

การประเมินโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีในลำธารที่ได้รับการปนเปื้อน
จากการทำเหมืองแร่โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำ**
An Assessment of Cadmium and Zinc in Stream Contaminated by
Mining Activities using Aquatic Insects**

พิมพ์ชฎา เดชชัย อำพล พัยคณา และ แท่งอ่อน พรหมมี*
Pimchada Dejchai, Ampol Payakka & Taeng On Prommi*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
Department of Biological Sciences, Faculty of Liberal Arts and Science,
Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus

บทคัดย่อ

โลหะหนักที่สะสมอยู่ในตะกอนดินก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและเกิดการสะสมทางชีวภาพในกลุ่มแมลงน้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมในตะกอนดินและแมลงน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก จากจุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 5 จุด (MT1-MT5) ในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม 2554 พบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้กับพื้นที่ที่มีการทำเหมืองแร่มีปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนพื้นท้องน้ำและแมลงน้ำสูงกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากการทำเหมืองแร่ ปัจจัยคุณภาพน้ำ คืออุณหภูมิ น้ำ ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความขุ่นใส ไนโตรเจน-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟตและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี โลหะหนักในตะกอนพื้นท้องน้ำและแมลงน้ำ พบว่า ปริมาณแคดเมียมและสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าซิลิเฟตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$, $P<0.05$) และปริมาณแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวนน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คำสำคัญ: โลหะหนักแคดเมียม สังกะสี เหมืองแร่ แมลงน้ำ

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: faastop@ku.ac.th

An Assessment of Cadmium and Zinc in Stream Contaminated by
Mining Activities using Aquatic Insects

**งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยประเภททุนวิจัย คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2556
แก่นางสาวนางสาวพิมพ์ชฎา เดชชัย และทุนสนับสนุนงานวิจัยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์แก่นายอำพล พัยคณา

Abstract

Metal accumulation in the sediments results in serious environmental problems to the surrounding areas, affecting water quality and resulting in bioaccumulation of metals by the aquatic organisms. The aim in this study was analyzed the cadmium (Cd) and zinc (Zn) in stream sediments and aquatic insects in five sampling sites (MT1-MT5) at Mae Tao Creek, Mae Sot District, Tak Province in October and December 2011. The concentration of heavy metals in stream sediments and aquatic insects near mining area were higher than area that far from mining area. The physicochemical water quality variable, water temperature, dissolved oxygen, pH, turbidity, nitrate-nitrogen, orthophosphate and ammonia-nitrogen were not significantly related among sampling sites ($P>0.05$). The concentration of cadmium and zinc in stream sediment was positive significantly related to sulfate ($P<0.01$, $P<0.05$). The concentration of cadmium in Hemiptera was negative significantly related to nitrate-nitrogen ($P<0.05$).

Keyword: Cadmium, Zinc, Mining, Aquatic insects

บทนำ

แคดเมียม (Cd) เป็นธาตุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีอนุภาคขนาดเล็ก สามารถกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ และพบธาตุนี้ได้บริเวณโรงงานที่มีการใช้แคดเมียมหรือสังกะสี ผุ่นละอองในบริเวณใกล้โรงงานจะมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าปกติ นอกจากนี้บริเวณใดที่พบปริมาณสังกะสี ตะกั่วและทองแดงในปริมาณสูงจะพบปริมาณแคดเมียมสูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มักพบร่วมกับสายแร่ตะกั่วและสังกะสี แคดเมียมส่วนใหญ่ที่พบจะอยู่ในรูปสารประกอบซัลไฟด์หรือออกไซด์มากกว่าสารประกอบอื่น (Singh & Yadava, 1983) จากงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและเผ่าระวังพบว่าปริมาณแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาถ่านหินหรือน้ำมัน การเผาขยะในบ้าน ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตที่ใช้สารประกอบของแคดเมียมในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตสังกะสี สีเคลือบเหล็ก เครื่องปั้นดินเผา พลาสติกและแบตเตอรี่ (Burger, 2008) กอรปกับสถานการณ์ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านการปนเปื้อนของแคดเมียมจากแหล่งธรรมชาติในดินและในข้าวที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก สถาบันการจัดการคุณภาพน้ำ-อิมวี (International Management Institute – IMWI) และกรมวิชาการเกษตร (Wongsanoon, 2005) ได้ทำการตรวจวัดระดับโลหะหนักแคดเมียมในดินและข้าวบริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ระหว่างปี 2541-2546 ช่วงแรกเป็นการศึกษาแปลงนาบริเวณตำบลพะเต๊ะซึ่งอยู่ใกล้บริเวณแหล่งแร่สังกะสี พบว่าปริมาณแคดเมียมในดินสูงกว่ามาตรฐานของ

สหภาพยุโรปถึง 1,800 เท่า และพบว่าร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวมีแคดเมียมปนเปื้อนในปริมาณที่มากกว่าปริมาณที่พบในนาข้าวที่ปลูกในบริเวณอื่นของประเทศไทย การศึกษาในช่วงที่สองระหว่างปี 2544-2546 ทำการศึกษาในตำบลแม่ตาวซึ่งเป็นบริเวณท้ายน้ำจากบริเวณแรก พบว่าปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในดินมีค่าสูงถึง 72 เท่าของค่ามาตรฐานสหภาพยุโรป ซึ่งปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่พบมีค่าพิสัยเดียวกับแคดเมียมในนาข้าวที่ก่อให้เกิดโรคอิไต-อิไตในประเทศญี่ปุ่นหากบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน มีการศึกษาปริมาณแคดเมียมที่สะสมอยู่ในปัสสาวะของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณแหล่งปนเปื้อนแคดเมียม พบว่าปริมาณแคดเมียมสะสมในปัสสาวะที่สูง (Swaddiwudhipong et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำ เช่น ปลาและหอย แต่ข้อมูลทางด้านการสะสมของปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในแมลงน้ำที่ต้องสัมผัสกับตะกอนดินในแหล่งน้ำตลอดเวลาในบริเวณดังกล่าวยังไม่มีผู้ใดศึกษา

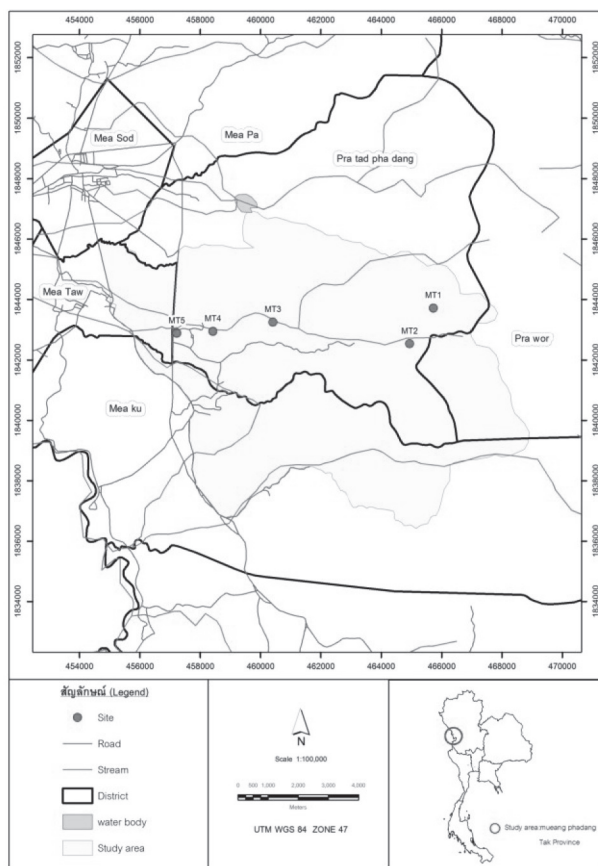
แมลงน้ำมีความสำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเป็นระยะเวลา 10-11 เดือน และสามารถเคลื่อนที่ได้น้อยหรือไม่เคลื่อนที่เลยในแหล่งน้ำ เมื่อเกิดภาวะปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เช่น การแพร่กระจายของสารมลพิษในแหล่งน้ำที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือเหตุการณ์ตามธรรมชาติ แมลงน้ำกลุ่มนี้จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่นการสะสมของสารพิษในเนื้อเยื่อ เมื่อแมลงกลุ่มนี้เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นตัวเต็มวัยที่อาศัยอยู่บนบกสารพิษที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อก็ยังคงอยู่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไม่ได้สลายไปตามธรรมชาติ เมื่อมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ค้างคาวมากินแมลงกลุ่มนี้ สารพิษที่สะสมอยู่ในร่างกายของแมลงก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในผู้บริโภคลำดับขั้นสูงต่อไป ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและที่สะสมอยู่ในแมลงน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตากและหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและในแมลงน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. สถานที่ทำการศึกษา

บริเวณที่ทำการศึกษานี้ครั้งนี้ คือ ลำห้วยแม่ตาวเป็นลำห้วยไหลผ่านเหมืองและได้รับอิทธิพลจากการทำเหมืองสังกะสี อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ลำห้วยแม่ตาวเป็นลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็ก พื้นที่รับน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในระยะเวลา 52 ปี (พ.ศ.2494-2546) เท่ากับ 1,201.58 มิลลิเมตรต่อปี มีจุดกำเนิดของต้นน้ำอยู่ที่ตอมแม่ตาวและตอมเรผาโต ทิศทางการไหลของลำน้ำจากทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตก ผ่านหมู่บ้านพะเต๊ะและบ้านแม่ตาวลงสู่ลำน้ำเมยทางด้านตะวันตกที่บ้านห้วยม่วง ตำบลท่าสายลวด ขณะที่ลำน้ำบางตอนของลำห้วยแม่ตาว จะไหลผ่านเหมืองสังกะสีประทานบัตรของบริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมและสังกะสี จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย 1) บ้านลำเสื่อ (MT1: 16° 40.546'N, 098° 40.715'E) เป็นแหล่งต้นน้ำไม่ได้รับการปนเปื้อนจากการทำเหมืองแร่ มีชุมชนตั้งอยู่รอบๆ ลำห้วย ลักษณะ

พื้นที่ต้งน้ำเป็นกอนหิน กรวดและตะกอนดินเล็กนอย กระแสน้ำไหลช้า 2) ห้วยแม่ตาว ที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาว (MT2: $16^{\circ} 39.904'N$, $098^{\circ} 40.276'E$) เป็นลำห้วยส่วนที่อยู่ใกล้กับการทำเหมืองแร่ ลักษณะพื้นที่ต้งน้ำเป็นกอนหินขนาดใหญ่ กรวดและทราย กระแสน้ำไหลแรง 3) ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านพะเต๊ะ (MT3: $16^{\circ} 40.288'N$, $098^{\circ} 37.726'E$) เป็นส่วนของลำห้วยที่คดเคี้ยวเป็นคั้งน้ำ ลักษณะพื้นที่ต้งน้ำเป็นหินกอนเล็ก กรวด ทรายและตะกอนดิน กระแสน้ำไหลช้า มีบ้านเรือนอยู่รอบๆ ลำห้วย 4) ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาวใหม่หมู่ 4 (MT4: $16^{\circ} 40.122'N$, $098^{\circ} 36.604'E$) มีบ้านเรือนอยู่รอบๆ ลำห้วย เช่นเดียวกับ MT3 และมีการทำการเกษตรรอบๆ ลำห้วย ลักษณะพื้นที่ต้งน้ำเป็นหินกอนเล็ก กรวด ทราย และตะกอนดิน กระแสน้ำไหลช้า และ 5) ห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านบ้านแม่ตาวใหม่หมู่ 5 (MT5: $16^{\circ} 40.086'N$, $098^{\circ} 35.932'E$) เป็นบริเวณปลายน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากการทำเหมืองแร่ มีการทำการเกษตรรอบๆ ลำห้วย มีฝายกั้นน้ำ พื้นที่ต้งน้ำมีลักษณะเป็นกรวด ทราย และตะกอนดิน เก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างในบริเวณลำห้วยแม่ตาว (MT1-MT5) อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

2. การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและตะกอนดินเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก

ก่อนเก็บตัวอย่างแมลงน้ำต้องทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนทุกครั้ง คุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัด คือ อุณหภูมิ (Water temperature: WT) และอุณหภูมิอากาศ (Air temperature: AT) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity: EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total dissolved solids: TDS) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved oxygen: DO) โดยทำการตรวจวัดแต่ละปัจจัยจำนวน 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกชนิด High density polyethylene (HDPE) และเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity: ALK) ค่าความขุ่นใสของน้ำ (Turbidity: TUB) เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ APHA, AWWA, WPCF (1992)

เก็บตัวอย่างตะกอนดินในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ สุ่มเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้พลั่ว จำนวน 3 จุด โดยเก็บทวนกระแสน้ำขึ้นไป แล้วนำตัวอย่างที่ได้จาก 3 จุดมารวมกันให้ได้น้ำหนักตัวอย่างละประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น เก็บรักษาตัวอย่างตะกอนดินไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์

3. การเก็บตัวอย่างแมลงน้ำ

เก็บตัวอย่างแมลงน้ำที่มีบทบาทการกินอาหารเป็นกลุ่มผู้ล่าจำนวน 2 อันดับคืออันดับ Odonata และอันดับ Hemiptera ด้วยวิธีเตะสุ่ม (Kick sampling) โดยใช้ Kick nets และการเลือกเก็บ (Hand picking) บริเวณแหล่งน้ำไหล (Riffle) และบริเวณก้นหินของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จัดจำแนกแมลงน้ำทันทีที่เก็บได้และเก็บรักษาแมลงน้ำที่ได้ในน้ำแข็งแห้ง จำนวนตัวอย่างที่ต้องการในการวิเคราะห์โลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 2 กรัม

4. การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินและแมลงน้ำ

นำตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บได้ในข้อ 2 และตัวอย่างแมลงน้ำที่เก็บได้ในข้อ 3 มาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีโดยวิธี In house method based on AOAC (2005), 999.10, by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS) ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

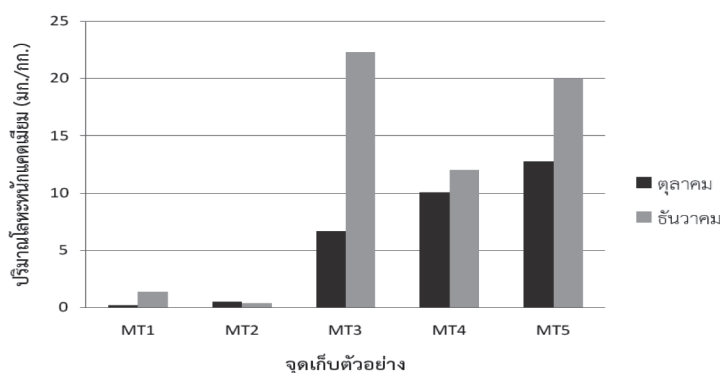
เปรียบเทียบค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) ทำการทดสอบหลังจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Post Hoc test) โดยใช้ Duncan

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีในตะกอนดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีในแมลงน้ำอันดับ Odonata และอันดับ Hemiptera โดยใช้ Spearman rank correlation ใน SPSS (Statistical Package for Social Science) for Windows version 16

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ปริมาณของโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำและแมลงน้ำ

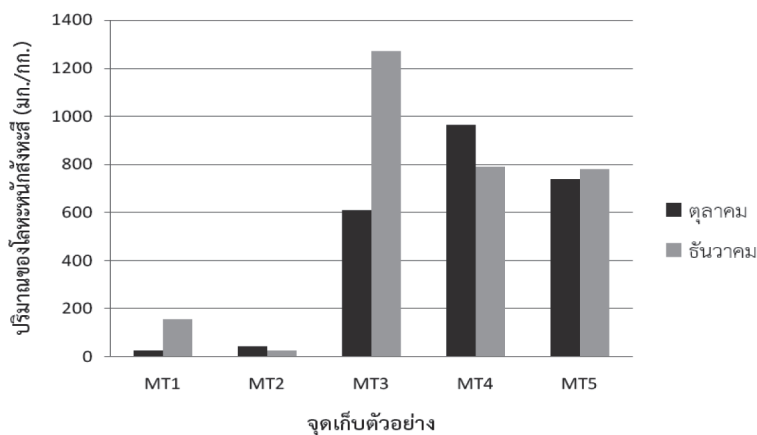
ปริมาณแคดเมียมในตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยแม่ตาบ จำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 0.17, 0.5, 6.64, 10.05 และ 12.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 1.33, 0.36, 22.29, 12.00 และ 12.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำ ในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2554

ตะกอนดินมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งสะสมสารมลพิษในแหล่งน้ำ (Acevedo-Figueroa et al., 2006) ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักแคดเมียมในตะกอนพื้นท้องน้ำของลำห้วยแม่ตาบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคมมีค่าสูงกว่าเดือนตุลาคม เนื่องจากเดือนธันวาคมเป็นช่วงรอยต่อจากฤดูฝน ซึ่งมีการตกตะกอนของสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำที่ถูกพัดมาในช่วงฤดูฝนตกลงสู่พื้นท้องน้ำ ประกอบกับพื้นที่บริเวณลำห้วยมีการทำเกษตรกรรม ทำให้มีการพังทลายของดินและการชะล้างสารมลพิษลงสู่ลำห้วย อาจส่งผลให้ปริมาณแคดเมียมในตะกอนพื้นท้องน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณสูงขึ้น (Acevedo-Figueroa et al., 2006)

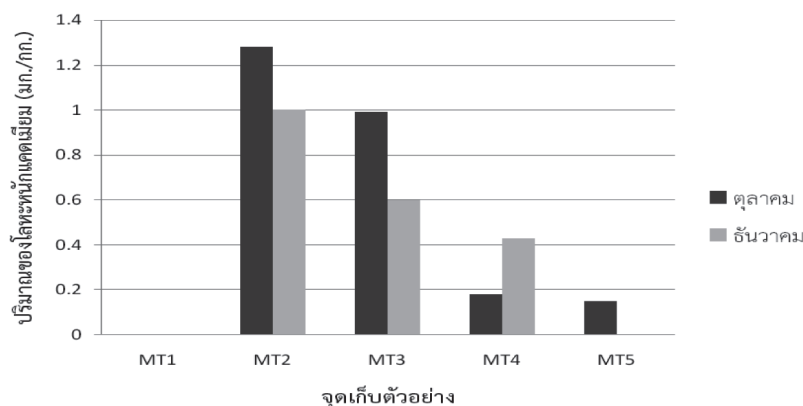
สำหรับปริมาณสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยแม่ดาว จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 28.35, 44.66, 608.62, 964.88 และ 738.08 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 155.93, 28.79, 1270.41, 789.33 และ 799.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำ ในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2554

ปริมาณโลหะหนักสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำของลำห้วยแม่ดาวในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบว่า ในเดือนธันวาคมมีค่าสูงกว่าเดือนตุลาคม เนื่องจากเดือนธันวาคมเป็นช่วงรอยต่อจากฤดูฝน มีการตกตะกอนของสารแขวนลอยอยู่ในน้ำที่ถูกพัดมาในช่วงฤดูฝน ตะกอนดินสามารถดูดซับสารมลพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะหนักไว้กับอนุภาคของตะกอนดิน (Axelsson, 2004) ส่งผลให้ปริมาณสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณสูงขึ้น จากจุดเก็บตัวอย่าง MT3 ถึง MT5 มีปริมาณโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำสูง เนื่องจากในพื้นที่ลำห้วยแม่ดาว อำเภอแม่สอด มีการทำเกษตรกรรม ทำให้มีการพังทลายของดินและการชะล้างสารมลพิษลงสู่ลำห้วยแล้ว ยังพบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมและสังกะสี จากกระบวนการผู้พังสลายตัวตามธรรมชาติของพื้นที่ ซึ่งทำให้เกิดการทับถมสะสมตัวของสังกะสีและแคดเมียม และพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยที่อยู่นอกกิจกรรมเหมืองแร่ก็มีธาตุสังกะสีและแคดเมียมปนเปื้อนสูงเช่นกัน

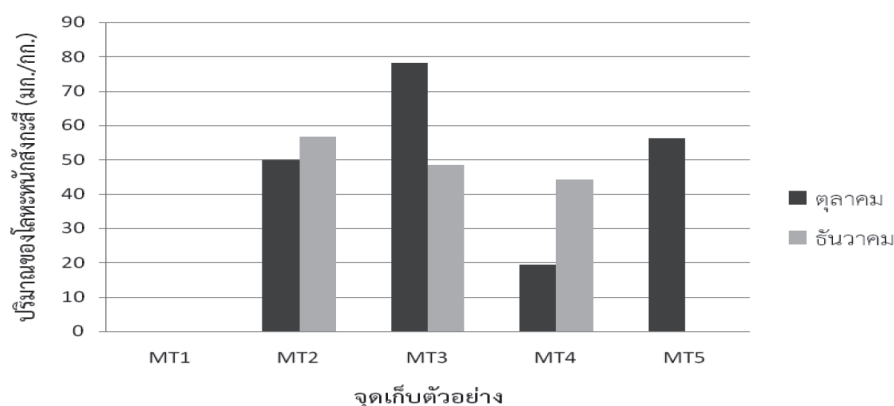
ปริมาณแคดเมียมในตัวอ่อนแมลงปอในลำห้วยแม่ดาว จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 0, 1.28, 0.99, 0.18 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 0, 1, 0.6, 0.43 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในตัวอ่อนแมลงปอ ในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2554

ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในตัวอ่อนแมลงปอ พบว่าเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่เดือนตุลาคมมีปริมาณสูงกว่าเดือนธันวาคม เนื่องจากเดือนตุลาคมเป็นช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างหน้าดินที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษหรือโลหะหนักซึ่งมาจากการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ เช่น การทำเหมืองแร่ การทำเกษตรกรรม และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (Mertz, 1989; Angelotti-Netto et al., 2004) ลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสารมลพิษหรือโลหะหนักแขวนลอยอยู่ในน้ำมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อตัวอ่อนแมลงปอที่อาศัยอยู่ตามพืชน้ำหรือก้อนหินในแหล่งน้ำได้รับการสะสมของโลหะหนัก อีกทั้งรูปแบบการกินของตัวอ่อนแมลงปอเป็นแบบผู้ล่า ที่มีรูปแบบการกินแบบกัดกินตัวเหยื่อทั้งตัว (Ward, 1992) จึงทำให้มีโอกาสในการสะสมโลหะหนักแคดเมียมที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Corbi et al. (2010) พบว่าลำธารที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรมจะมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในแมลงน้ำที่เป็นผู้ล่าสูง สำหรับในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 พบตัวอ่อนแมลงปอจำนวนน้อย ไม่เพียงพอสำหรับนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมได้

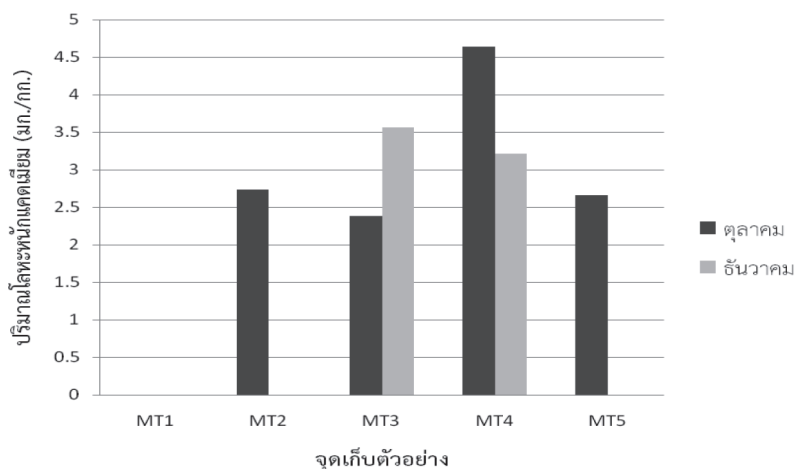
สำหรับปริมาณสังกะสีในตัวอ่อนแมลงปอในลำห้วยแม่ตาบ จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 0, 49.85, 78.25, 19.32 และ 56.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 0, 56.75, 48.47, 44.13 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปริมาณโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในตัวอ่อนแมลงปอในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2554

ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในตัวอ่อนแมลงปอ พบว่าเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 ในเดือนตุลาคมมีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่น้ำในลำห้วยไหลต่อจากพื้นที่ MT2 และเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่สังกะสี ทำให้บริเวณดังกล่าวได้รับผลกระทบจากสังกะสีที่สูงขึ้นด้วย อีกทั้งตัวอ่อนแมลงปอมีรูปแบบการกินแบบผู้ล่าโดยจะกินเหยื่อทั้งตัว (Ward, 1992) จึงมีโอกาที่ปริมาณของโลหะหนักสังกะสีมีค่าสูง สำหรับในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 พบจำนวนของตัวอ่อนแมลงปอน้อย ไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักสังกะสีได้

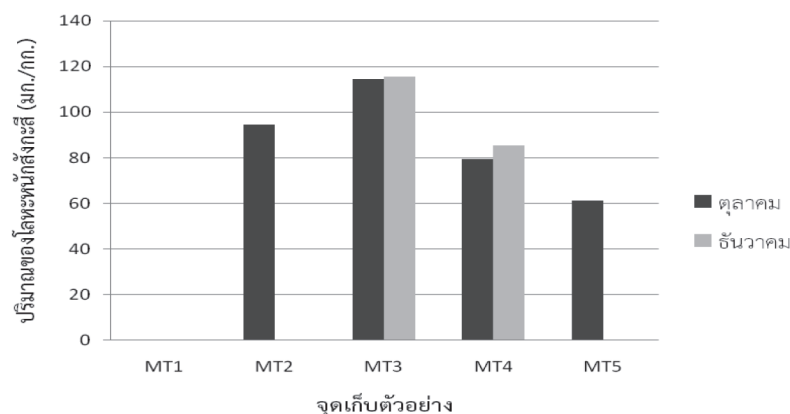
ปริมาณแคดเมียมในมวนน้ำในลำห้วยแม่ตาบ จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 0, 2.73, 2.38, 4.64 และ 2.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักแคดเมียมเท่ากับ 0, 0, 3.56, 3.21 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวนน้ำ ในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2554

ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวนน้ำ พบว่าเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 และ MT4 และพบว่าจุดเก็บตัวอย่าง MT4 ในเดือนตุลาคมมีปริมาณโลหะหนักแคดเมียมสะสมในปริมาณที่สูง เนื่องจากในเดือนตุลาคมเป็นช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาทำให้เกิดการชะล้างและการฟุ้งกระจายของตะกอนสารมลพิษในลำห้วย ทำให้การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำมากขึ้น (Browne et al., 1982) เมื่อสารมลพิษตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ ทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักในตะกอนพื้นท้องน้ำมากขึ้น มวนน้ำจับเหยื่อกินในบริเวณนี้จึงมีโอกาสดังจะได้รับเอาโลหะหนักที่สะสมอยู่ในตัวเหยื่อได้มากขึ้นด้วย (Clements, 1991) ในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 พบจำนวนของมวนน้ำน้อย ไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะหนักแคดเมียมได้ และในจุดเก็บตัวอย่าง MT2 และ MT5 ในเดือนธันวาคม พบมวนน้ำจำนวนน้อยไม่เพียงพอสำหรับนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักแคดเมียมได้เช่นกัน

สำหรับปริมาณสังกะสีในมวนน้ำในลำห้วยแม่ดาว จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ในเดือนตุลาคมมีค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 0, 94.33, 114.48, 79.48 และ 61.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมค่าโลหะหนักสังกะสีเท่ากับ 0, 0, 115.45, 85.47 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ปริมาณโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในมวนน้ำ ในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม 2554

ปริมาณโลหะหนักสังกะสีที่สะสมอยู่ในมวนน้ำ พบว่าเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากในจุดเก็บตัวอย่าง MT3 และ MT4 เนื่องจากมวนน้ำมีรูปแบบการกินเป็นแบบผู้ล่า โดยมีการกินแบบดูดน้ำเลี้ยงในตัวเหยื่อ (Ward, 1992) จึงทำให้มีโอกาสได้รับการสะสมโลหะหนักสังกะสีปริมาณที่สูง ในจุดเก็บตัวอย่าง MT1 ไม่มีข้อมูลของปริมาณสังกะสีในมวนน้ำ เนื่องจากพบมวนน้ำจำนวนน้อยไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนักสังกะสีได้ และในจุดเก็บตัวอย่าง MT2 และ MT5 ในเดือนธันวาคม พบมวนน้ำจำนวนน้อยไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักสังกะสีได้เช่นกัน

3. ปัจจัยของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในลำห้วยแม่ตาบ ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 พบว่า อุณหภูมิอากาศมีค่าระหว่าง 25.55-31.28°C อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 25.12-27.25°C ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ซึ่งเกิดมาจากช่วงเวลาของการวัดที่แตกต่าง โดยอุณหภูมิในช่วงเช้ามืดมีค่าต่ำกว่าช่วงกลางวัน นอกจากนี้ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยบางพื้นที่เป็นพื้นที่โล่งร่มเงาต้นไม้บดบังน้อย ทำให้ปริมาณแสงแดดมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมีค่าแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศ โดยเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าระหว่าง 3.93-5.12 mg/L โดยความสามารถละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำและปริมาณเกลือแร่ต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ในแหล่งต้นน้ำธรรมชาติมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำสูง เนื่องจากมีต้นไม้นานาชนิดและเป็นที่สูง อากาศเย็น การระเหยของน้ำสู่บรรยากาศน้อย ทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้มาก รวมถึงปัจจัยทางกายภาพต่างๆ มีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลาย

น้ำ และถ้าแหล่งน้ำนั้นไหลผ่านพื้นที่ชุมชนที่มีการทำกิจกรรมต่างๆ ที่มีการระบายน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำปริมาณมากอาจทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงอย่างรวดเร็วได้ (Prommi & Payakka, 2015) ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 8.03-8.76 มีสภาพความเป็นด่างเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยปกติแล้วแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีค่า pH ของน้ำระหว่าง 5.0-9.0 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าระหว่าง 297.05-587.71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าระหว่าง 163.30-315.10 mg/L ความขุ่นใสของน้ำมีค่าระหว่าง 13.42-157.17 FTU จากการศึกษาที่มีค่าค่อนข้างสูงในฤดูน้ำหลากซึ่งความขุ่นของน้ำจะมีผลต่อปริมาณแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำที่ระดับความลึกมากขึ้น ทำให้มีแสงส่องลงในน้ำมีปริมาณน้อยลง ความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 50.50-82.40 mg/L โดยค่าความเป็นด่างของน้ำเกี่ยวข้องกับปริมาณและชนิดของสารประกอบที่ละลายน้ำ สารประกอบเหล่านี้ทำให้น้ำมีค่า pH สูงกว่า 7 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ปริมาณซัลเฟตในน้ำมีค่าระหว่าง 15.50-38.25 mg/L ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำมีค่าระหว่าง 0.22-0.80 mg/L ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำมีค่าระหว่าง 1.83-3.04 mg/L ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำมีค่าระหว่าง 0.23-0.29 mg/L (ตารางที่ 1)

Prommi & Payakka (2015) ศึกษาคุณภาพน้ำของลำห้วยแม่ดาวและแม่กุ พบว่า คุณภาพน้ำผิวดินของลำห้วยแม่ดาวส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและในแมลงน้ำกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและในแมลงน้ำกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม 2554 พบว่าปริมาณโลหะหนักแคดเมียมในตะกอนพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าซัลเฟตของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ส่วนปริมาณโลหะหนักสังกะสีในตะกอนดินมีความสัมพันธ์กับค่าซัลเฟตของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวลน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าไนเตรท-ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยทางกายภาพและเคมีของคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณลำห้วยแม่ตาวในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม 2554

Parameter	Sampling site				
	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5
AT (°C)	30.10±0.14 ^{bc}	25.28±2.58 ^{ab}	32.60±2.12 ^c	23.45±2.76 ^a	25.75±1.63 ^{ab}
WT (°C)	24.37±0.76 ^a	24.28±1.02 ^a	24.25±2.33 ^a	23.25±3.04 ^a	23.42±1.68 ^a
DO (mg/L)	4.77±1.31 ^a	5.93±1.40 ^a	5.60±0.97 ^a	5.58±1.27 ^a	5.25±1.99 ^a
pH	8.20±0.14 ^a	8.65±0.07 ^a	8.62±0.26 ^a	8.75±0.21 ^a	8.55±0.35 ^a
EC (µS/cm)	272.41±23.92 ^a	401.50±89.80 ^{ab}	437.66±29.70 ^b	405.50±70.94 ^{ab}	467.25±64.70 ^b
TDS (mg/L)	135.33±11.78 ^a	217.33±21.68 ^b	201.33±37.24 ^{ab}	192.33±13.68 ^{ab}	234.66±33.47 ^b
Turbidity (NTU)	19.50±3.54 ^a	10.00±8.49 ^a	11.50±12.02 ^a	10.00±7.07 ^a	8.50±3.54 ^a
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	16.00±4.24 ^a	18.50±0.71 ^{ab}	29.50±3.54 ^{ab}	33.00±7.07 ^{ab}	38.50±14.85 ^b
NO ₃ -N (mg/L)	1.65±0.92 ^a	2.00±0.71 ^a	2.05±0.78 ^a	1.95±0.35 ^a	2.15±0.49 ^a
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.80±1.03 ^a	0.22±0.23 ^a	0.15±0.15 ^a	0.18±0.16 ^a	0.73±0.60 ^a
NH ₃ -N (mg/L)	0.21±0.23 ^a	0.18±0.25 ^a	0.20±0.26 ^a	0.19±0.25 ^a	0.27±0.22 ^a
Alkalinity (mg/L)	39.50±0.71 ^a	59.50±12.02 ^b	62.00±5.66 ^b	60.50±3.54 ^b	60.50±3.54 ^b

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและในแมลงน้ำกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี พบว่าปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนตะกอนพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าซัลเฟตของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01, P<0.05) เนื่องจากเกิดการทำปฏิกิริยาของซัลเฟตและโลหะที่อยู่ในรูปของเกลือโดยซัลเฟตอาจมาจากดินหรือหินตะกอน และมาจากการปล่อยของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ลงสู่แหล่งน้ำทำให้ในแหล่งน้ำมีซัลเฟตมากขึ้น ซึ่งซัลเฟตจะแตกตัวให้อิออนทำให้มีตะกอนของสารมลพิษลอยอยู่ในน้ำ เมื่อมีการตกตะกอนของสารมลพิษทำให้ไปสะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ Dassenakis et al. (1996) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในดินตะกอนจะมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยถ้าปริมาณอินทรีย์วัตถุมีมากก็จะพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนัก เช่น ทองแดง และสังกะสีจะสูงกว่าในดินที่มีอินทรีย์วัตถุที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ Borg & Jonsson (1996) อธิบายว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุจะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของโลหะหนักในดินตะกอนซึ่งจะมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับปริมาณของสังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียมและนิเกิล โดยที่ปริมาณของอินทรีย์วัตถุสามารถใช้อธิบายการ

เปลี่ยนแปลงของโลหะหนักเหล่านี้ในดินตะกอนผิวหน้าได้ถึงร้อยละ 25-50 ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวลน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยแคดเมียม (Cd^{2+}) มีผลต่อการดูดซึมไนโตรเจนในสิ่งมีชีวิตและผลจากแคดเมียมที่พบมากในสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อกลุ่มสัตว์หน้าดิน ทำให้อัตราการดูดซึมไนโตรเจนลดลง (Singh & Yadava, 1983) ไนโตรเจน-ไนโตรเจนเป็นสารอินทรีย์ที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต ถ้ามีปริมาณของสารอินทรีย์น้อยทำให้พืชเจริญเติบโตน้อยลง ส่งผลต่อผู้บริโภคชั้นที่หนึ่ง ทำให้มีอาหารน้อยลง และส่งผลต่อผู้บริโภคชั้นที่สองมีอาหารอย่างจำกัด ทำให้การสะสมโลหะหนักของแมลงน้ำลดลงด้วย โดยแมลงน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหาร เพราะแมลงน้ำมีความต้องการสารอาหารจากแหล่งน้ำ แต่ถ้าปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ ในแหล่งน้ำมีค่าสูงหรือต่ำจนเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อแมลงน้ำได้ (Navia et al., 1997) เมื่อมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในแมลงน้ำซึ่งเป็นกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เมื่อแมลงกลุ่มนี้เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นตัวเต็มวัยที่อาศัยอยู่บนบกโลหะหนักที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อยังคงอยู่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไม่ได้สลายไปตามธรรมชาติ เมื่อมีกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น นกและค้างคาวมากินแมลงกลุ่มนี้ โลหะหนักที่สะสมอยู่ในร่างกายของแมลงก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในผู้บริโภคลำดับขั้นสูง เช่น นกและค้างคาว ต่อไป

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีกับปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและแมลงน้ำในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม 2554

Parameters	Cd in sediment	Zn in sediment	Cd in Odonata	Zn in Odonata	Cd in Naucoridae	Zn in Naucoridae
SO_4^{2-}	0.817**	0.762*				
NO_3^-					-0.812*	

หมายเหตุ: ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($P < 0.01$)

* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยแม่ตาว จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด พบว่าจุดเก็บตัวอย่าง MT3, MT4 และ MT5 ในเดือนธันวาคมมีปริมาณสูงกว่าเดือนตุลาคม และปริมาณสังกะสีในตะกอนพื้นท้องน้ำในลำห้วยแม่ตาว จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด พบว่าจุดเก็บตัวอย่าง MT3 และ MT5 ในเดือนธันวาคมมีปริมาณสูงกว่าเดือนตุลาคม
2. ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของแมลงน้ำที่สัมผัสกับตะกอนพื้นท้องน้ำ จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด พบว่าในเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคมมีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่ในตัวอ่อนแมลงปอและมวนน้ำใกล้เคียงกัน
3. สหสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีกับปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำและในแมลงน้ำ พบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมอยู่ในตะกอนพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าซัลเฟตของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$, $p < 0.05$) และปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่สะสมอยู่ในมวนน้ำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

References

- Acevedo-Figueroa, D., Jimenez, B.D. & Rodriguez-Sierra, C.J. (2006). Trace metals in sediments of two estuarine lagoons from Puerto Rico. *Environmental Pollution* 141: 336-342.
- Angelotti-Netto, A., Crestana, S., De Oliveira, S. C. & Barbosa, R. V. R. (2004). Metais pesados provenientes de atividade agrícola: Formas, prevenção e controle. In: *Bacias hidrográficas* (pp. 1–14). São Carlos: Rima Editora.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Standard method for the examination of water and wastewater*. 18thed. American Public Health Association. Washington DC.
- Axelsson, V. (2004). *Sediment Accumulation and Modern Sedimentary Sequences in Coastal Bays, Sea Basins, Water Reservoirs and Lakes*. Available Source: <http://home.swipnet.se/valter/Ri4.html>. September 26, 2004.
- Borg, H. & Jonsson, P. (1996). Large scale metal distribution in Baltic sea sediments. *Marine Pollution Bulletin* 32(1): 8-21.

- Brook, J.M., Cox., H.B. Bryant., W.R. Kennicutt., M.C. Mann R.G. & McDonaldm, T.J. (1986). Association of Gas Hydrates and Oil Seepage in the Gulf of Mexico. *Organic Geochemistry* 10: 34-221.
- Browne, F.X., Orr., J.B. Grizzard, T.J. & Weandn B.L. (1982). Water Pollution. *Research Journal of the Water Pollution Control Federation* 54(6): 755-763.
- Burger, J. (2008) Assessment and management of risk to wildlife from cadmium. *Science of the Total Environment* 389: 37-45.
- Clements, W.H. (1991). *Community Responses of Stream Organisms to Heavy Metals*. University Press, Colorado.
- Corbi, J.J., Froehlich., C.G. Trivinho-Strixino, S. & dos Santos, A. (2010). Evaluating the use of predatory insects as bioindicators of metals contamination due to sugarcane cultivation in neotropical streams. *Environmental Monitoring and Assessment*. doi. 10.1007/s10661-010-1655-5.
- Dassenakis, M.I., Kloukiniotou, M.A. & Pavlidoa, A.S. (1996). The influence of long existing pollution on trace metal levels in a small tidal mediterranean bay. *Marine Pollution Bulletin* 32(3): 262-275.
- Mertz, W. (1986). *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 5th ed. London, Academic.
- Navia, Y.V.B., DeCardoso, M.C.Z. & DeHernandez, A.M.R. (1997). Distribution and structure of the order Trichoptera in various drainages of the Cauca River basin, Columbia, and their relationship to water quality. pp. 19-21. In R.W. Holzenthal and O.S. Flint, Jr., eds. *Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera*. Ohio Biological Survey, Columbus.
- Prommi, T. & Payakka, A. (2015). Aquatic insect biodiversity and water quality parameters of streams in northern Thailand. *Sains Malaysiana* 44(5): 707–717.
- Singh, S.P. & Yadava, V. (1983). Cadmium induced inhibition of nitrate uptake in *Anacystic nidulans*: Interaction with other divalent cations. *The Journal of General and Applied Microbiology* 29(4): 297-304.

- Swaddiwudhipong W., Limpatanachote, P. Mahasakpan, P. Krintratun S. & Padungtod, C. (2007). Cadmium-Exposed Population in Mae Sot District, Tak Province: 1. Prevalence of High Urinary Cadmium Levels in the Adults. *Journal of the Medical Association of Thailand* 90(1): 143-148.
- Ward, J.V. (1992). *Aquatic insect ecology. Biology and Habitat*. John Wiley&Sons, Inc, New York.
- Wongsanoon, J. (2005). *Cadmium contamination in Mae Tao stream in Amphur Mae Sod, Tak province*. 118 p. The Graduate School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand.

คณะผู้เขียน

นางสาวพิมพ์ชญา เดชชัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
e-mai address: faastop@ku.ac.th

นายอำพล พยัคฆา

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
e-mai address: ampon-bio@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แดงอ่อน พรหมมิ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
e-mail address: faastop@ku.ac.th

