การประเมินความเสี่ยงสภาวะแวดล้อมของแคดเมียมในตะกอนดินและแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในลำธารที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่

(Environmental Risk Assessment of Cadmium in Stream Sediments and Aquatic Insects (Hydropsychidae: Trichoptera) in Streams Contaminated in Mining Areas)

ภารวี มั่นสุขผล และ แตงอ่อน พรหมมิ*

(Pharawee Mansukphol and Taeng-On Prommi*)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

บทคัดย่อ

ประเมินความเสี่ยงสภาวะแวดล้อมในลำธารที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่โดยใช้องค์ประกอบของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae และความผิดปกติของเหงือกในระยะตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในลำห้วยแม่ตาวและลำห้วยแม่กุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 7 จุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม 2554 พบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ทั้งหมด 2,584 ตัว จำแนกได้ 5 สกุล คือ *Cheumatopsyche*, *Diplectrona*, *Hydropsyche*, *Potamyia* และ *Macrostemum* ค่าร้อยละของจำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่พบความผิดปกติของเหงือกต่อจำนวนตัวอ่อนทั้งหมด (HAI) มีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 (69.42%) และค่าสัดส่วนของจำนวนกลุ่มเหงือกที่ผิดปกติต่อจำนวนตัวอ่อนทั้งหมด (HYI) มีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 (8.22) ซึ่งเป็นบริเวณปลายน้ำที่ส่วนของลำธารไหลผ่านพื้นที่เหมืองแร่และพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae โดยการจัดกลุ่มและจัดอันดับเชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำโดยใช้ PCA (Principal Correspondence Analysis) พบว่า แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae สกุล *Cheumatopsyche, Hydropsyche, Potamyia* และ *Diplectrona* มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำและปริมาณตะกอนดินในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 และ MK8 แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae สกุล *Macrostemum* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณซัลเฟตในน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง MT2, MT4 และ MK2 และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศและปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจจะช่วยผู้มีอำนาจสั่งการในการลดผลกระทบที่เกิดจากชุมชนรอบๆ พื้นที่โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำเป็นตัวบอกเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงสภาวะแวดล้อม/ คุณภาพน้ำ/ เหมืองแร่ /แมลงน้ำ/ ความผิดปกติของเหงือก

*Corresponding author
E-mail: faastop@ku.ac.th

Abstract

The use of the aquatic insect family Hydropsychidae and gill abnormalities in hydropsychid larvae as an environmental risk assessment in streams contaminated by mining activity were conducted in Mae Tao and Mae Ku creek, Mae Sot District, Tak Province. Seven sampling sites were tested during February to December 2011. In total, 2,584 individual hydropsychid larvae belonging to five genera were recorded in this study. The percentage of individuals with at least some abnormality (HAI) was the highest in MT5 (69.42%) and hydropsychid gill abnormality indice (HYI) was the highest in MT5 (8.22) where the stream flows through mining and agriculture areas. PCA (Principal Correspondence Analysis) indicated the genus *Cheumatopsyche, Hydropsyche, Potamyia* were positively correlated to sulphate at the site MT5, but were negatively correlated with water temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity and ammonia-nitrogen at site MT3 and MK8. The genus *Macrostemum* was positively correlated with dissolved oxygen, pH of water, water turbidity, and sulphate at site MT2, MT4, and MK2, but was negatively correlated with air temperature and orthrophosphate at site MT1. The outcome of this study may assist policy making decisions to ameliorate the harmful effects of urbanization by incorporating insect taxa responsiveness into future designs of urban development.

Key word: Environmental risk assessment/ water quality/ mining area/ Hydropsychidae/ gills abnormality

1. บทนำ

แคดเมียม (Cd) เป็นธาตุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีอนุภาคขนาดเล็ก สามารถกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ โดยเฉพาะบริเวณโรงงานที่มีการใช้แคดเมียมหรือสังกะสี ฝุ่นละอองในบริเวณใกล้โรงงานจะมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าปกติ จากงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและเฝ้าระวังพบว่าปริมาณแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาถ่านหินหรือน้ำมัน การเผาขยะในบ้าน ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตที่ใช้สารประกอบของแคดเมียมในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตสังกะสี สีเคลือบเหล็ก เครื่องปั้นดินเผา พลาสติก แบตเตอรี่ กอรปกับสถานการณ์ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านการปนเปื้อนของแคดเมียมจากแหล่งธรรมชาติในดินและในข้าวที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก สถาบันการจัดการคุณภาพน้ำ-อิวมี่ (International Management Institute –IMWI) และกรมวิชาการเกษตร ได้ทำการตรวจวัดระดับสารแคดเมียมในดินและข้าวบริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ระหว่างปี 2541-2546 ช่วงแรกเป็นการศึกษาแปลงนาบริเวณตำบลพะเด๊ะซึ่งอยู่ใกล้บริเวณแหล่งแร่สังกะสี พบว่าปริมาณแคดเมียมในดินสูงกว่ามาตรฐานของ EU (3 mg/kg) ถึง 1,800 เท่า และพบว่าร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวมีแคดเมียมปนเปื้อนในปริมาณที่มากกว่าปริมาณที่พบในนาข้าวที่ปลูกในบริเวณอื่นของประเทศไทย การศึกษาในช่วงที่สองระหว่างปี 2544-2546 ทำการศึกษาในตำบลแม่ตาวซึ่งเป็นบริเวณท้ายน้ำจากบริเวณแรก พบว่าปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในดินมาค่าสูงถึง 72 เท่าของค่ามาตรฐาน EU ซึ่งปริมาณสารแคดเมียมที่พบมีค่าพิสัยเดียวกับแคดเมียมในนาข้าวที่ก่อให้เกิดโรคอิไต-อิไตในประเทศญี่ปุ่นหากบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน มีการศึกษาปริมาณแคดเมียมที่สะสมอยู่ในปัสสาวะของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณแหล่งปนเปื้อนแคดเมียม พบว่าปริมาณแคดเมียมสะสมในปัสสาวะที่สูง (Swaddiwudhipong et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำ เช่น ปลา (0.27 mg/kg wet weight) และหอย (0.13 mg/kg wet weight) (Krissanakriangkrai et al., 2009) แต่ข้อมูลทางด้านการการสะสมของ

ปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในแมลงน้ำที่ต้องสัมผัสกับตะกอนดินในแหล่งน้ำตลอดเวลาในบริเวณดังกล่าวยังไม่มีผู้ใดศึกษา

การศึกษานี้ได้เลือกใช้แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae อันดับ Trichoptera เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวและแม่กุ เนื่องจากตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางและพบหลากหลายชนิดในระบบนิเวศน้ำไหล แมลงกลุ่มนี้จะตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและระบบนิเวศที่มีผลต่อตัวแมลง ทำให้รับรู้ถึงผลกระทบจากแหล่งมลพิษเป็นอย่างดี (Petersen, 1986; Vuori, 1995) โดยพบความผิดปกติของเหงือกที่อยู่บริเวณท้อง กล่าวคือเกิดจุดดำที่บริเวณเส้นเหงือกเมื่อคุณภาพน้ำเริ่มเสื่อมโทรมลง การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารมลพิษที่สะสมอยู่ในตะกอนดินต่อความผิดปกติของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae และประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพโดยใช้ความผิดปกติของเหงือกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในการติดตามตรวจสอบมลพิษของแหล่งน้ำ

2. วิธีการศึกษา

2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่การศึกษากำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามลำห้วยแม่ตาวและลำห้วยแม่กุ อ.แม่สอด จ.ตาก จำนวน 7 จุดเก็บตัวอย่าง ลำห้วยแม่ตาวประกอบด้วย บ้านถ้ำเสือ (MT1) เป็นแหล่งต้นน้ำไม่ได้รับการปนเปื้อนจากการทำเหมืองแร่ มีชุมชนตั้งอยู่รอบๆ ลำห้วย ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นก้อนหิน กรวดและตะกอนดินเล็กน้อย กระแสน้ำไหลช้า ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาว (MT2) เป็นลำห้วยส่วนที่อยู่ใกล้กับการทำเหมืองแร่ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นก้อนหินขนาดใหญ่ กรวดและทราย กระแสน้ำไหลแรง ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านพะเด๊ะ (MT3) เป็นส่วนของลำห้วยที่คดเคี้ยวเป็นคุ้งน้ำ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินก้อนเล็ก กรวด ทรายและตะกอนดิน กระแสน้ำไหลช้า มีบ้านเรือนอยู่รอบๆ ลำห้วย ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาวใหม่หมู่ 4 (MT4) มีบ้านเรือนอยู่รอบๆ ลำห้วยเช่นเดียวกับ MT3 และมีการทำการเกษตรรอบๆ ลำห้วย ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินก้อนเล็ก กรวด ทรายและตะกอนดิน กระแสน้ำไหลช้า ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาวใหม่หมู่ 5 (MT5) เป็นบริเวณปลายน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากการทำเหมืองแร่ มีการทำการเกษตรรอบๆ ลำห้วย มีฝายกั้นน้ำ พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นกรวด ทรายและตะกอนดิน ส่วนลำห้วยแม่กุช่วย (MK2) เป็นลำห้วยที่มีลักษณะของหินปูน กระแสน้ำไหลแรง และลำห้วยบ้านแม่กุเหนือ (MK8) เป็นบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่แต่จะมีการทำการเกษตรรอบๆ ลำห้วย ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นกรวด ทรายและตะกอนดิน (Figure 1) เก็บตัวอย่าง 2 เดือนครั้ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2554

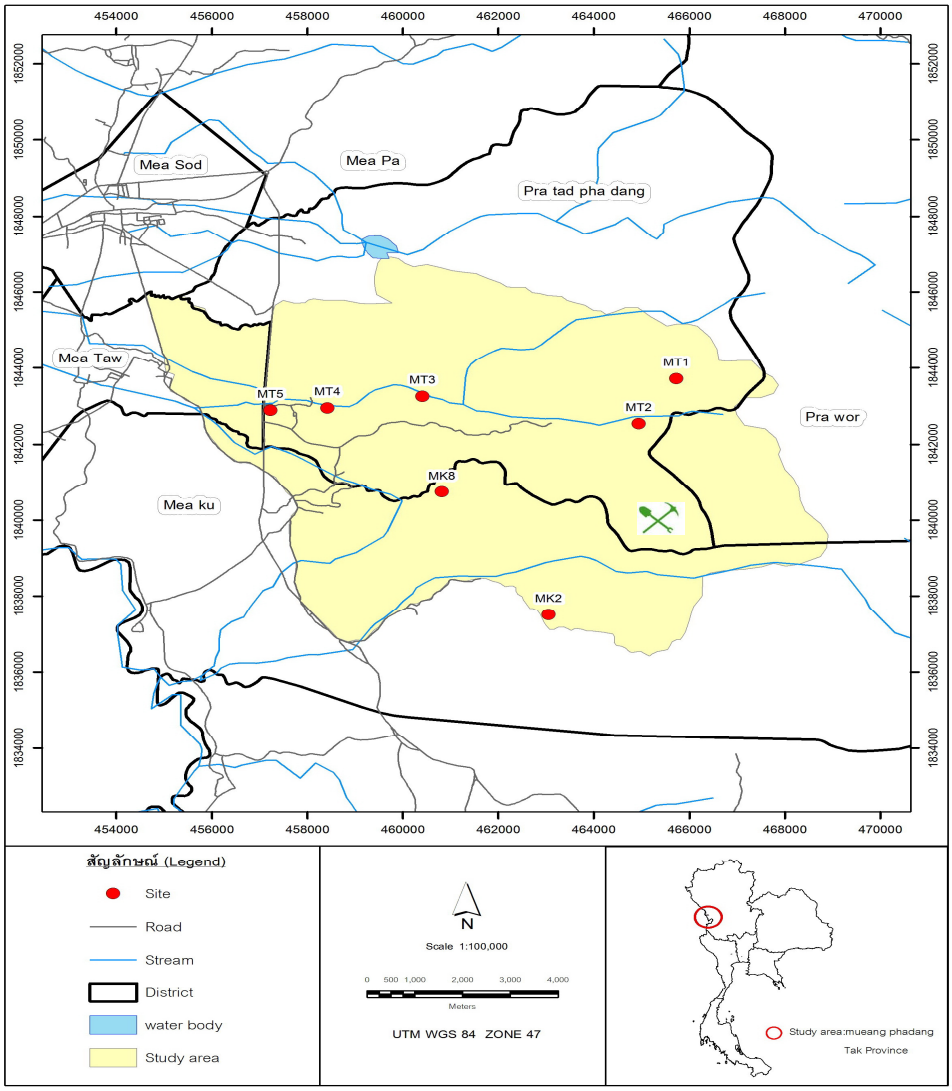


Figure 1 Map showing the sampling site at Mae Tao and Mae Ku watersheds (MT1-MT5, MK2, MK8), Mae Sot District, Tak Province.

2.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนดินและแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae

ก่อนเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำต้องทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนทุกครั้ง คุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดคือ อุณหภูมิน้ำและอากาศ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity: EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (total dissolved solids: TDS) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen: DO) โดยทำการตรวจวัดแต่ละปัจจัยจำนวน 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกชนิด HDPE (high density polyethylene) และเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4°C เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_4-N) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ค่าความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) ค่าความขุ่นใสของน้ำ (turbidity) เพื่อนำไปวิเคราะห์

ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ American Public Health Association (APHA, 1992)

การเก็บแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ระยะตัวอ่อนสุดท้าย ทำการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกชนิด ด้วยวิธีเตะสุ่มโดยใช้ kick nets และการเลือกเก็บบริเวณแหล่งน้ำไหลและบริเวณก้อนหินของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ทำการจัดจำแนกแมลงน้ำทันที่ที่เก็บได้โดยดูลักษณะดังต่อไปนี้ ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae มีลักษณะที่แตกต่างจากแมลงหนอนปลอกน้ำอันดับ Trichoptera วงศ์อื่นๆ ตรงที่มีแผ่นแข็ง (sclerites) ปิดส่วนปล้องอกทั้งสามปล้อง บริเวณปล้องอกและปล้องท้องมีกลุ่มของเหงือกที่มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อสีขาวขุ่นและมีกลุ่มของขนที่ยาวๆ บริเวณปลายของกรงเล็บ (anal claw) เก็บรักษาตัวอย่างในแอลกอฮอล์ 95% เพื่อทำการจัดจำแนกในระดับสกุลต่อไป โดยใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดเก็บประมาณ 30 นาที

เก็บตัวอย่างตะกอนดินในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำ สุ่มเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้ Soil core sampler จำนวน 3 จุด โดยเก็บทวนกระแสน้ำขึ้นไป ให้ได้น้ำหนักตัวอย่างละประมาณ 2 กิโลกรัมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นนำมาตากให้แห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำตะกอนดินประมาณ 1 กิโลกรัมใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น สำหรับนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมต่อไป

2.3 การจัดจำแนกชนิดตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae

คัดแยกตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยคัดแยกแมลงที่มีลักษณะรูปร่างภายนอก (Morphospecies) เหมือนกันอยู่ด้วยกัน ตรวจเอกลักษณ์ของแมลงแต่ละกลุ่มในระดับสกุล โดยใช้คู่มือการจัดจำแนกชนิดของ Prommi (2007), Wiggins (1996) นับจำนวนและบันทึกผล การศึกษาถึงความผิดปกติของเหงือก (abdominal gills) ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ตามเอกสารของ Vouri (1994), Vuori and Kukkonen (1996; 2002)

คำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่แสดงอาการผิดปกติต่อจำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด (Hydropsychid abnormality incidence; HAI) และค่าสัดส่วนของกลุ่มเหงือกของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่ผิดปกติต่อจำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งหมด (Hydropsychid gill abnormality indice; HYI) ได้จากสูตร

$$HAI = \frac{\text{จำนวนของตัวอ่อนที่พบความผิดปกติของเหงือก x 100}}{\text{จำนวนตัวอ่อนที่พบทั้งหมดในจุดศึกษา}} \quad (1)$$

$$HYI = \frac{\text{จำนวนกลุ่มเหงือกที่ผิดปกติในตัวอ่อนทั้งหมด}}{\text{จำนวนเหงือกทั้งหมด}} \quad (2)$$

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน

นำตะกอนที่ได้จากข้อ 2.2 ไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมโดยวิธี ICP-MS

2.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของคุณภาพน้ำและปริมาณแคดเมียมที่สะสมในตะกอนดิน

เปรียบเทียบค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA)

ข้อมูลแมลงน้ำ คุณภาพน้ำและตะกอนดินในแต่ละพื้นที่ วิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (Multivariate analysis) โดยใช้ PCA (Principal Component Analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป PC-ORD 5.1

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

ค่าเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพน้ำที่ศึกษาได้ผลดังนี้ อุณหภูมิอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 25.98-32.06 ^{o}C อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 24.58-28.12 ^{o}C ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 4-5.13 mg/L ค่า pH อยู่ระหว่าง 8.03-8.70 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 298.59-600.45 µS/cm ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 165.76-326.05 mg/L ค่าความขุ่นใสของน้ำอยู่ระหว่าง 15.4-187.4 FTU ค่าปริมาณของซัลเฟตอยู่ระหว่าง 15.8-38.5 mg/L ค่าปริมาณของไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.89-3.14 mg/L ค่าปริมาณของฟอสเฟตมีค่าอยู่ระหว่าง 0.21-0.92 mg/L ค่าปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.33 mg/L และค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 51.40-86 (Table 1) โดยค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าพีเอช ค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2 ปริมาณแคดเมียมในตะกอนดิน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในตะกอนดินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วยวิธี ICP-MS พบปริมาณแคดเมียมสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่าง MT3 เท่ากับ 25.42 mg/kg รองลงมาคือ MT5, MT4, MK8, MT1, MT2 และ MK2 มีค่าเท่ากับ 10.83, 9.79, 4, 1.27, 0.36, 0.08 mg/kg ตามลำดับ การที่พบปริมาณแคดเมียมในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 สูงกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่าง MT2 เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้เหมืองแร่มากที่สุด มีกระแสน้ำไหลเชี่ยว กอรปกับแคดเมียมที่ปนเปื้อนในลำห้วยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารแขวนลอยในน้ำ กระแสน้ำจึงพัดพาสารแขวนลอยเหล่านั้นมาตามกระแสน้ำ ในขณะที่กระแสน้ำที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง MT3 ไหลค่อนข้างช้าบวกกับสภาพของลำธารบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้เป็นคุ้งน้ำ จึงทำให้มีการตกตะกอนของสารแขวนลอยที่ปนมากับน้ำตกทับถมในบริเวณนี้มากกว่าบริเวณอื่นๆ

ชุตินธรและจำลอง (2008) ศึกษาคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำผิวดินของลำห้วยแม่ตาว พบว่า คุณภาพน้ำผิวดินของลำห้วยแม่ตาวส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae

พบตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในห้วยแม่ตาวและแม่กุ จำนวน 2,584 ตัว จำแนกได้ 5 สกุล คือ *Cheumatopsyche, Hydropsyche, Diplectrona, Potamyia,* และ *Macrostemum* บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง MT5 พบจำนวนตัวของแมลงหนอนปลอกน้ำมากที่สุดคือ 1,043 ตัว รองลงมาคือ MT2 (504), MT4 (253), MT1 (242) และ MT3 (89) ตามลำดับ ส่วนลำห้วยแม่กุพบแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae จำนวน 456 ตัว พบตัวอ่อนมากที่สุดบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง MK8 จำนวน 332 ตัว และในจุดเก็บตัวอย่าง MK2 พบจำนวน 124 ตัว

Table 1 Average physico-chemical water quality parameters and cadmium measured at all the sampling sites in Mae Tao and Mae Ku watershed.

parameter/ site	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MK2	MK8
Air temp. (°C)	30.37±2.08 [b]	28.83±3.78 [ab]	30.83±2.97 [b]	25.98±2.89 [a]	27.8±2.11 [ab]	26.05±4.00 [a]	32.06±2.34 [b]
Water temp. (°C)	26.66±2.33 [ab]	25.66±1.93 [ab]	25.95±2.03 [ab]	25.41±2.54 [ab]	26.01±2.57 [ab]	24.58±2.07 [a]	28.12±1.82 [b]
DO (mg/L)	4.18±0.99 [a]	5.09±1.05 [a]	4.99±0.74 [a]	4.83±1.07 [a]	4.00±1.81 [a]	5.13±1.04 [a]	4.86±0.81 [a]
pH	8.03±0.20 [a]	8.54±0.11 [a]	8.62±0.13 [a]	8.60±0.18 [a]	8.36±0.27 [a]	8.70±2.07 [b]	8.48±0.08 [a]
EC (µs/cm)	298.59±95.51 [a]	513.59±132.04 [b]	507.03±126.89 [b]	424.12±116.53 [ab]	515.83±147.90 [b]	523.56±140.27 [b]	600.45±229.05 [b]
TDS (mg/L)	165.76±34.71 [a]	235.65±20.75 [ab]	238.06±57.53 [ab]	207.59±54.82 [a]	253.19±56.42 [ab]	256.08±68.75 [ab]	326.05±108.9 [b]
Turbidity (NTU)	15.5±5.09 [a]	22.9±28.64 [a]	15.4±19.7 [a]	187.4±405.08 [a]	17.3±25.22 [a]	28.5±23.53 [a]	45.4±59.31 [a]
SO_4^{2-} (mg/L)	15.8±2.58 [a]	24.9±7.58 [ab]	34.8±5.63 [bc]	34.4±5.41 [bc]	38.5±7.26 [c]	21.5±6.19 [a]	26.6±13.84 [ab]
NO_3-N (mg/L)	1.89±0.68 [a]	1.93±0.5 [ab]	2.05±0.51 [abc]	2.85±1.46 [abc]	2.26±0.74 [abc]	3.07±0.41 [bc]	3.14±0.63 [c]
PO_4^3 (mg/L)	0.92±1.33 [a]	0.39±0.39 [a]	0.28±0.28 [a]	0.21±0.13 [a]	0.68±0.83 [a]	0.33±0.10 [a]	0.45±0.61 [a]
NH_4-N (mg/L)	0.27±0.13 [a]	0.26±0.16 [a]	0.26±0.14 [a]	0.32±0.19 [a]	0.33±0.12 [a]	0.27±0.19 [a]	0.25±0.13 [a]
Alkalinity (mg/L)	51.40±13.66 [a]	71.20±15.02 [ab]	86.00±31.62 [b]	68.20±13.00 [ab]	69.6±10.35 [ab]	68.00±28.14 [ab]	82.6±24.38 [b]
Cadmium in stream sediment (mg/kg)	1.04 ±1.44[a]	0.38±0.26[a]	22.28±27.21[b]	9.83±3.34[ab]	11.15±5.57[ab]	0.10±0.20[a]	4.02±1.61[a]
HAI (%)	50.00	37.10	31.46	53.75	69.42	31.45	20.48
HYI	2.87	2.08	1.73	4.26	8.22	1.80	1.24

Remark: a, b, c = the relationship of environmental factors is similar in the sampling sites
ab, bc, abc = the relationship of environmental factors is different in the sampling sites

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Cheumatopsyche, Hydropsyche, Potamyia* และ*Diplectrona* มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ และปริมาณตะกอนดินในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 และ MK8 แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Macrostemum* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณซัลเฟตในน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง MT2, MT4 และ MK2 และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิอากาศและปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 (Figure 2)

3.4 ความผิดปกติของกลุ่มเหงือกแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae

ลักษณะเหงือกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae จะมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อสีขาวขุ่น โดยจะมีแกนเหงือกและมีเส้นเหงือกเรียงตัวอยู่ (Figure 3A) จำนวนของเส้นเหงือกมีจำนวนแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด โดยพบเหงือกได้ที่ปล้องอกปล้องที่ 2 (2 กลุ่ม) ปล้องอกปล้องที่ 3 (4 กลุ่ม) และ ปล้องท้องปล้องที่ 1 – 6 (ปล้องละ 4 กลุ่ม) และ/หรือปล้องท้องปล้องที่ 7 (2 กลุ่ม) แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae สกุล *Hydropsyche* มีจำนวนกลุ่มเหงือกรวมทั้งหมด 32 กลุ่ม สกุล *Potamyia* มีจำนวนกลุ่มเหงือกรวมทั้งหมด 29 กลุ่ม สกุล *Diplectrona* มี จำนวนเหงือกทั้งหมด 28 กลุ่ม (ไม่พบกลุ่มเหงือกในปล้องท้องปล้องที่ 7) สกุล *Cheumatopsyche* มีจำนวนกลุ่มเหงือกทั้งหมด 31 กลุ่ม และสกุล *Macrostemum* มีจำนวนกลุ่มเหงือกทั้งหมด 50 กลุ่ม ความผิดปกติของเหงือกที่พบในตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae คือเกิดจุดดำขึ้นในเส้นเหงือกเนื่องจากการขาดหายไปของเส้นเหงือก ซึ่งทำให้จำนวนเส้นเหงือกในกลุ่มเหงือกลดลง หรือเกิดแผลสีดำตรงก้านเหงือกเนื่องจากการขาดหายไปของกลุ่มเหงือก (Figure 3B)

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่พบในลำห้วยแม่ตาวและแม่กุ จำนวน 2,584 ตัว พบว่า ค่าร้อยละของจำนวนตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่พบความผิดปกติของเหงือกต่อจำนวนตัวอ่อนทั้งหมด (HAI) ในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 สูงที่สุดคือ 69.42% (1,043 ตัว) รองลงมาคือ MT4, MT1, MT2, MT3, MK2 และ MK8 มีค่าเท่ากับ 53.75% (253 ตัว), 50% (242 ตัว), 37.10% (504 ตัว), 31.46% (89 ตัว), 31.45% (89 ตัว) และ 20.48% (332 ตัว) และค่าสัดส่วนของจำนวนกลุ่มเหงือกที่ผิดปกติต่อจำนวนตัวอ่อนทั้งหมด (HYI) มีค่าสูงสุดในจุดเก็บตัวอย่าง MT5 คือ 8.22 รองลงมาคือ MT4 มีค่าเท่ากับ 4.26 (253 ตัว), MT1 มีค่าเท่ากับ 2.87 (242 ตัว), MT2 มีค่าเท่ากับ 2.08 (504 ตัว), MT3 มีค่าเท่ากับ 1.73 (89 ตัว), MK2 มีค่าเท่ากับ 1.80 (124 ตัว) และ MK8 มีค่าเท่ากับ 1.24 (332 ตัว)

ความผิดปกติของเหงือกแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ทั้ง 5 สกุล ที่พบในแต่จุดเก็บตัวอย่าง พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Diplectrona* มีค่า HAI และ HYI สูงที่สุดคือ 61.28% และ 8.05 รองลงมาคือ *Hydropsyche* มีค่าเท่ากับ 57.81% และ 5.5 *Potamyia* มีค่าเท่ากับ 55.56% และ 7.33 *Cheumatopsyche* 48.01% และ 4.15 และที่พบความผิดปกติน้อยที่สุด คือ *Macrostemum* มีค่าเท่ากับ 40% และ 2.80 ตามลำดับ

เหงือกของตัวอ่อนแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกตลอดเวลา การตรวจพบลักษณะที่ผิดปกติไปจากเดิม เช่น มีจุดดำเกิดขึ้นบนกลุ่มเหงือก การลดจำนวนของเส้นเหงือกจึงสามารถบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของ

คุณภาพน้ำเมื่อมีสภาวะการเสื่อมสภาพของแหล่งน้ำได้ (Prommi, 2011; Vuori, 1994; Vuori and Kukkonen, 1996; 2002) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นใช้เป็นสัญญาณเตือนภัยภายในแหล่งน้ำก่อนที่เหตุการณ์จะรุนแรงขึ้นได้ เนื่องจากตัวอ่อนแมลงน้ำที่สำรวจพบความผิดปกติของเหงือกจะไม่สามารถพัฒนาการไปเป็นตัวเต็มวัยได้ (Camargo, 1991) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ต่อไป

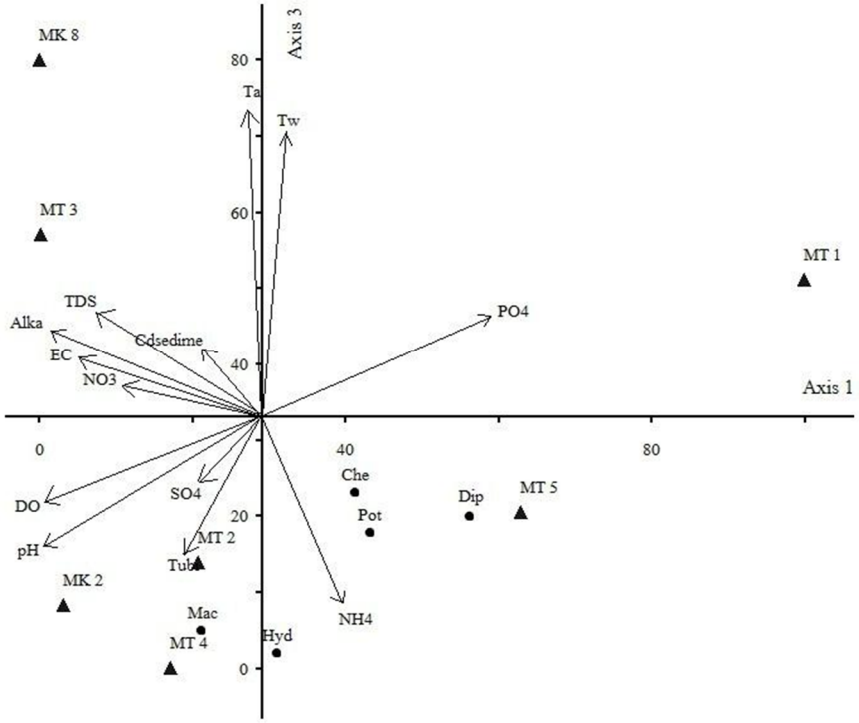
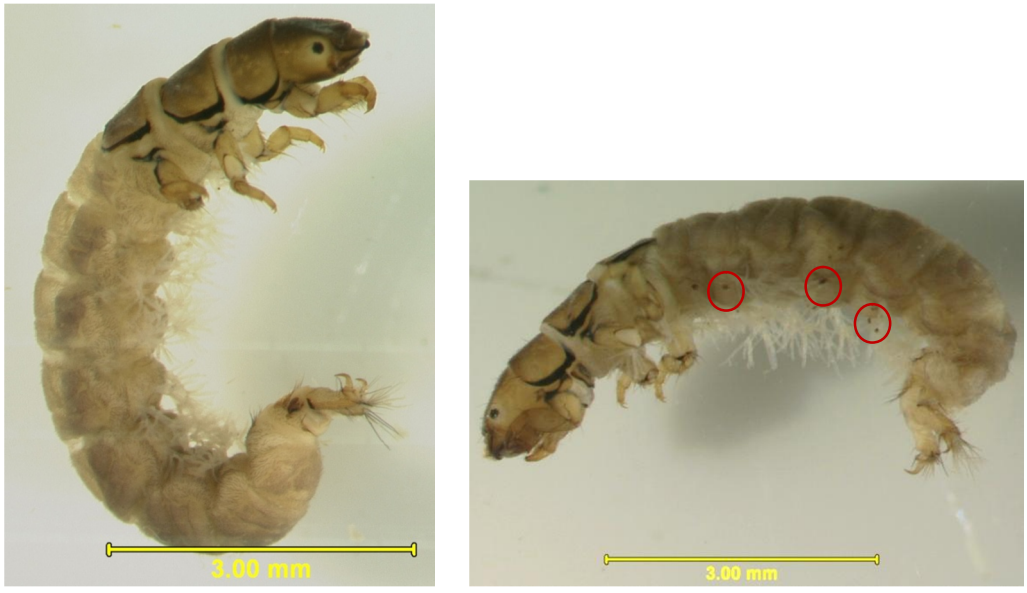


Figure 2 PCA showing correlation between sites, Trichoptera larvae, and environmental gradients.



A B

Figure 3 Larvae of *Cheumatopsyche* sp. A. Normal gill morphological structure, B. dark spot on tracheal gills (red circle).

4. สรุปผล

คุณภาพน้ำผิวดินของลำห้วยแม่ตาวส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ปี พ.ศ. 2537 และเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองทรัพยากรน้ำจืด และจากการนำตัวอย่างตะกอนดินและแมลงน้ำจากบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่คือ ลำห้วยแม่ตาว และบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่คือลำห้วยแม่กุ วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างตะกอนดินพื้นท้องน้ำ พบว่า ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างตะกอนดินพื้นท้องน้ำค่อนข้างสูง โดยในลำห้วยแม่ตาว (0.38±0.26 – 22.28±27.21 mg/kg) สูงกว่าลำห้วยแม่กุ (0.10±0.20-4.02±1.61 mg/kg) จากผลการทดลองอาจจะสรุปสาเหตุการปนเปื้อนของแคดเมียมได้ว่าการปนเปื้อนของสารแคดเมียมส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการทำเหมืองแร่ และอีกส่วนน่าจะเกิดขึ้นจากกระบวนการธรรมชาติ การผุพัง และการชะล้างพังทลายของดินและแหล่งแร่ที่มีอยู่ในพื้นที่ โดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น น้ำฝน เป็นต้น เพราะตรวจพบว่าบริเวณลำห้วยแม่กุซึ่งไม่ได้ไหลผ่านเขตเหมืองแร่ แต่พบตัวอย่างตะกอนดินพื้นท้องน้ำมีปริมาณแคดเมียมสูงด้วยเช่นกัน และอีกสาเหตุอาจจะมาจากการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อทำการเกษตรกรรม เช่น ปลูกอ้อย ปลูกข้าวโพด ปลูกถั่วเหลือง ปลูกกระเทียมและปลูกข้าว เป็นต้น จึงอาจก่อให้เกิดการชะล้างพัดพาตะกอนดิน การทดน้ำหรือสูบน้ำจากห้วยแม่ตาวและห้วยแม่กุเข้าสู่พื้นที่การเกษตร อาจจะทำให้ตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักแคดเมียมเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมได้ และการใช้ยาฆ่าศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตก็เป็นอีกช่องทางหนึ่งที่เพิ่มโลหะหนักลงสู่ดิน

ความผิดปกติของเหงือกแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในห้วยแม่ตาวและแม่กุ จำนวน 2,584 ตัว จำแนกได้ 5 สกุล คือ *Cheumatopsyche, Hydropsyche, Diplectrona, Potamyia* และ *Macrostemum* พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Diplectrona* มีค่า HAI และ HYI สูงที่สุด รองลงมาคือ *Hydropsyche*, *Potamyia*, *Cheumatopsyche* และที่พบความผิดปกติน้อยที่สุดคือ *Macrostemum* แมลงหนอนปลอกน้ำแต่ละชนิดสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและสามารถตอบสนองต่อสารมลพิษที่แตกต่างกัน กล่าวคือ แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae สกุล *Diplectrona* อาจจะทนต่อปริมาณแคดเมียมในตะกอนดินพื้นท้องน้ำในแหล่งน้ำได้น้อยกว่าแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae สกุลอื่นๆ จึงส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเหงือกสูง ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในตัวอย่างตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยแม่ตาวและลำห้วยแม่กุความเข้มข้น (0.38±0.26 – 22.28±27.21 mg/kg) และ (0.10±0.20-4.02±1.61 mg/kg) อาจจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเหงือกได้ ความผิดปกติของเหงือกแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae อาจจะมีผลต่อการดำรงชีวิต เช่น ทำให้การเจริญเติบโตช้า ไม่สามารถเข้าสู่ระยะดักแด้ได้ และในที่สุดก็จะตายก่อนที่จะมีวงชีวิตที่สมบูรณ์ (Vuori, 1994, 1995) การเปลี่ยนแปลงความผิดปกติของเหงือกในตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ตอบสนองต่อคุณภาพน้ำและปริมาณแคดเมียมที่สะสมในตะกอนดินท้องน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลาก ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้สำหรับการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้

การใช้ความผิดปกติของเหงือกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหลในประเทศไทยยังคงต้องการการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับตัว

อ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในอีกหลายๆ ด้าน เช่น การจัดจำแนกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae ในระดับชนิดและชีวประวัติ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผลการประเมินที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2554 ทุนอุดหนุนการวิจัยที่ ภค./2554-นท.5

6. เอกสารอ้างอิง

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ปี พ.ศ. 2537. ออกความตามในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ในประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2537.

ชุตินธร มูลทองน้อย และจำลอง อรุณเลิศอารีย์. 2008. คุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำผิวดินของห้วยแม่ตาว จังหวัดตาก. **Environment and Natural Resources Journal** 6(2): 103-112.

APHA. 1992. **Standard method for the examination of water and wastewater.** 18th ed. Washington DC: American Public Health Association.

Krissanakriangkrai, O., Supanpaiboon, W., Juwa, S., Chaiwong, S., Swaddiwudhipong, W., and Anderson, K.A. 2009. Bioavailable Cadmium in Water, Sediment, and Fish, in a Highly Contaminated Area on the Thai-Myanmar Border. **The Thammasat International Journal of Science and Technology** 14(4): 60-68.

Petersen, R.C. 1986. Population and guild analysis for interpretation of heavy metal pollution in streams. In: Cairns J, Jr. (ed). **Community Toxicity Testing, ASTM STP 920** (pp. 180-198)**.** Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

Prommi, T. 2007. **Taxonomy of Hydropsychidae (Trichoptera) in Mountain Streams of Southern Thailand.** Ph.D. dissertation. Songkhla: Prince of Songkla University.

Prommi, T. 2011. Some observations on altered morphology in *Amphipsyche meridiana* (Hydropsychidae: Trichoptera) larvae from the Pasak Jolasit Dam Outlet, central Thailand. **Zoosymposia** 5: 408-412.