



การสะสมทางชีวภาพของโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดินและปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำลำปลายมาศ Bioaccumulation of heavy metals in water, soil sediment and fishes in the Lam Plai Mat wetland

สำเนาวิ เสาวกุล^{1,*} กฤติมา กษมาวุฒิ¹ สุริยา อุดด้วง¹ และ ธวัชชัย ธาณี²

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

²คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Samnao Saowakoon^{1,*} Krittima Kasamawut¹ Suriya Udduang¹ and Tawatchai Tanee²

¹Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin campus

²Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และปลาในลำน้ำลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ เก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน จำนวน 6 จุด ๆ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างปลา แยกอวัยวะต่าง ๆ ของปลาได้แก่ เนื้อ ลำไส้ และเหงือก ทำการวัดปริมาณโลหะหนักได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และ ตะกั่ว และเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของปลา จากการศึกษาพบปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ในน้ำมีค่าตั้งแต่ 0.001-4.72 มก./ล. 0.0001-6.35 มก./ล. 0.0003-0.018 มก./ล. และ 0.005-7.07 มก./ล. ตามลำดับ ในตะกอนดินมีค่าตั้งแต่ 1.98-19.44 มก./กก. 0.004-1.62 มก./กก. 1.01-1.77 มก./กก. และ 3.68-14.22 มก./กก. ตามลำดับ โดยมีปริมาณโลหะหนักในน้ำมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดยกเว้นแคดเมียม ในขณะที่โลหะหนัก ทั้ง 4 ชนิด ในดินตะกอนมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลาเรียงจาก มากไปหาน้อย ได้แก่ สังกะสีและทองแดงพบใน เหงือก>ทางเดินอาหาร>เนื้อ แคดเมียมและตะกั่วพบใน ทางเดินอาหาร> เหงือก>เนื้อ และพบว่าเนื้อของปลาทุกชนิดมีการสะสมโลหะหนักแคดเมียมและตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าการ สะสมทางชีวภาพของโลหะหนักในปลา พบว่ามีค่าเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ แคดเมียม>สังกะสี>ตะกั่ว>ทองแดง

คำสำคัญ : การสะสมทางชีวภาพ ปลากินเนื้อ ปลากินพืช โลหะหนัก ลำปลายมาศ



Abstract

Contamination from heavy metals is the most significant problem of environmental pollution worldwide. This study aims to analyze the concentrations of heavy metals contaminating in water, sediment and fish in the Lam Plai Mat wetland, Buriram province. The samples of water and sediment were collected in six stations with three replicates. The fish samples were collected and the fish organs including muscle, intestine and gill were carefully dissected. The heavy metals namely, zinc (Zn), copper (Cu), cadmium (Cd) and lead (Pb) all samples were quantified, and the heavy metals accumulated in various organs of the fish samples were compared. The results showed that concentrations of Zn, Cu, Fe, and Pb in water were 0.001–4.72 mg/l, 0.0001–6.35 mg/l, 0.0003–0.018 mg/l and 0.005–7.07 mg/l, respectively, in soil sediment were 1.98–19.44 mg/kg, 0.004–1.62 mg/kg 1.01–1.77 mg/kg and 3.68–14.22 mg/kg, respectively. Reviewing concentrations of the metals, all heavy metals except Cd concentration in water showed values exceeding the standard level, whereas the concentration of 4 heavy metals showed values not exceeding the standard level. The heavy metal in fish organs showed in the following order of gill>intestine>muscle in Zn and Cu, and intestine>gill>muscle in Cd and Pb. The accumulations of Cd and Pb in the muscle of all fish species showed the values exceeding the standard level. The bioconcentration factor values of the heavy metals in fish appeared in order of Cd>Zn>Pb>Cu.

Keywords: Bioconcentration, carnivorous fish, herbivorous fish, heavy metal, Lam Plai Mat

* ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)

รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนา สุวาทกุล

e-mail: saowakoon130713@gmail.com



บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งจำเป็นสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจขั้นพื้นฐาน ตลอดจนการระบายของเสียจากชุมชน แหล่งน้ำจึงเป็นตัวรองรับมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมที่แตกต่างกัน ปัญหามลภาวะทางน้ำในปัจจุบัน คือ การมีทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์รวมถึงโลหะหนักในปริมาณที่มาก ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถปรับเปลี่ยนการดำรงชีวิต จึงมีการตกค้างและสะสมในน้ำโดยเฉพาะโลหะหนักซึ่งไม่สามารถสลายตัวได้ด้วยกระบวนการในธรรมชาติ จึงตกตะกอนสะสมอยู่ทั้งในดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงพืชน้ำและสัตว์น้ำ โลหะหนักที่มีรายงานพบปนเปื้อนในแหล่งน้ำและตะกอนดิน ได้แก่ สารหนู (arsenic, As) แคดเมียม (cadmium, Cd) โคบอลต์ (cobalt, Co) โครเมียม (chromium, Cr) ทองแดง (copper, Cu) เหล็ก (ferrous, Fe)ปรอท (mercury, Hg) ตะกั่ว (lead, Pb) แมกนีเซียม (magnesium, Mg) แมงกานีส (manganese, Mn) โมลิบดีนัม (molybdenum, Mo) นิกเกิล (nickel, Ni) แวนเดียม (vanadium, V) และสังกะสี (zinc, Zn) (Keepax *et al.*, 2011; Tanee *et al.*, 2013)

ปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในแม่น้ำกลายเป็นปัญหาที่สำคัญในตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมามา เพราะไม่เพียงแต่จะมีปัญหาต่อการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค แต่ยังต้องกังวลถึงเรื่องความเป็นพิษ การไม่ย่อยสลาย รวมถึงการสะสมในสิ่งมีชีวิตและการสะสมในระบบห่วงโซ่อาหาร (Terra *et al.*, 2008) จึงอาจทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำเป็นอาหารด้วย โดยปลาเป็นอาหารที่สำคัญต่อผู้บริโภคและยังเป็นดัชนีชีวภาพที่ใช้บอกการปนเปื้อนของสารมลพิษได้อีกด้วย (Rashed, 2001) โลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำและตะกอนดินสามารถเข้าสู่ปลาและส่งต่อไปยังคนได้โดยตรงจากการบริโภคปลา ก่อให้เกิดโทษหรือความเป็นพิษต่อร่างกายหลายด้าน เช่น เป็นสาเหตุการเกิดมะเร็ง ทำลายระบบของกระดูกสันหลัง ทำให้ความดันโลหิตสูง ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Manahan, 2003) ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังเกี่ยวกับปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักเพื่อเผยแพร่ข้อมูลให้ประชาชนได้รับทราบและเฝ้าระวังความเป็นพิษของโลหะหนัก

ลำนํ้าลำปลายมาศเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของภาคอีสานตอนล่างที่ใช้ในการอุปโภค รวมทั้งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน จากการทำการเกษตรที่มีการใช้สารเคมี รวมถึงน้ำท่วมและตะกอนดินจากแหล่งอื่นที่มีการปนเปื้อนสารเคมี น้ำในแม่น้ำจึงมีโอกาสปนเปื้อนโลหะหนัก รวมทั้งมีการสะสมของโลหะหนัก ในสัตว์น้ำด้วย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และในปลา รวมถึงในอวัยวะต่าง ๆ ของปลา ได้แก่ เนื้อ ทางเดินอาหาร และเหงือก เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำที่จำเป็นต้องกระทำโดยรีบด่วน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำและให้ได้มาซึ่งแนวทางตัวอย่างในการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำที่กำลังถูกคุกคามและเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อประชาชนทั้งในด้านสุขภาพอนามัยและเศรษฐกิจ รวมทั้งเพื่อหาแนวทางสำหรับการวางแผนป้องกัน แก้ไขปัญหาหรือการจัดการแหล่งน้ำในแหล่งอื่น ๆ ต่อไป

อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานวิจัยปริมาณโลหะหนักที่สะสมในปลาในพื้นที่บริเวณนี้ ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการสะสมของโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ในส่วนต่าง ๆ ของปลาในลำนํ้าลำปลายมาศ รวมทั้งศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

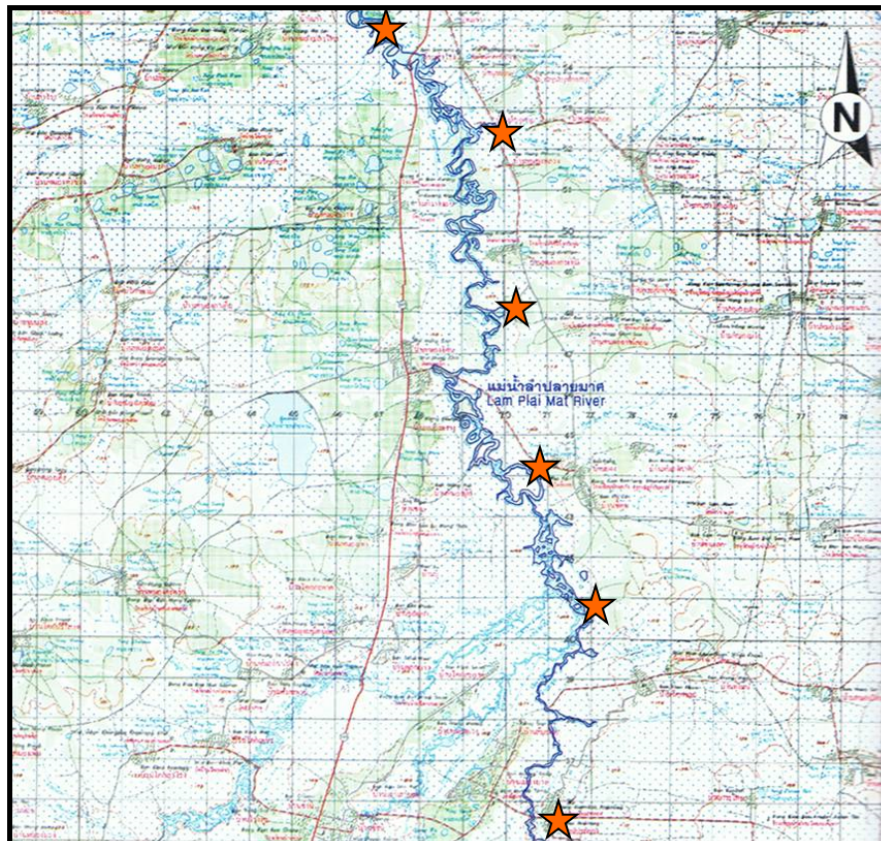
1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษา ณ พื้นที่ชุ่มน้ำลำปลายมาศในจังหวัดบุรีรัมย์ ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติและระดับนานาชาติของประเทศไทย โดยสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม การศึกษาในครั้งนี้

จะทำการแบ่งพื้นที่ชุ่มน้ำในแต่ละพื้นที่ ออกเป็น 6 สถานี ซึ่งเป็นตัวแทนของต้นน้ำที่รับน้ำเข้า บริเวณกลางพื้นที่ และบริเวณปลายพื้นที่ (ภาพที่ 1) และกำหนดระยะเวลาการเก็บเป็น 4 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

ช่วงที่	ช่วงเวลา	ช่วงเวลา	รายละเอียด
1	ฤดูแล้ง	ธันวาคม – กุมภาพันธ์	เป็นช่วงที่ระดับน้ำที่กักเก็บลดลงต่ำสุด และอุณหภูมิของน้ำต่ำ สัตว์น้ำมีกิจกรรมค่อนข้างน้อย
2	ปรับเปลี่ยน 1	มีนาคม – พฤษภาคม	เป็นช่วงที่ระดับน้ำที่กักเก็บต่ำ แต่เริ่มมีฝนตกลงมา อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างสูง สัตว์น้ำค่อนข้างเครียด
3	ฤดูฝน	มิถุนายน – สิงหาคม	มีฝนอย่างหนาแน่น, ระดับน้ำในอ่างเริ่มสูงขึ้นและความชุ่มชื้นของน้ำมีมากขึ้น
4	ปรับเปลี่ยน 2	กันยายน – พฤศจิกายน	สิ้นสุดฤดูฝน ระดับน้ำที่ทำการเก็บกักมีปริมาณสูงสุด



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน ในลำน้ำลำปลายมาศ

2. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 6 จุด ๆ ละ 3 ข้ำ ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำใส่ขวดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร จากนั้นหยดกรดไนตริกเข้มข้น 1–2 หยด แล้วแช่น้ำแข็ง และนำมาเก็บที่ตู้เย็น 4°C ที่ห้องปฏิบัติการคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ เพื่อรอวิเคราะห์ต่อไป

เก็บตัวอย่างตะกอนดิน ในจุดเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้ Eckman grab จำนวน 3 จุด ๆ ละ 3 ข้ำ ตะกอนดินประมาณ 100 กรัม ใส่ถุงพลาสติกผูกปากถุงให้แน่นนำไปแช่เย็นในถังน้ำแข็ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ต่อไป

ส่วนตัวอย่างปลาได้ซื้อจากชาวประมงที่จับปลาจากอ่างเก็บน้ำนี้ เป็นปลากินเนื้อ 4 ชนิด ได้แก่ ปลาช่อน (*Channa striata* (Bloch 1793)) ปลาบุษราคัม (*Oxyeleotris marmorata* (Bleeker 1852)) ปลาตะกวด (*Clarias batrachus* (Linnaeus 1758)) และปลาสร้อย (*Notopterus notopterus* (Pallas 1769)) และปลากินพืช 3 ชนิด ได้แก่ ปลาสวาย (*Henicorhynchus siamensis* (Sauvage 1881)) ปลานิล (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758)) และปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus* (Bleeker 1849))

3. การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

1. ตัวอย่างน้ำ

ใช้วิธีการตาม Tanee *et al.* (2013) ดังนี้ เหย่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากัน เทลงในปิกรเกอร์ 50 mL เติมส่วนผสม HNO_3 : HClO_4 อัตราส่วน 3:1 ย่อยตัวอย่างด้วยความร้อนต่ำ ๆ รอจนน้ำเกือบแห้งและได้สารละลายใส จึงทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 4) แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water)

2. ตัวอย่างตะกอนดิน

ใช้วิธีการตาม Tanee *et al.* (2013) โดยอบตะกอนดินที่อุณหภูมิ 103–105°C ใน hot air oven เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ชั่งมา 1 g ใส่ลงในปิกรเกอร์ เติมส่วนผสมกรด HNO_3 : HClO_4 อัตราส่วน 3:1 ย่อยตัวอย่างที่ 100°C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นและกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำปราศจากไอออน

3. ตัวอย่างปลา

ล้างตัวอย่างปลาให้สะอาดและผ่าแยกส่วนอวัยวะ ได้แก่ ทางเดินอาหาร เหงือก และเนื้อ อบตัวอย่างแต่ละส่วนที่อุณหภูมิ 103–105°C เป็นเวลา 48 h ชั่งตัวอย่างที่อบแล้ว 1 g ใส่ในปิกรเกอร์ เติมส่วนผสมกรด HNO_3 : HClO_4 อัตราส่วน 3:1 ย่อยตัวอย่างด้วยความร้อนต่ำ ๆ กระทั่งได้สารละลายใสจึงทิ้งไว้ให้เย็นและกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำปราศจากไอออน

การวัดปริมาณโลหะหนัก

วัดปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างน้ำ ตะกอนดิน และอวัยวะของปลาที่เตรียมไว้ ด้วยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) รุ่น AA 6200 (Shimadzu, Japan)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ ตะกอนดิน และปลา วิเคราะห์ค่าการสะสมทางชีวภาพในสิ่งมีชีวิต (bioconcentration factor: BCF) จากสูตรของ Crookes & Brooke (2011) คือ $\text{BCF} = \frac{\text{ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในปลา (มก./กก.)}}{\text{ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ (มก./ล.)}}$ เพื่อใช้ในการบ่งบอกความเข้มข้นของโลหะหนักจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สิ่งมีชีวิต คือ BCF เท่ากับความเข้มข้นของโลหะหนักในปลาต่อความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ปริมาณโลหะหนักในน้ำและตะกอนดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง สังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว ในน้ำจากลำน้ำลำปลายมาศทั้ง 6 จุด พบว่าแต่ละจุดมีปริมาณการสะสมของโลหะหนักในน้ำดังตารางที่ 2 โดยพบว่าปริมาณทองแดงมีค่าตั้งแต่ 0.0001 ถึง 6.35 มก./ล. (บางจุดที่ตรวจไม่พบ (ND)) สังกะสีมีค่าตั้งแต่ 0.001 ถึง 4.72 มก./ล. (บางจุดที่ตรวจไม่พบ (ND)) แคดเมียมมีค่าตั้งแต่ 0.0003 ถึง 0.018 มก./ล. (บางจุดที่ตรวจไม่พบ (ND)) และตะกั่วมีค่าตั้งแต่ 0.005 ถึง 7.07 มก./ล. (บางจุดที่ตรวจไม่พบ (ND)) ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในน้ำสามารถเรียงลำดับการสะสมจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ตะกั่ว>สังกะสี>ทองแดง>แคดเมียม อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์พบว่าการสะสมของสังกะสี ทองแดง และตะกั่วมีปริมาณการสะสมเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน มีเพียงแคดเมียมที่มีปริมาณการสะสมที่ไม่เกินค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำผิวดิน (0.05 มก./ล.) (ตารางที่ 2) (Ministry of Natural Resources and Environment, 1994)

จากการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว) ในตะกอนดิน พบว่าปริมาณสังกะสีมีค่าตั้งแต่ 1.98 ถึง 19.44 มก./กก. ทองแดงมีค่าตั้งแต่ 0.004 ถึง 1.62 มก./กก. (บางจุดที่ตรวจไม่พบ (nd.)) แคดเมียมมีค่าตั้งแต่ 1.01 ถึง 1.77 มก./กก. และตะกั่วมีค่าตั้งแต่ 3.68 ถึง 14.22 มก./กก. โดยปริมาณการสะสมของโลหะหนักในตะกอนดินสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ตะกั่ว>สังกะสี>แคดเมียม>ทองแดง (ตารางที่ 3) ผลการวิเคราะห์การสะสมของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดิน (Ministry of Natural Resources and Environment, 2004)

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

ครั้งที่	จุดที่	ปริมาณโลหะหนัก (มก./ล)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	1	0.0005	0.051	0.005	ND
	2	0.001	0.036	0.002	0.012
	3	0.008	0.032	0.007	ND
	4	0.009	0.031	0.0005	ND
	5	0.002	0.001	0.001	ND
	6	ND	0.042	0.015	0.017
ค่าเฉลี่ยของช่วงฤดูแล้ง		0.004±0.004	0.032±0.017	0.005±0.005	0.015±0.004
2	1	ND	0.028	0.0003	0.005
	2	ND	0.042	0.012	ND
	3	ND	0.004	0.002	0.003
	4	0.0002	ND	0.002	0.005
	5	0.003	0.044	0.010	ND
	6	ND	ND	ND	0.010
ค่าเฉลี่ยของช่วงปรับเปลี่ยน 1		0.002±0.002	0.030±0.018	0.005±0.005	0.006±0.003

หมายเหตุ: ND, Non Detected

*, Ministry of Natural Resources and Environment (1994)


ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ (ต่อ)

ครั้งที่	จุดที่	ปริมาณโลหะหนัก (มก./ล)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
3	1	0.007	0.075	0.012	ND
	2	0.002	0.025	0.011	0.021
	3	0.005	0.007	0.003	ND
	4	0.003	0.064	0.015	ND
	5	0.0001	0.030	0.010	0.072
	6	0.0002	0.038	0.018	ND
ค่าเฉลี่ยของช่วง ฤดูฝน		0.003±0.003	0.040±0.025	0.012±0.005	0.047±0.036
4	1	5.00	4.72	ND	4.40
	2	5.33	2.53	ND	7.07
	3	5.81	3.76	ND	6.39
	4	6.35	4.36	ND	4.17
	5	5.60	2.58	ND	2.58
	6	5.74	2.37	ND	2.84
ค่าเฉลี่ยของช่วง ปรับเปลี่ยน 2		5.638±0.458	3.387±1.028	ND	4.575±1.828
เฉลี่ยรวมทั้งแหล่งน้ำ		1.78±2.70	0.95±1.60	0.007±0.005	1.97±2.60
มาตรฐานโลหะหนักน้ำผิวดิน		0.1	1.0	0.05	0.05

หมายเหตุ: ND, Non Detected

*, Ministry of Natural Resources and Environment (1994)

ตารางที่ 3 ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในตะกอนดิน

ครั้งที่	จุดที่	ปริมาณโลหะหนัก (มก./กก.)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	1	6.11	28.13	0.19	12.27
	2	8.54	31.38	0.30	20.98
	3	3.80	12.64	0.21	9.32
	4	4.34	22.01	0.06	18.83
	5	3.47	15.30	0.11	10.18
	6	0.26	5.93	ND	3.02
ค่าเฉลี่ยของช่วง ฤดูแล้ง		4.42±2.77	19.23±9.70	0.17±0.09	12.43±6.59
2	1	7.48	34.62	0.02	13.22
	2	10.82	36.52	0.17	24.11
	3	4.10	13.58	ND	9.58
	4	0.01	0.88	0.06	0.64
	5	4.66	19.80	0.05	15.65
	6	0.36	4.89	0.05	1.80
ค่าเฉลี่ยของช่วง ปรับเปลี่ยน 1		4.57±4.15	18.38±14.87	0.07±0.06	10.83±8.86

หมายเหตุ: ND, Non Detected

*, Ministry of Natural Resources and Environment (2004)

ตารางที่ 3 ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในตะกอนดิน (ต่อ)

ครั้งที่	จุดที่	ปริมาณโลหะหนัก (มก./กก.)			
		Cu	Zn	Cd	Pb
3	1	6.18	26.84	ND	10.92
	2	7.84	30.07	0.01	16.95
	3	3.78	12.07	0.03	9.07
	4	2.93	18.26	0.08	16.95
	5	3.66	13.30	0.02	11.01
	6	0.36	3.52	ND	1.47
ค่าเฉลี่ยของช่วง ฤดูฝน		4.13±2.61	17.34±9.88	0.04±0.03	11.06±5.75
4	1	9.04	31.80	ND	12.40
	2	9.58	20.12	ND	9.41
	3	26.44	18.92	ND	13.51
	4	8.57	21.71	ND	8.97
	5	7.66	20.14	ND	8.74
	6	2.97	8.25	ND	4.08
ค่าเฉลี่ยของช่วง ปรับเปลี่ยน 2		10.71±8.07	20.16±7.50	ND	9.52±3.31
เฉลี่ยรวมแหล่งดิน		5.96±5.37	18.78±10.15	0.097±0.08	10.96±6.09
มาตรฐานคุณภาพดิน		-	-	37	400

หมายเหตุ: ND, Non Detected

*, Ministry of Natural Resources and Environment (2004)

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่าการสะสมของสังกะสี ทองแดง และตะกั่วมีปริมาณการสะสมเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน โดยเฉพาะปริมาณตะกั่วในน้ำที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน (มีค่ามากกว่า 0.05 มก./ล.) ซึ่งตะกั่วเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษและเป็นธาตุที่สิ่งมีชีวิตไม่ต้องการ เช่นเดียวกับแคดเมียม ถึงแม้ว่าปริมาณโลหะหนักทุกชนิดในตะกอนดินมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตามการพบปริมาณตะกั่วทั้งในน้ำและตะกอนดินแสดงให้เห็นถึงการมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักชนิดนี้ มีรายงานการวิจัยระบุว่าตะกั่วสามารถพบได้ในปุ๋ยเคมีที่มีการนำมาใช้สำหรับการเกษตร (Modaihsh et al., 2004) จากลักษณะพื้นที่โดยรอบลำน้ำลำปลายมาศมีการทำเกษตรกรรมทั้งนาไร่และมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีอื่น ๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักดังกล่าวโดยเฉพาะตะกั่วในบริเวณโดยรอบ เมื่อมีการชะล้างด้วยฝนโลหะหนักจะไหลลงมาสะสมในลำน้ำ ทำให้ปลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลำน้ำลำปลายมาศอาจมีการสะสมโลหะหนักตามไปด้วย ส่วนช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ ช่วงเดือนกันยายน และพฤศจิกายน นั้น พบว่าปริมาณตะกั่วทั้งในน้ำและตะกอนดินมีค่ามากกว่าช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างช่วงอื่น เนื่องจากในช่วงดังกล่าวเป็นสิ้นสุดฤดูฝนระดับน้ำที่ทำการเก็บก็มีปริมาณสูงสุด โดยปริมาณการสะสมของตะกั่วในตะกอนดินมีความสอดคล้องกับปริมาณของตะกั่วในน้ำ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องการชะล้างของโลหะหนักลงสู่อ่างเก็บน้ำ การสะสมของโลหะหนักบนเปื้อนสู่แหล่งน้ำและตะกอนดิน

ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตหน้าดินและสัตว์ที่หากินบริเวณหน้าดินในแหล่งน้ำมีโอกาสได้รับโลหะหนักไปสะสมอยู่ในร่างกาย และสามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร มาถึงมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้าย

2. การสะสมโลหะหนักในปลา

จากการศึกษาปริมาณการสะสมโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว ใน ปลาकिनเนื้อ ได้แก่ ปลาช่อน ปลานุพราย ปลาตุกดัน และปลาตลาด และปลาकिनพืช ได้แก่ ปลาตะเพียนขาว ปลาสลือขาว และปลานิล อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลา คือ เนื้อ เหงือก และลำไส้ จากผลการวิเคราะห์พบว่าการสะสมของสังกะสีมีค่าตั้งแต่ 25.6 มก./กก. (ปลาตลาด, เนื้อ) ถึง 299.17 มก./กก. (ปลาสลือขาว, เหงือก) ทองแดงมีค่าตั้งแต่ 0.28 มก./กก. (ปลานุพราย, ทางเดินอาหาร) ถึง 25.79 มก./กก. (ปลาสลือขาว, เหงือก) แคดเมียมมีค่าตั้งแต่ 0.56 มก./กก. (ปลาช่อน, เนื้อ) ถึง 56.39 มก./กก. (ปลาตลาด, เนื้อ) และตะกั่วมีค่าตั้งแต่ 0.07 มก./กก. (ปลานุพราย, เนื้อ) ถึง 257.22 มก./กก. (ปลานิล, ทางเดินอาหาร) (ตารางที่ 4) โลหะหนักที่มีการสะสมในปลาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ สังกะสี > ตะกั่ว > แคดเมียม > ทองแดง การที่พบปริมาณสังกะสีสูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่น อาจเนื่องสังกะสีเป็นกลุ่มโลหะหนักที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ ทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ในการทำงานของเอนไซม์ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างปกติ แต่ถ้ามีการสะสมของโลหะหนักทั้งสองชนิดนี้มากเกินไปอาจส่งผลต่อการทำงานของเซลล์ได้เช่นกัน (Rajkowska & Protasowicki, 2013) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้พบปริมาณการสะสมของแคดเมียมและตะกั่วในปลาเกือบทุกชนิดมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (0.05 และ 0.3–1 มก./กก.) (Ministry of Public Health, 1986; Official Journal of the European Union, 2006) โดยเฉพาะพบการสะสมในเนื้อปลา ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำมาบริโภค ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tanee et al. (2013) และ ธวัชชัย ธาณี และคณะ (2560) ที่พบปริมาณการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในเนื้อปลาที่จับได้จากแม่น้ำชี แม่น้ำมูล และอ่างเก็บน้ำห้วยแก่ง มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยในการบริโภคปลา ซึ่งอาจทำให้โลหะหนักสะสมเข้าสู่ผู้บริโภคได้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในปลาकिनเนื้อและปลาकिनพืชพบว่าปริมาณการสะสมของสังกะสี ทองแดง และตะกั่วในปลาในปลาकिनพืชสูงกว่าปลาकिनเนื้อ ในขณะที่พบปริมาณแคดเมียมสูงในปลาकिनเนื้อ ปริมาณการสะสมของโลหะหนักที่แตกต่างกัน ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ขนาด อายุ ชนิดของปลา น้ำหนัก เพศ ระดับการหากิน และอาหารที่กิน (Dural et al., 2007; Yousafzai et al., 2010) ถึงแม้ว่าลำดับการบริโภคตามห่วงโซ่อาหารปลาकिनเนื้อจะสูงกว่าปลาकिनพืชก็ตาม แต่จากข้อมูลไม่สามารถกล่าวได้ว่าปริมาณการสะสมโลหะหนักในปลาकिनเนื้อสูงกว่าปลาकिनพืชในโลหะหนักทุกชนิด ซึ่งอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น เพื่อให้สามารถบอกความแตกต่างของการสะสมโลหะหนักในปลาकिनพืชและปลาकिनเนื้อ

จากผลการวิเคราะห์การสะสมของโลหะหนัก (สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว) ในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลา พบว่าในอวัยวะส่วนต่าง ๆ มีการสะสมของโลหะหนักเรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ สังกะสีและทองแดงพบในเหงือก>ทางเดินอาหาร>เนื้อ แคดเมียมและตะกั่วพบใน ลำไส้>เหงือก>เนื้อ (ภาพที่ 2) และการสะสมของโลหะหนักในเนื้อพบการสะสมของโลหะหนักน้อยที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาการสะสมโลหะหนักในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลาที่พบว่าเนื้อเป็นส่วนที่มีการสะสมโลหะหนักน้อยที่สุด (Dural et al., 2007; Chi et al., 2007; Rauf et al., 2009; Taneer et al., 2013; ธวัชชัย ธาณี และคณะ, 2560) ถึงแม้ว่าเนื้อเป็นอวัยวะที่มีการสะสมโลหะหนักน้อยที่สุด แต่เนื้อเป็นส่วนที่ถูกนำมาบริโภคมากที่สุดและพบว่าเนื้อของปลาทุกชนิดมีการสะสมโลหะหนักแคดเมียมและตะกั่วมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของ Ministry of Public Health (1986) และของสหภาพยุโรป (Official Journal of the European Union, 2006) ที่กำหนดให้มีปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาไม่เกิน 0.05 มก./กก (แคดเมียม) และ 0.3–1 มก./กก. (ตะกั่ว) ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่มีการสะสมในปลามากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผลการศึกษครั้งนี้ถือเป็นข้อมูลที่สำคัญในการสร้างความตระหนักทั้งในเรื่องการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมและการดูแลสุขภาพมนุษย์ โดยปกติโลหะหนักมีความเป็นพิษต่อดับ ไต และสมอง โดยไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมตาบอลิซึม และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ มะเร็ง และโรคอื่น ๆ อีกหลายชนิด (Manahan, 1992)

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักสังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว และอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลา 7 ชนิด

ชนิดปลา	อวัยวะ	ปริมาณโลหะหนัก (มก./กก.)			
		สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว
ปลากินเนื้อ					
ช่อน (5 ตัว)	เนื้อ	41.28±13.00	2.00±2.18	0.56±0.56	3.99±3.94
	เงือก	104.99±37.73	2.73±2.70	1.33±1.41	5.44±3.64
	ทางเดินอาหาร	94.17±34.18	6.06±3.67	8.33±11.31	13.83±14.88
	รวม	212.49±106.21	9.29±7.82	7.45±11.26	21.67±16.02
บุหราย (2 ตัว)	เนื้อ	35.56±5.30	0.60±0.10	0.90±0.93	0.70
	เงือก	114.6±16.62	2.58±2.30	2.12±2.24	5.00±2.28
	ทางเดินอาหาร	44.13±60.36	0.28±0.007	14.18	6.06±8.11
	รวม	194.30±49.04	3.46±2.41	10.10±13.19	11.42±9.90
ดุกด้าน (1 ตัว)	เนื้อ	28.49	ND	1.15	ND
	เงือก	81.43	ND	4.34	ND
	ทางเดินอาหาร	118.30	1.15	14.07	134.50
	รวม	228.30	1.15	19.96	134.50
สลัด (1 ตัว)	เนื้อ	25.60	ND	56.39	ND
	เงือก	128.00	3.78	29.36	56.39
	ทางเดินอาหาร	38.84	1.17	1.98	ND
	รวม	192.40	4.95	87.73	56.39

หมายเหตุ: ND., Non Detected

1: มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อปลาธรรมชาติ (Ministry of Public Health, 1986)

2: มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาในธรรมชาติของสหภาพยุโรป (EU) (Official Journal of the European Union, 2006)

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักสังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว และอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลา 7 ชนิด (ต่อ)

ชนิดปลา	อวัยวะ	ปริมาณโลหะหนัก (มก./กก.)			
		สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว
ปลากินพืช					
ตะเพียนขาว (3 ตัว)	เนื้อ	86.88±41.40	6.23±4.67	1.75	7.21±4.06
	เงือก	128.32±41.26	5.44±3.20	3.53	9.87±4.40
	ทางเดินอาหาร	84.49±35.42	3.47±2.67	6.57	6.37±3.50
	รวม	299.69±94.90	15.14±10.41	11.85	18.03±13.17
สร้อยขาว (1 ตัว)	เนื้อ	118.80	5.23	ND	5.84
	เงือก	299.20	25.79	ND	25.00
	ทางเดินอาหาร	82.13	4.22	ND	3.94
	รวม	500.1	35.24	ND	34.78
นิล (1 ตัว)	เนื้อ	43.97	0.55	1.28	6.17
	เงือก	105.30	0.48	5.87	17.85
	ทางเดินอาหาร	94.27	0.30	35.12	257.20
	รวม	243.50	1.33	42.27	281.20
เกณฑ์มาตรฐาน	1	100	20	-	1
	2	-	-	0.05	0.3

หมายเหตุ: ND., Non Detected

1: มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อปลาธรรมชาติ (Ministry of Public Health, 1986)

2: มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาในธรรมชาติของสหภาพยุโรป (EU) (Official Journal of the European Union, 2006)

ตารางที่ 5 ค่าการสะสมทางชีวภาพในสิ่งมีชีวิต (Bioconcentration factor: BCF) ในเนื้อปลาทั้ง 7 ชนิด

ประเภท	ชนิด	ค่าการสะสมทางชีวภาพในสิ่งมีชีวิต			
		สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว
ปลากินเนื้อ	ปลาช่อน	223.67	5.22	1,063.81	11.00
	ปลาบุหร่าย	204.54	1.94	1,442.86	5.80
	ปลาดุกด้าน	240.29	0.65	2,851.43	68.25
	ปลาสร้อย	202.57	2.78	12,532.86	28.62
ปลากินพืช	ปลาตะเพียนขาว	315.46	8.51	1692.86	9.15
	ปลาสร้อยขาว	526.38	19.80	ND	17.65
	ปลานิล	256.35	0.75	6,038.57	142.76

สรุปผล

การปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำโดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นสัตว์ที่ได้รับความนิยมนำมาบริโภค จากการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ในน้ำ ตะกอนดิน และอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของปลา 7 ชนิด ทั้งปลากินเนื้อและปลากินพืช ผลการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนดินพบว่าโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณความเข้มข้นไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนการปนเปื้อนของโลหะหนักสังกะสี ทองแดง และตะกั่ว ในน้ำมีค่ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักน้ำผิวดิน (สังกะสี>0.1 มก./ล.; ทองแดง>1.0 มก./ล.; ตะกั่ว>0.05 มก./ล.)

การสะสมโลหะหนักในปลาหากรวมทุกอวัยวะพบว่าปลาทุกชนิดมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด หากพิจารณาเฉพาะส่วนเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำมาบริโภคพบว่าเนื้อของปลาเกือบทุกชนิดมีปริมาณการสะสมของแคดเมียม (ยกเว้นปลาสร้อยขาว) และตะกั่ว (ยกเว้นปลากดุกด้านและปลาสร้อย) เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดย Ministry of Public Health (1986) และสหภาพยุโรป (Official Journal of the European Union, 2006) กำหนดให้มีปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลาไม่เกิน 0.05 มก./กก (แคดเมียม) และ 0.3–1 มก./กก. (ตะกั่ว) และโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดนี้มีปริมาณอัตราการสะสม (ค่า BCF) ในปลาที่สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่มีการสะสมในปลาอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการสร้างความตระหนักทั้งในเรื่องการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมและการดูแลสุขภาพของประชาชนจึงควรมีการเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรตระหนักและลดการใช้สารเคมี เช่น ยากำจัดวัชพืชและศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี เป็นต้น หรือควรมีการตรวจติดตามการปนเปื้อนของสารเคมีอย่างสม่ำเสมอเพื่อหาแนวทางป้องกันและจัดการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จัวตชัย ธาณี พนิดา พันธสมบัติ อรุณรัตน์ นวีราช รุ่งลาวัลย์ สุตมุล และสำเนาวิ เสาวกุล. (2560). การสะสมโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และปลา ในลำน้ำมูล. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, 11(1), 82–92.
- Chi, Q., Zhu, G. & Langdon, A. (2007). Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(12), 1500–1504.
- Crookes, M. & Brooke, B. (2011). *Estimation of fish bioconcentration factor (BCF) from depuration data*. UK, Environment Agency.
- Dural, M., Goksu, M. Z. L. & Ozak, A. A. (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry*, 102(1), 415–421.
- Keepax, R. E., Moyes, L. N., Livens, F. R. (2011). Speciation of heavy metals and radioisotopes. In: Environmental and Ecological Chemistry vol II. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Retrieved June 5, 2019, from <http://www.eolss.net/SampleChapters/C06/E6-13-03-05.pdf>
- Manahan, S. E. (1992). *Toxicological chemistry*. 2nd ed. USA, Lewis Publishers, INC.
- Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. (1994). *Announcement of National Environment Committee No. 8. Standard level on water surface quality*. [In Thai]
- Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. (2004). *Announcement of National Environment Committee No. 25. Standard level on soil quality*. [In Thai]
- Ministry of Public Health, Thailand. (1986). *Announcement of Ministry of Public Health No. 98. Standard Level on Contaminants in Foods*. [In Thai]
- Modaihsh, A. S., Al-Swailem, M. S. & Mahjoub, M. O. (2004). Heavy metals content of commercial inorganic fertilizers used in the Kingdom of Saudi Arabia. *Agricultural and Marine Sciences*, 9(1), 21–25.
- Official Journal of the European Union (EU). (2006). *Commission Regulation (EC) No 881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. L 364, 5–24.
- Rajkowska, M. & Protasowicki, M. (2013). Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophic in Northwestern Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4), 3493–3502.
- Rashed, M. N. (2001). Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International*, 27(1), 27–33.
- Rauf, A., Javed, M. & Ubaidullah, M. (2009). Heavy metal levels in three major carps (*Catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala*) from the River Ravi, Pakistan. *Pakistan Veterinary Journal*, 29(1), 24–26.
- Tanee, T., Chaveerach, A., Narong, C., Pimjai, M., Punsombut, P. & Sudmoon, R. (2013). Bioaccumulation of heavy metals in fish from the Chi River, Maha Sarakham Province, Thailand. *International Journal of Biosciences*, 3(8), 159–167.
- Terra, B. F., Araújo, F. G., Calza, C. F., Lopes, R. T. & Teixeira, T. P. (2008). Heavy metal in tissues of three fish species from different trophic levels in a tropical Brazilian river. *Water, Air, and Soil Pollution*, 187(1), 275–284.

Yousafzai, A. M., Chivers, D. P., Khan, A. R., Ahmad, I. & Siraj, M. (2010). Comparison of heavy metals burden in two freshwater fishes *Wallago attu* and *Labeo dyocheilus* with regard to their feeding habits in natural ecosystem. *Pakistan Journal of Zoology*, 42(5), 537–54.



คณะผู้เขียน

รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ เสาวกุล

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

E-mail: saowakoon130713@gmail.com

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤติมา กษมาวุฒิ

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

E-mail: krittima2562@gmail.com

อาจารย์ ดร.สุริยา อุดด้วง

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

E-mail: Suriya.ud@rmuti.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ธานี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

41 หมู่ 20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

E-mail: tawatchai5@hotmail.com