYMPUS (Japan)

เอกสารหลักที่ใช้ตรวจเอกลักษณ์ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ได้แก่ สุชาติ และคณะ (2538); Dudgeon (1999); McCafferty (1981); Merritt and Cummins (1996); Morse et al. (1994); Polhemus and Polhemus (1999); Sangpradub and Boonsoong (2006)

ตัวอย่างที่จัดจำแนกเสร็จแล้วนำมาเก็บในขวดแก้ว (vial) ขนาด 1 dram ที่บรรจุ เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 % พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลรายละเอียดการเก็บตัวอย่างและชื่อวิทยาศาสตร์ของสัตว์ให้ถูกต้อง จากนั้นเก็บรวบรวมตัวอย่างสัตว์ไว้ที่ห้องตัวอย่างอ้างอิง ห้องปฏิบัติการชีววิทยาน้ำจืด ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นคลังตัวอย่างสำหรับการอ้างอิง และศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการกระจายตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเกี่ยวกับพบ/ไม่พบ ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate analysis) ได้แก่ การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (clustering) โดยใช้ Jaccard distance measure และการจัดอันดับ (ordination) โดยใช้ CCA (Canonical Correspondence Analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป PC-ORD

ผลการศึกษา

1. ตัวแปรทางสภาพแวดล้อม

จากการเก็บตัวอย่างน้ำในลำน้ำพองปีละ 3 ครั้ง ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546 พบว่า **DO** เฉลี่ยจากช่วงบริเวณและเดือนต่าง ๆ มีค่าสูงอยู่ในช่วง 4.50 - 6.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 DO ที่ช่วงท้ายเขื่อน ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงมีกระชังปลา และช่วงก่อนโรงงานและชุมชนมีค่าต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร **บีโอดี**เฉลี่ยที่วัดได้ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 มีแนวโน้มสูงกว่าเดือนต่าง ๆ โดยเรียงลำดับบริเวณที่พบปริมาณมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ (1) ช่วงมีกระชังปลา มีค่า 3.70 มิลลิกรัมต่อลิตร (2) ช่วงโรงงานกระดาษ มีค่า 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร (3) ช่วงก่อนโรงงานน้ำตาลและชุมชน มีค่า 2.40 มิลลิกรัมต่อลิตร (4) ช่วงโรงงานและชุมชน มีค่า 2.30 มิลลิกรัมต่อลิตร (5) ช่วงหลังโรงงานและชุมชน มีค่า 2.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และ (6) ช่วงท้ายเขื่อนมีค่าต่ำสุดเพียง 0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม**มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ช่วงโรงงานและชุมชน คือ 173.81×10^2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 846.52 x 10 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงในทุกฤดูที่เก็บตัวอย่างบริเวณที่พบมากไปน้อย ได้แก่ ช่วงโรงงานกระดาษ (653.72 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 586.99 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร) ช่วงหลังโรงงานและชุมชน (157.92 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 124.75 MPN ต่อ100 มิลลิลิตร) ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน (120.45 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 141.23 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร) ช่วงท้ายเขื่อน (81.83 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 68.50 MPN ต่อ100 มิลลิลิตร) ช่วงมีกระชังปลามีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด (55.00 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 44.08 MPN ต่อ100 มิลลิลิตร) ตามลำดับ **ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ**ที่ช่วงบริเวณโรงงานกระดาษมีค่าเฉลี่ยสูงสุดของทุกเดือนที่เก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะเดือนเมษายน พ.ศ. 2546 มีค่าสูงถึง 1346.0 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร และเรียงลำดับบริเวณที่

พบมากไปน้อย คือ ช่วงบริเวณหลังผ่านโรงงานและชุมชน (335.0 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) ช่วงบริเวณโรงงานและชุมชน (198.3 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) ช่วงมีกระชังปลา (186.5 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน (178.3 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) และช่วงบริเวณท้ายเขื่อน (177.0 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร) ตามลำดับ **สีของน้ำ**ช่วงบริเวณโรงงานและชุมชนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 146.3 Unit ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 และเรียงลำดับบริเวณที่พบมากไปน้อย ได้แก่ ช่วงบริเวณโรงงานกระดาษ (83.6 Unit) ช่วงบริเวณหลังโรงงานและชุมชน (40.0 Unit) ช่วงบริเวณก่อนโรงงานและชุมชน (30.0 Unit) ช่วงบริเวณมีกระชังปลา (30.0 Unit) และช่วงบริเวณท้ายเขื่อน (30.0 Unit) ตามลำดับ **ความขุ่นของน้ำ** พบช่วงบริเวณโรงงานและชุมชนวัดได้เฉลี่ยสูงสุดในเดือน 92.4 NTU ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2546 บริเวณที่มีความขุ่นของน้ำมากสุดไปน้อยสุด คือ ช่วงบริเวณหลังโรงงานและชุมชน ช่วงบริเวณโรงงานกระดาษ ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน ช่วงบริเวณมีกระชังปลา และช่วงบริเวณท้ายเขื่อน ตามลำดับ

2. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินพบทั้งหมด 3 ไฟลัม 15 อันดับ 65 วงศ์ 123 สกุล123 ชนิด ได้แก่ ไฟลัม Annelida, Arthropoda และ Mollusca ส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำโดยเรียงลำดับอันดับที่พบมาก 6 อันดับแรก ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอ (อันดับ Odonata) มีจำนวนชนิดมากที่สุด พบ 12 วงศ์ 27 สกุล รองลงมา คือ ตัวอ่อนแมลงสองปีก (อันดับ Diptera) พบ 7 วงศ์ 19 สกุล ด้วงน้ำ (อันดับ Coleoptera) พบ 7 วงศ์ 17 สกุล มวน (อันดับ Hemiptera) พบ 6 วงศ์ 12 สกุล ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับ Trichoptera) พบ 7 วงศ์ 11 สกุล และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (อันดับ Ephemeroptera) พบ 5 วงศ์ 10 สกุล ตามลำดับ (รูปที่ 2)

ความหลากชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในแต่ละฤดูกาลได้ผลดังนี้ ฤดูแล้ง (มกราคม พ.ศ. 2545) พบสัตว์ทั้งสิ้น 13 อันดับ 32 วงศ์ 42 สกุล ฤดูร้อน (เมษายน พ.ศ. 2545) พบความหลากชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีน้อยที่สุด คือ 13 อันดับ 27 วงศ์ 37 สกุล ฤดูฝน (พฤศจิกายน พ.ศ. 2545) พบสัตว์ทั้งสิ้น 13 อันดับ 30 วงศ์ 46 สกุล ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546) พบความหลากชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีมากที่สุด คือ พบ 13 อันดับ 44 วงศ์ 69 สกุล ฤดูร้อน (เมษายน พ.ศ. 2546) พบสัตว์ทั้งสิ้น 14 อันดับ 38 วงศ์ 57 สกุล และฤดูฝน (พฤศจิกายน พ.ศ. 2546) พบสัตว์ทั้งสิ้น 13 อันดับ 37 วงศ์ 59 สกุล

3. การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยตัวแปรชีวภาพ หรือเมทริก

เมื่อพิจารณาเมทริกจำนวนชนิดและร้อยละของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละกลุ่มและสัตว์ทั้งหมดจำนวน 10 เมทริกตามหลักเกณฑ์ของ Barbour et al. (1996) ได้แก่ (1) จำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Number of total taxa) (2) จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera, E) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera, T) (ET taxa) (3) จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว (E taxa) (4) จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำ (T taxa) (5) ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาวและแมลงหนอนปลอกน้ำ (% ET) (6) ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว (% E) (7) ร้อยละของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินชนิดเด่น (% Dominant taxa) (8) ร้อยละของ Chironomid (% Chironomid) (9) ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่มแมลงสองปีก (% Diptera) และ (10) จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่มแมลงสองปีก (Diptera taxa) ที่พบในแต่ละช่วงบริเวณทั้ง 6 บริเวณ ผลการวิเคราะห์มีเพียง 3 เมทริกเท่านั้นที่มีการตอบสนองต่อการปนเปื้อน ได้แก่

(1) จำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ช่วงท้ายเขื่อนมีค่าสูงกว่าบริเวณต่าง ๆ และมีแนวโน้มลดลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและช่วงชุมชน (รูปที่ 3) โดยมีค่าผันแปรในแต่ละฤดูกาลและแต่ละปี ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545, 2546 (2) จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม ET มีการตอบสนองต่อการปนเปื้อนในแต่ละบริเวณ (รูปที่ 4 ก) พบว่าบริเวณช่วงท้ายเขื่อนมีจำนวนชนิดแมลงน้ำกลุ่ม ET ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเดือนมกราคม พฤศจิกายน พ.ศ. 2545, 2546 และเมษายน พ.ศ. 2546 แต่เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน พ.ศ. 2546 ที่ช่วงก่อนโรงงานและชุมชนมีจำนวนชนิดแมลงน้ำกลุ่ม ET สูงมากกว่า และมีค่าต่ำลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงมีกระชังปลา ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในเดือนมกราคม และพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 (3) ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET ได้ผลสอดคล้องกับจำนวนชนิดแมลงน้ำกลุ่ม ET คือ พบร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET มีค่าค่อนข้างสูงที่ช่วงท้ายเขื่อน ช่วงก่อนโรงงานและชุมชนซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนมกราคม พฤศจิกายน พ.ศ. 2545, 2546 และมีค่าต่ำลงที่บริเวณช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงที่มีกระชังปลา ช่วงโรงงานและชุมชน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 (รูปที่ 4 ข)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร โดยการจัดกลุ่มด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้ง 2 ปี พบว่าโครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในปี พ.ศ. 2545 และ 2546 มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในปี พ.ศ. 2545 ในบางสถานีมีความแตกต่างจากสถานีอื่นอย่างชัดเจน และมีความแตกต่างประมาณร้อยละ 80 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณช่วงก่อนโรงงานและชุมชน (z4) ช่วงโรงงานและชุมชน (z5) ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) (รูปที่ 5 กรอบสีเทา) ส่วนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในปี พ.ศ. 2546 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่ามีความคล้ายคลึงกัน และแยกออกจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในสถานีที่เหลือของปี พ.ศ. 2545 ที่ความแตกต่างประมาณร้อยละ 70 แต่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในแต่ละฤดูกาลที่เก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน (รูปที่ 5)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มและจัดอันดับเชื่อมโยงกับข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยใช้ CCA (Canonical Correspondence Analysis) ด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละปี พบว่าปี พ.ศ. 2545 โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินแบ่งออก 2 กลุ่ม โดยช่วงโรงงานกระดาษ (z2) ช่วงโรงงานและชุมชน (z5) และช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีความแตกต่างจากกลุ่มที่เหลือประมาณร้อยละ 40 (รูปที่ 6) เมื่อวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย CCA พบว่าค่าบีโอดีมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกน ($r>0.50$) โดยค่าบีโอดีบริเวณช่วงโรงงานกระดาษ (z2) และช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) มีแนวโน้มสูงขึ้น (รูปที่ 7) ส่วนปี พ.ศ. 2546 โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในสถานีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างเล็กน้อย แต่บริเวณช่วงหลังโรงงานและชุมชนในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 (z6Feb03) มีความแตกต่างจากกลุ่มอย่างชัดเจน ส่วนใหญ่โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ช่วงโรงงานกระดาษ (z2) ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน (z4) ช่วงโรงงานและชุมชน (z5) และช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) ทั้งสามฤดูกาลที่เก็บตัวอย่างถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (รูปที่ 8) เมื่อวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย CCA พบว่าสีของน้ำ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกน ($r>0.50$) โดยเฉพาะช่วงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2546 ที่บริเวณช่วงโรงงานกระดาษ (z2) ช่วงโรงงานและชุมชน (z5) และช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน (z6) มีค่าแนวโน้มสูงขึ้น (รูปที่ 9)

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจาก 17 สถานีของลำน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

ตามฤดูกาลระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546 ได้ตัวอย่างสัตว์ทั้งหมด 3 ไฟลัม 15 อันดับ 65 วงศ์ 123 สกุล และ 123 ชนิด ซึ่งมากกว่ารายงานของรัตนา และคณะ (2544) ที่พบสัตว์ทั้งหมดเพียง 3 ไฟลัม 12 อันดับ 28 วงศ์ และ 37 ชนิดเท่านั้น จำนวนชนิดของตัวอย่างสัตว์ไม่เท่ากันนี้อาจเนื่องจากจำนวนสถานีที่เก็บตัวอย่างไม่เท่ากัน และยังมีความแตกต่างเกี่ยวกับเดือนและตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง ยกเว้นเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นเดือนเดียวกันแต่ต่างปี อย่างไรก็ตามสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินส่วนใหญ่ที่พบเหมือนกัน คือเป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ โดยตัวอ่อนแมลงน้ำที่พบทุกครั้งของการศึกษาครั้งนี้ คือ (1) ตัวอ่อนแมลงสองปีก ได้แก่ ริ้นน้ำจืด (สกุล *Bezzia*) ริ้นน้ำกร่อย (สกุล *Chaoborus*) หนอนแดง (สกุล *Cryptochironomus* สกุล *Einfeldia* และสกุล *Tanypus*) (2) ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (สกุล *Caenodes* และสกุล *Povilla*) (3) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (สกุล *Dipseudopsis* และสกุล *Ecnomus*) และยังพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่ตัวอ่อนแมลงน้ำ ได้แก่ ไส้เดือนน้ำจืด (Oligochaete) กุ้งน้ำจืด (สกุล *Macrobrachium*) หอยกาบเดียว (สกุล *Filopaludina*) หอยสองฝา (สกุล *Limnoperna* สกุล *Scabies* และสกุล *Corbicula*) ซึ่งเป็นตัวอย่างสัตว์กลุ่มเดียวกับที่รัตนา และคณะ (2544) ได้รายงานการพบในสถานีต่าง ๆ ที่เก็บจากลำน้ำพอง

ผลการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยตัวแปรชีวภาพ พบมีเพียง 3 เมทริกเท่านั้นที่มีการตอบสนองต่อการปนเปื้อน ได้แก่ จำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละบริเวณมีความผันแปรในแต่ละฤดูกาลและปี ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 และมีความแตกต่างในเชิงสถานที่ โดยเฉพาะช่วงท้ายเขื่อนมีจำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากกว่าช่วงบริเวณต่าง ๆ ซึ่งได้ผลคล้ายกับการศึกษาของรัตนา และคณะ (2544) ที่พบว่าบริเวณใต้เขื่อนอุบลรัตน์และบ้านโนนจิกมีความหลากชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากที่สุดและมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ฉะนั้นอาจแสดงว่าระบบนิเวศทางน้ำที่บริเวณช่วงท้ายเขื่อนมีความเสถียรภาพ (stability) สูงกว่าบริเวณอื่น ๆ และยังเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Norris and Georges (1993) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วจำนวนชนิด (taxa richness) ของสัตว์จะลดลงเมื่อคุณภาพของน้ำเลวลง จำนวนตัวและมวลชีวภาพ (biomass) ของสัตว์อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับชนิดของภาวะมลพิษและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายอาจเนื่องจากแม่น้ำพองบริเวณที่เก็บตัวอย่างมีระดับความลึกมากและมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ ตามปกติตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายมักอาศัยอยู่ในน้ำสะอาดที่มีอุณหภูมิต่ำ (Pescador et al., 2000) และมีความหนาแน่นสูงในบริเวณต้นน้ำที่ไม่ถูกรบกวนรวมทั้งมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง (Lehmkuhl, 1979) นฤมล และคณะ (2542) ได้ศึกษาการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงกลุ่มชีปะขาว แมลงสโตนฟลาย และแมลงหนอนปลอกน้ำ (EPT) ในลำธารต้นน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางน้ำ และถูกนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ดี โดยใช้ร่วมกับตัวอ่อนแมลงชีปะขาวและแมลงหนอนปลอกน้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Norris and Georges (1993) รายงานว่าแมลงกลุ่ม EPT เป็นแมลงน้ำกลุ่มที่ไวต่อภาวะมลพิษหลายอย่าง และจำนวนตัวของแมลงทั้ง 3 อันดับนี้จะลดลงเมื่อคุณภาพน้ำเลวลง ดังนั้นผลการพิจารณาเมทริกจำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม ET ของการศึกษาครั้งนี้พบว่าช่วงท้ายเขื่อนมีจำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม ET ค่อนข้างสูง และมีค่าต่ำลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงมีกระชังปลา ช่วงก่อน โรงงานและชุมชน ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ดังนั้นช่วงท้ายเขื่อนน่าจะจัดเป็นช่วงบริเวณที่มีคุณภาพน้ำดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบช่วงบริเวณต่าง ๆ ที่เหลือ

เมื่อพิจารณาเมทริกค่าร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET ก็ได้ผลสอดคล้องกับจำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม ET โดยพบร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET มากที่สุด

ที่ช่วงท้ายเขื่อน พบรองลงมาที่ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน และมีค่าต่ำลงที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงมีกระชังปลา ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ดังนั้น การพบจำนวนชนิดและร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET ที่ช่วงท้ายเขื่อน ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน สูงกว่าบริเวณอื่น ๆ แสดงว่าน้ำบริเวณช่วงท้ายเขื่อน ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน มีคุณภาพดีกว่า หรือมีการปนเปื้อนน้อยกว่าบริเวณต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sangpradub et al. (1996-1998); นฤมล และคณะ (2542) ได้รายงานว่าแมลงน้ำกลุ่ม EPT มีความทนทานน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำจืด และมักพบกระจายตัวอยู่ในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของยรรยงค์ และคณะ (2540) ได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำพองและรายงานว่าตัวแปรด้านชีววิทยา คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ สามารถนำมาใช้แสดงกลุ่มสถานีที่ได้รับผลกระทบจากภาวะมลพิษได้ละเอียดกว่าค่าตัวแปรด้านกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ

เมื่อพิจารณาร้อยละของหนอนแดง พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากหนอนแดงมีการกระจายตัวในทุกสถานี แสดงว่าหนอนแดงมีความทนทานและสามารถอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมช่วงกว้าง คือ ตั้งแต่คุณภาพน้ำดี หรือปนเปื้อนน้อยจนถึงปนเปื้อนมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sangpradub et al. (1998) ที่พบหนอนแดงกระจายตัวในทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างของลำน้ำพอง แสดงว่าหนอนแดงสามารถทนได้ในน้ำทุกคุณภาพ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Norris and Georges (1993) ได้รายงานว่าสัดส่วนของจำนวนตัวหนอนแดงต่อจำนวนตัวของกลุ่ม EPT มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่สถานีไม่ปนเปื้อนเท่านั้น Wilson and McGill (1977); Ferrington and Crisp (1989, อ้างถึงใน Johnson et al., 1993) ได้กล่าวว่าหนอนแดงเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีเกี่ยวกับภาวะมลพิษเนื่องมาจากอินทรีย์สาร นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังพบไส้เดือนน้ำจืดโดยไม่สามารถระบุสกุลในทุกเดือนที่เก็บตัวอย่าง เช่นเดียวกับการศึกษาของรัตนา และคณะ (2544) รายงานพบไส้เดือนน้ำจืดในสถานีต่าง ๆ ที่เก็บจากแม่น้ำพอง Brinkhurst (1966, อ้างถึงใน Johnson et al., 1993) ได้รายงานและพบไส้เดือนน้ำจืดจำนวนมากในบริเวณที่มีภาวะมลพิษของอินทรีย์สาร ซึ่งสามารถใช้ไส้เดือนน้ำจืดเป็นดัชนีชี้วัดภาวะมลพิษของอินทรีย์สาร

ผลการจัดกลุ่มและอันดับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินด้วยข้อมูลการพบ/ไม่พบสัตว์ทั้ง 2 ปี พบว่าโครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบในปี พ.ศ. 2545 และ 2546 มีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ปี พ.ศ. 2545 พบว่าโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน และช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นร้อยละ 40 เมื่อเชื่อมโยงข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับข้อมูลคุณภาพน้ำและผลวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย CCA พบว่าค่าบีโอดีที่บริเวณช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกับที่พบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มปริมาณมาก โดยเฉพาะช่วงโรงงานและชุมชนพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณต่าง ๆ ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับรัตนา และคณะ (2544) รายงานพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลสเตปโตคอคคัสมากที่สุดที่วัดท่าสองคร ซึ่งเป็นบริเวณริมฝั่งแม่น้ำพองที่มีประชาชนอยู่หนาแน่นมากและมีแหล่งเกษตรกรรม แสดงว่าบริเวณนี้มีการปนเปื้อนของอุจจาระจากคนหรือสัตว์เลือดอุ่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งนี้พบบีโอดี รวมทั้งปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มมีค่าสูงมากที่บริเวณช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน แสดงว่าบริเวณดังกล่าวมีการปนเปื้อนที่เกิดจากสารอินทรีย์ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรม

ต่าง ๆ ที่มาจากโรงงานและน้ำเสียที่ชุมชนปล่อยทิ้งโดยไม่มีการบำบัด ดังนั้นช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน จึงจัดเป็นสถานีที่ถูกปนเปื้อน

โครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชนในปี พ.ศ. 2546 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ผลวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย CCA พบว่าสีของน้ำมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกน ($r>0.50$) โดยเฉพาะช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 ค่าสีของน้ำบริเวณช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน มีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าและค่าความขุ่นของน้ำ โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่บริเวณช่วงโรงงานกระดาษมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น ๆ ส่วนความขุ่นของน้ำที่บริเวณช่วงโรงงานและชุมชนมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น ๆ ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงงานกระดาษ โรงงานและชุมชน ดังนั้นเมื่อคุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็มีผลทำให้โครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่เคยอยู่ในสภาพสมดุลมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย (Metcalfe, 1989 อ้างถึงใน Cairns and Pratt, 1993) ฉะนั้นช่วงโรงงานกระดาษ ช่วงก่อนโรงงานและชุมชน ช่วงโรงงานและชุมชน ช่วงหลังผ่านโรงงานและชุมชน จึงถูกจัดเป็นสถานีที่ถูกปนเปื้อน ส่วนช่วงท้ายเขื่อนช่วงมีกระชังปลา ถูกจัดเป็นสถานีก่อนถูกปนเปื้อนหรือสถานีปนเปื้อนน้อย ดังนั้นโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินรวมทั้งจำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละบริเวณ จำนวนชนิดและร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET ซึ่งเป็นข้อมูลทางชีวภาพที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจสามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพน้ำของลำน้ำพองนอกจากจะใช้ตัวแปรทางกายภาพและเคมีของสภาพแวดล้อมแบ่งกลุ่มสถานีต่าง ๆ ตามลักษณะการปนเปื้อนของน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นชุดโครงการวิจัยย่อยเรื่องหนึ่งในโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาแบบสหศาสตร์เพื่อการจัดการลำน้ำพอง” ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ 2545 และจากศูนย์วิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ 2546 ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคุณประยุทธ์ อุดรพิมายที่ออกเก็บตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

นฤมล แสงประดับ ยรรยงค์ อินทร์ม่วง ชุติมา หาญจวณิช อาษา อาษาไชย และประยุทธ์ อุดรพิมาย. 2542. **การกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงกลุ่ม Ephemeroptera Plecoptera และ Trichoptera (EPT) ในลำธารต้นน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** รายงานการวิจัย.

ยรรยงค์ อินทร์ม่วง นฤมล แสงประดับ และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2540. การตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบใหม่โดยใช้ดัชนีร่วมทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา. **วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม** 20(1): 15-30.

รัตนา มหาชัย นฤมล แสงประดับ วรรณดี บัญญัติรัชตะ ธีรศักดิ์ สมดี ยุวดี ปัชชน ไพศรี วรรณแสงทอง นาถ ภูวงศ์ และชาญเชาว์ พรหมราษฎร์. 2544. **การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของตะกอนดินในลำน้ำพอง.** รายงานผลการวิจัย หมวดเงินอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ 2543.

สุชาติ อุปถัมภ์ มาลียา เครือตราชุ เยาวลักษณ์ จิตราวงศ์ และศิริวรรณ จันทเตมีย์. 2538. **สังขวิทยา.** กรุงเทพฯ: ศักดิ์โสภาการพิมพ์

Abel, P.D. 2000. **Water Pollution Biology**. 2nd ed. London: Taylor & Francis Ltd.

Barbour, M.T., Stribling, J.B. and Karr, J.R. 1995. Multimetric Approach for Establishing Biocriteria and Measuring Biological Condition. In: **Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Marking.** S. Davis and T. P. Simon (Eds.), pp. 63-80. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.

Barbour, M.T., Gerristen, J., Griffith, G.E. and Frydenborg, R. 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. **Journal of the North American Biological Society** 15(2): 185-211.

Brinkhurst, R.O. 1966. อ้างถึงใน Johnson et al., 1993. The Tubificidae (Oligochaeta) of Pollutted Waters. **Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen** 16: 854-859.

Cairns, J. and Pratt, J.R. 1993. A History of Biological Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates. In: **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** D.M Rosenberg and V.H. Resh (Eds.). New York: Chapman & Hall.

Cummins, K.W. 1973. Trophic Relations of Aquatic Insect. **Annual Review of Entomology** 18: 183-206.

Dudgeon, D. 1999. **Tropical Asian Streams Zoobenthos, Ecology and Conservation.** Hong Kong: Hong Kong University Press.

Ferrington, L.C. and Crisp, N.H. 1989. อ้างถึงใน Johnson et al., 1993. Water Chemistry Characteristics of Receiving Streams and the Occurrence of *Chironomus riparius* and Other Chironomidae in Kansas. In: Advances in Chironomidology. Proceedings of the Tenth International Chironomid Symposium, Debrecen, Hungary, July 25-28, 1988. Part 2. Faunistics, Population Dynamics, Ecology, Production and Community Structure, ed. G. Dévai. **Acta Biological Debreina Oecological Hungarica** 3: 115-126.

Hellawell, J.M. 1978. อ้างถึงใน Abel, 2000. **Biological Surveillance of Rivers - A Biological Monitoring Handbook.** Water Research Centre.

Hellawell, J.M. 1986. **Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management**. Elsevier Applied Science, London.

Johnson, R.K., Wiederholm, T. and Rosenberg, D.M. 1993. Freshwater Biomonitoring Using Individual Organisms, Populations, and Species Assemblages of Benthic Macroinvertebrates. In: **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** D.M. Rosenberg and V.H. Resh (Eds.). New York: Chapman & Hall.

Lehmkuhl, M.D. 1979. **How to Know the Aquatic Insects.** Wm. C. U.S.A.: Brown Company Publisher.

McCafferty, W.P. 1981. **Aquatic Entomology**. The Fishermen's and Ecologist Illustrated Guide to Insects and Their relatives. Boston: Jones and Bartlett Publishers, Inc.

Merritt, R.W. and Cummins, K.W. 1996. 2nd ed. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America.** Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Metcalfe, J.L. 1989. อ้างถึงใน Cairns and Pratt. 1993. Biological Water Quality Assessment

of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. **Environmental Pollution** 60: 101-139.

Morse, J.C., Lianfang Y. and Lixin, T. 1994. **Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality**. Nanjing: Hohai University Press.

Norris, R.H. and Georges, A. 1993. Analysis and Interpretation of Benthic Macroinvertebrate Surveys. In: **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** D.M Rosenberg and V.H. Resh (Eds.). New York: Chapman & Hall.

Pescador, L.M., Rasmussen, K.A. and Richard, H.B. 2000. **A Guide to the Stoneflies (Plecoptera) of Florida.** Department of Environmental Protection, Division of Water Resource Management, Tallahassee, Florida A & M University.

Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K. and Hughes, R.M. 1989. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic macroinvertebrates and Fish.** EPA/440/4-89-001. Washington, DC: Office of Water, US Environmental Protection Agency.

Polhemus, D.A. and Polhemus, J.T. 1999. Introduction to the Leptopodomorpha of Thailand and Adjacent Countries. **Amemboa** 3: 14-21.

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

Sangpradub, N., Inmuong, Y., Hanjavanit, C. and Inmuong, U. 1996. A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand Part I. **A Research Report to the Thailand Research Fund.**

Sangpradub, N., Inmuong, Y., Hanjavanit, C. and Inmuong, U. 1997. A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand Part II. **A Research Report to the Thailand Research Fund.**

Sangpradub, N., Inmuong, Y., Hanjavanit, C. and Inmuong, U. 1998. A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand Part III. **A Research Report to the Thailand Research Fund.**

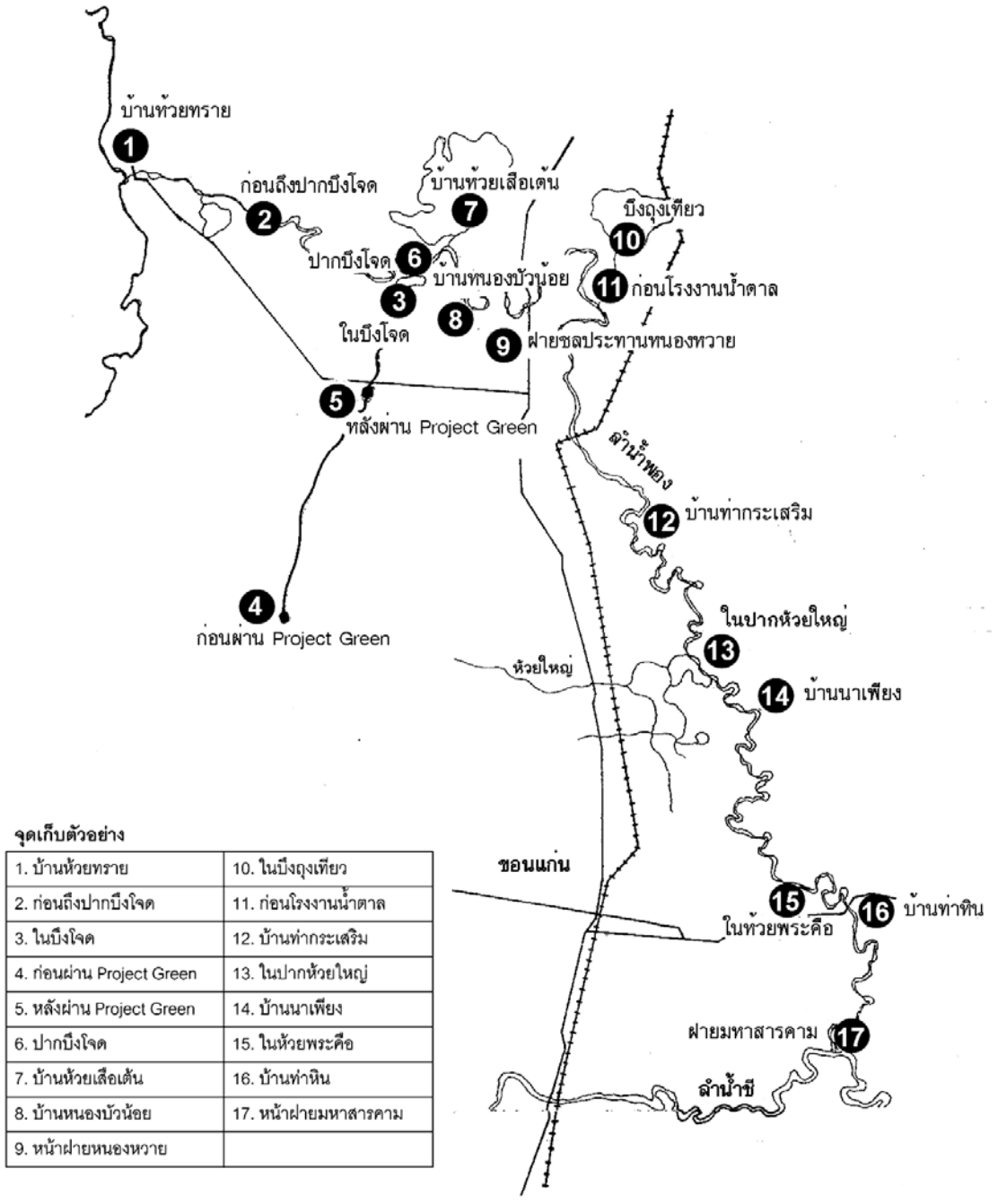
Sangpradub, N. and Boonsoong, B. 2006. **Identification of Freshwater Invertebrates of the Mekong River and its Tributaries.** Mekong River Commission, Vietiane.

Serajuddin, M., Khan, A.A. and Mustafa, S. 1998. Food and Feeding habit of Spiny Eel, *Mastacembelus armatus*. **Asian Fisheries Science** 11: 271-278.

Wallace, J.B. and Webster, J.R. 1996. The Role of Macroinvertebrate in Stream Ecology Function. **Annual Review of Entomology** 41: 115-139.

Williams, D.D. and Feltmate, B.W. 1992. **Aquatic Insects.** New York: CAB International Trowbridge, Redwood Books.

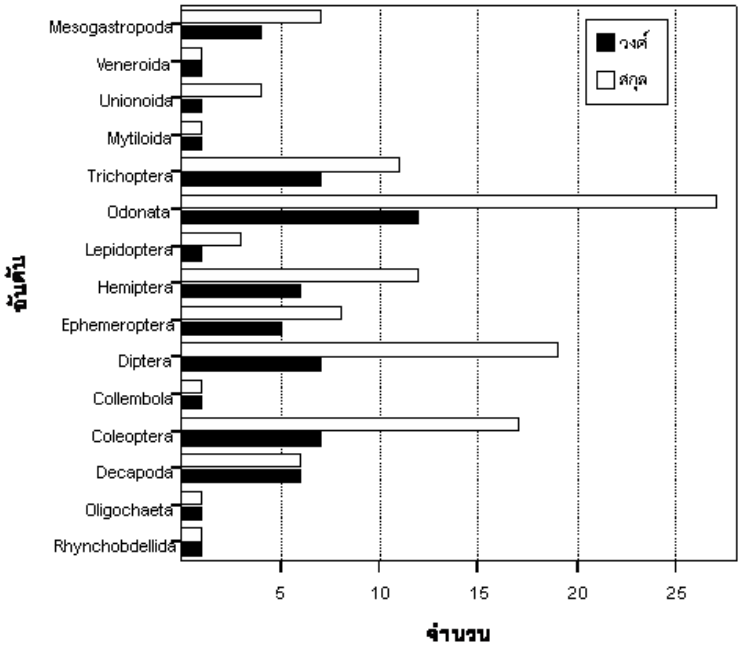
Wilson, R.S. and McGill, J.D. 1977. อ้างถึงใน Johnson et al., 1993. A New Method of Monitoring Water Quality in a Stream Receiving Sewage Effluent, Using Chironomid Pupal Exuviae. **Water Research** 11: 959-962.



จุดเก็บตัวอย่าง

1. บ้านห้วยทราย	10. ในบึงถุงเทียว
2. ก่อนถึงปากบึงโจด	11. ก่อนโรงงานน้ำตาล
3. ในบึงโจด	12. บ้านท่ากระเสริม
4. ก่อนผ่าน Project Green	13. ในปากห้วยใหญ่
5. หลังผ่าน Project Green	14. บ้านนาเพียง
6. ปากบึงโจด	15. ในห้วยพระคือ
7. บ้านห้วยเสือเต้น	16. บ้านท่าหิน
8. บ้านหนองบัวน้อย	17. หน้าฝายมหาสารคาม
9. หน้าฝายหนองหวาย	

รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างในลำน้ำพอง

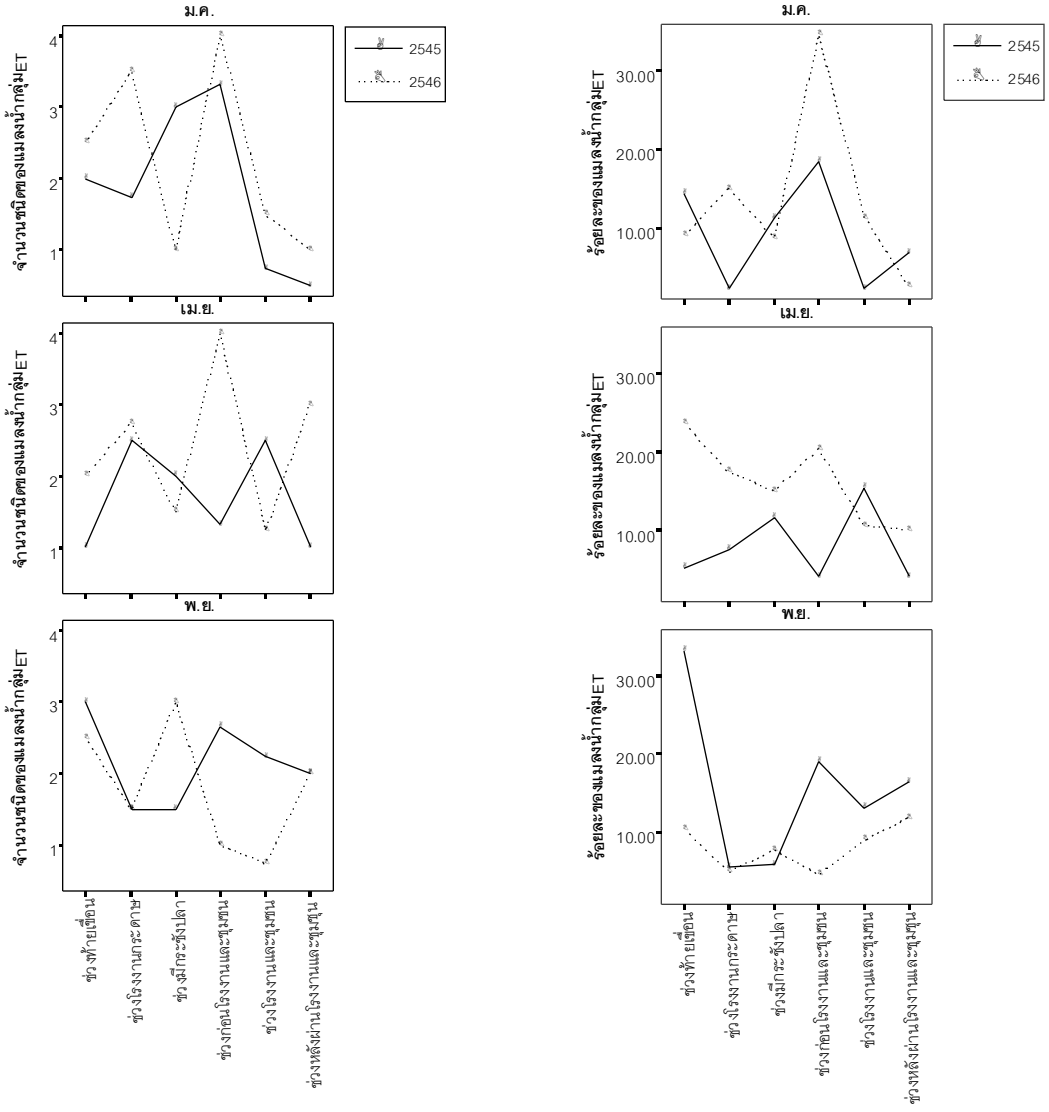


รูปที่ 2 จำนวนวงศ์และสกุลของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละอันดับ ปี พ.ศ. 2545-2546

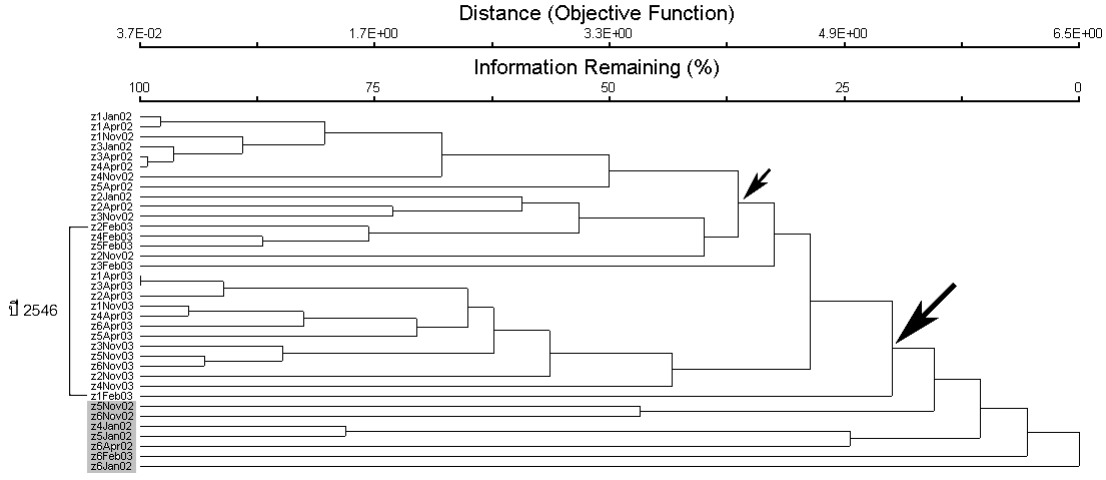
ตารางที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างและรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำน้ำพองทั้ง 17 สถานี

จุดเก็บตัวอย่าง	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง
1. บ้านห้วยทราย	สะพานข้ามน้ำพอง ทางหลวง 2109 อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ไปอำเภอโนนสังจังหวัดอุดรธานี
2. ก่อนถึงปากบึงโจด	ณ 200 เมตร เหนือจุดบรรจบบึงโจดกับลำน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
3. ในบึงโจด	บริเวณกลางบึงโจด อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
4. ก่อนผ่านโปรเจคกรีน	บริเวณสะพานข้ามลำห้วยโจด ทางหลวง 2109 อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
5. หลังผ่านโปรเจคกรีน	บริเวณท้ายห้วยโจดก่อนที่ไหลเข้าบึงโจด อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
6. ปากบึงโจด	บริเวณปากบึงโจดก่อนที่ไหลบรรจบลำน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
7. บ้านห้วยเสือเต้น	ในลำน้ำพองบริเวณปากห้วยแก่งเสือเต้น อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
8. บ้านหนองบัวน้อย	บ้านหนองบัวน้อย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
9. หน้าฝายหนองหวาย	ฝายโครงการชลประทานหนองหวาย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
10. ในบึงถุงเทียว	ในบึงถุงเทียว อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
11. ก่อนโรงงานน้ำตาล	บริเวณศาลเจ้าปู่ปากถุงเทียวเหนือโรงงานน้ำตาล อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
12. บ้านท่ากระเสริม	บ้านท่ากระเสริม อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
13. ในปากห้วยใหญ่	สะพานข้ามลำห้วยใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
14. บ้านาเพียง	บ้านนาเพียง ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
15. ในห้วยพระคือ	สะพานข้ามห้วยพระคือ ทางหลวง 209 อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
16. บ้านท่าหิน	สะพานหลวง 209 วัดท่าสองคร ตำบลบึงเนียม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
17. หน้าฝายมหาสารคาม	ฝายมหาสารคาม จุดบรรจบลำน้ำพองไหลลงแม่น้ำชี อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

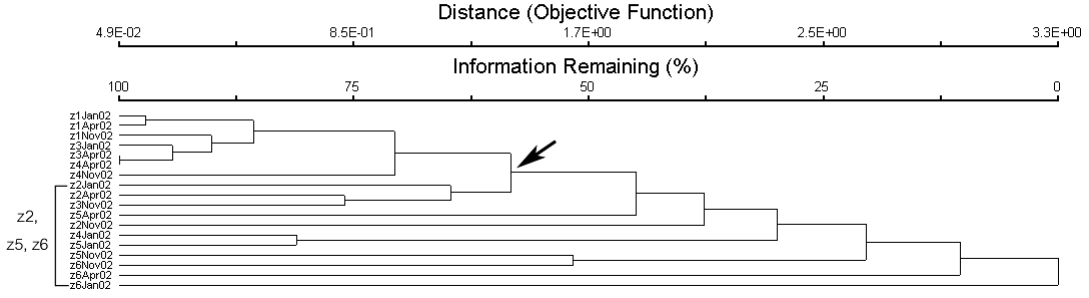
รูปที่ 3 จำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละบริเวณ ฤดูกาล และปี



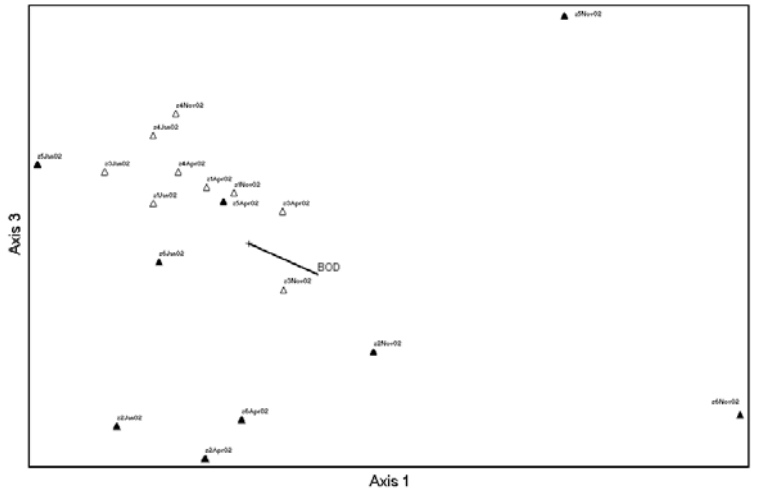
รูปที่ 4 ก. จำนวนชนิดของแมลงน้ำกลุ่ม ET ในแต่ละบริเวณ ฤดูกาล และปี
ข. ร้อยละของแมลงน้ำกลุ่ม ET ในแต่ละบริเวณ ฤดูกาล และปี



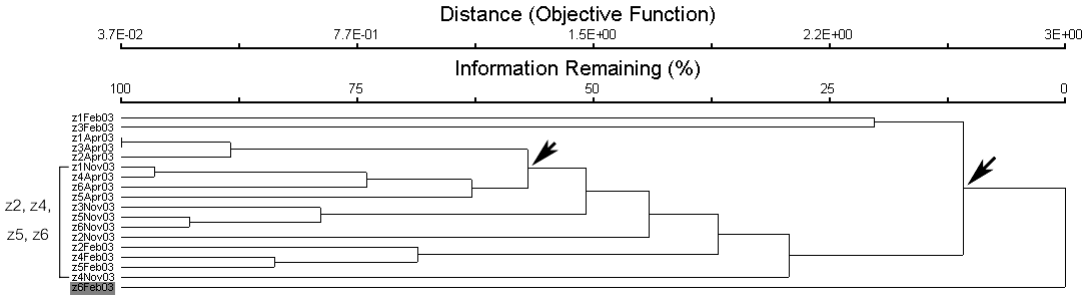
รูปที่ 5 เดนโดรแกรมผลการจัดกลุ่มบริเวณด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินระหว่างปี พ.ศ. 2545-2546



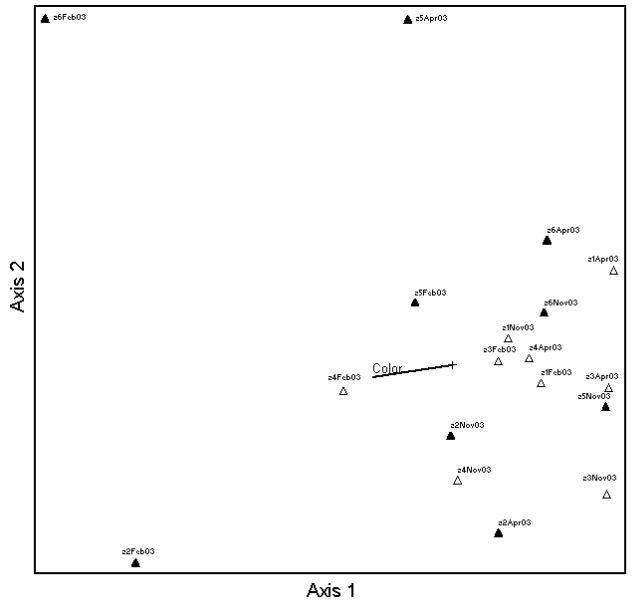
รูปที่ 6 เดนโดรแกรมผลการจัดกลุ่มบริเวณด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินปี พ.ศ. 2545



รูปที่ 7 การจัดอันดับบริเวณด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินปี พ.ศ. 2545



รูปที่ 8 เดนโดรแกรมผลการจัดกลุ่มบริเวณด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินปี พ.ศ. 2546



รูปที่ 9 การจัดอันดับบริเวณด้วยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินป พ.ศ. 2546