คุณภาพน้ำและความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ของน้ำผิวดิน ในแหล่งน้ำทะเลหลวง จังหวัดสุโขทัย

Water quality and suitability for multi proposes of surface water in the Thalaluang water resource, Sukhothai province

คุณากร มั่นชื่น[1], ผศ.ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก[2]

pantipk@nu.ac.th

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวง จังหวัดสุโขทัย ระหว่างสถานีตรวจวัดและระหว่างฤดูกาล และศึกษาถึงความเหมาะสมของน้ำผิวดินต่อการใช้ประโยชน์ โดยเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์น้ำผิวดินจาก 7 จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำผิวดินใน 4 โซนพื้นที่ ได้แก่ บริเวณทางน้ำเข้า บริเวณทางน้ำออก และบริเวณทางน้ำเข้าและออกของแหล่งน้ำ และในพื้นที่ทะเลสาบของแหล่งน้ำทะเลหลวง เก็บตัวอย่างในฤดูฝนและฤดูร้อน ฤดูกาลละ 3 เดือน ผลการศึกษาพบ pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity และ Hardness ของน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวง มีค่าระหว่าง 6.8-8.8, 26.4-38.1 ºC, 2.5-7.3 mg/l, 80-239 mg/l, 143-364 µS/cm, 11.0-50.0 cm, 23-299 NTU และ 52-108 mg/l as $CaCO_3$ ตามลำดับ Cd, Cu, Pb และ Zn ในน้ำ มีค่าระหว่าง 0.000-0.015, 0.013-0.247, 0.000-1.235 และ 0.000-0.508 mg/l ตามลำดับ Temperature ของน้ำในฤดูฝนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำเล็กน้อย ค่า DO เฉลี่ยของน้ำมีค่าค่อนข้างสูงและเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ค่า Transparency เฉลี่ยของน้ำในฤดูฝน มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ค่า pH ของน้ำ มีค่าเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ ค่า Cd ของน้ำในฤดูฝน และค่า Pb ของน้ำทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ และเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปา ค่า Cu ของน้ำในฤดูฝนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และค่า Cu ของน้ำทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน และค่า Zn ของน้ำในฤดูฝน มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ทั้งนี้ การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำผิวดินที่สูงขึ้นในฤดูฝน มีสาเหตุมาจากน้ำที่ไหลบ่าผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองก่อนไหลบ่าเข้าสู่แหล่งน้ำทะเลหลวง โดยคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงที่ลดลงและปริมาณโลหะหนักในน้ำที่สูงขึ้นในฤดูฝน จะส่งผลต่อความเหมาะสมในการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น จึงควรติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงอย่างต่อเนื่อง เพื่อประเมินการเกิดและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ, โลหะหนัก, แหล่งน้ำทะเลหลวง

Abstract

The objectives of this research were to study general water quality and heavy metal content of surface water in Thalaluang water resource, Sukhothai province and to compare the water quality indicators and heavy metal content of the surface water between sampling stations including sampling seasons. Besides, the suitability of the surface water for multi proposes was evaluated. In this study, 7 water sampling points were determined for 4 representative zones of inlet, outlet, and inlet-outlet of the Thalaluang water resource and in Thalaluang lake. The surface water samples were collected for 3 months of wet and dry seasons. The results showed that pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity and Hardness of the surface water were 6.8-8.8, 26.4-38.1 ºC, 2.5-7.3 mg/l, 80-239 mg/l, 143-364 µS/cm, 11.0-50.0 cm, 23-299 NTU and 52-108 mg/l as $CaCO_3$, respectively. Cd, Cu, Pb and Zn in the water were 0.000-0.015, 0.013-0.247, 0.000-1.235 and 0.000-0.508 mg/l, respectively. Temperature of surface water in wet season was slightly higher than that determined in standard criteria for aquatic life. Averages DO of the water were high and proper for animal life. Averages transparency of the water in wet seasons were low comparing with standard criteria for aquatic life. pH values of the water were suitable for multi proposes. Cd of the water in wet season and Pb of that in wet and dry season were higher than standard criteria for surface water type 3, standard criteria for aquatic life and standard criteria for water supply. Cu of the water in wet season were higher than standard criteria for surface water type 3. Besides, Cu of the water in wet and dry season and Zn of that in wet season were higher than standard criteria for aquatic life. Flowing of overland runoff through agricultural area and urban area into the Thalaluang water resource was expected to be cause of contamination of the heavy metals in surface water especially in wet season. The results revealed that quality of surface water in the Thalaluang was low and heavy metals concentration of surface water in the Thalaluang was high in wet season. These affected on suitability of the surface water for multi propose. Then, monitoring of quality of surface water in the Thalaluang should be continuously conducted. The monitoring data will be useful for immediately detect and solve the problem that may occur.

Keywords: Water quality, Heavy metal, Thalaluang water resource

บทนำ

ทะเลหลวง เป็นพื้นที่แก้มลิงและเป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่เกิดจากการน้อมนำพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 มาใช้ เพื่อการจัดการปัญหาอุทกภัยในช่วงฤดูฝนและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในช่วงฤดูร้อน โดยมีลักษณะเป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 7,070 ไร่ โดยมีพื้นที่กักเก็บน้ำ 4,500 ไร่ (สิทธิณัฐ ประพุทธนิติสารและคณะ, 2552) แหล่งน้ำทะเลหลวงเป็นระบบนิเวศที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และเป็นที่พักอาศัยของนกอพยพในช่วงฤดูหนาว รวมทั้งยังเอื้อประโยชน์ในการเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาสำหรับชุมชนและหน่วยงานรัฐที่ตั้งอยู่โดยรอบพื้นที่ นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน รวมถึงเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำอีกด้วย

พื้นที่ทะเลหลวงรับน้ำจากพื้นที่ตอนบน ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต จึงอาจส่งผลต่อคุณภาพของน้ำและการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวง นอกจากจะรับน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมแล้ว ทะเลหลวงยังรับน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เมืองอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำในแม่น้ำยมจะมีปริมาณมากและมักไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ชุมชน ซึ่งน้ำที่ไหลบ่าเข้าท่วมชุมชนนี้บางส่วนได้ถูกผันเข้าสู่พื้นที่แหล่งน้ำทะเลหลวง ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนมลสาร รวมถึงโลหะหนักจากกิจกรรมชุมชนในพื้นที่รับน้ำทะเลหลวง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำทะเลหลวงและเกิดการปนเปื้อนมลสารไปยังห่วงโซ่อาหารในลำดับขั้นต่างๆ ได้ ทั้งนี้การปนเปื้อนมลสารที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงนี้ จะส่งผลต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำ ทั้งในด้านการอุปโภคและบริโภค การชลประทาน และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวง ทั้งนี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสำคัญเพื่อนำไปสู่การบริหารและการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของโลหะหนักของแหล่งน้ำทะเลหลวง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่เป็นพื้นที่หลักเขต (Landmark) ที่สำคัญ และเป็นระบบนิเวศแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีรูปแบบการใช้ประโยชน์หลากหลายประการ ทั้งจากมนุษย์และสิ่งมีชีวิตโดยรอบแหล่งน้ำทะเลหลวง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าคุณภาพน้ำทั่วไปและโลหะหนักในน้ำบริเวณทางน้ำเข้า-ออกหลัก และในทะเลหลวง
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าคุณภาพน้ำทั่วไปและโลหะหนักในน้ำระหว่างสถานีตรวจวัดและระหว่างฤดูกาล
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวงกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการใช้ประโยชน์

ขอบเขตการวิจัย

1. ด้านตัวแปร: ค่าคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity และ Hardness และค่าโลหะหนักในน้ำ ได้แก่ Cd, Cu, Pb และ Zn

2. ด้านพื้นที่ศึกษา: แหล่งน้ำทะเลหลวง จังหวัดสุโขทัย

3. ด้านเวลา: เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล (ฤดูกาลละ 3 เดือน) คือ ฤดูฝน และฤดูร้อน (wet-dry period)

สมมติฐานการวิจัย

1. ความแตกต่างของฤดูกาลส่งผลต่อค่าคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำ
2. ความแตกต่างของสถานีตรวจวัดส่งผลต่อค่าคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำ
3. คุณภาพน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวงมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการใช้ประโยชน์

วิธีดำเนินการวิจัย

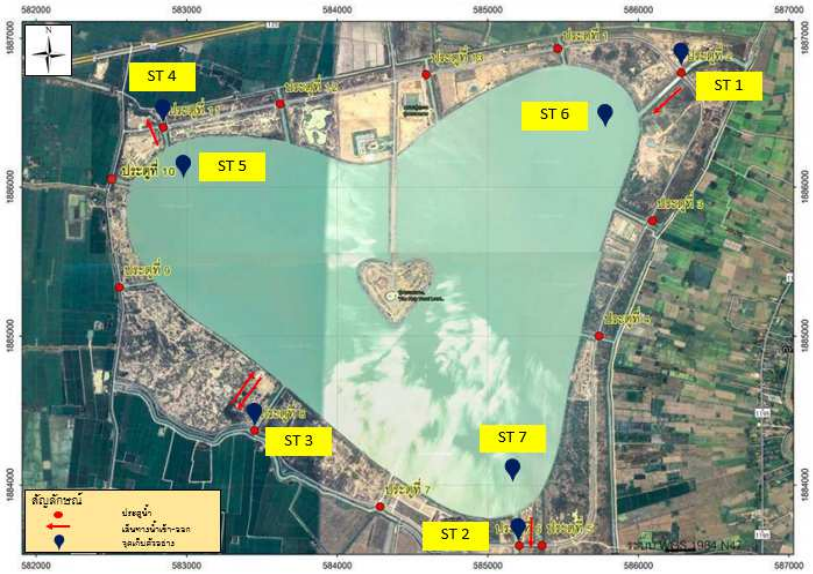
1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจถึงคุณภาพน้ำและปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาแหล่งน้ำทะเลหลวง จังหวัดสุโขทัย โดยการตรวจวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ใน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูร้อน

2. ขั้นตอนการวิจัย

ศึกษาสำรวจพื้นที่แหล่งน้ำทะเลหลวง เพื่อกำหนดตัวแทนของจุดตรวจวัด โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 จุด เพื่อเป็นตัวแทนของบริเวณทางน้ำเข้า (ST1) ทางน้ำออก (ST2 และ ST4) ทางน้ำเข้าและออก (ST3) และภายในทะเลหลวง (ST5, ST6 และ ST7) แสดงดังภาพ 1 ซึ่งแต่ละบริเวณมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของน้ำและปริมาณของโลหะหนักในน้ำ และเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝนและฤดูร้อน โดยเก็บตัวอย่างฤดูกาลละ 3 เดือน รวมทั้งหมด 6 ครั้ง

การวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรอิสระ 2 กลุ่ม คือ ฤดูกาล ซึ่งได้แก่ ฤดูฝน และฤดูร้อน และสถานีตรวจวัด ซึ่งได้แก่ บริเวณทางน้ำเข้า บริเวณทางน้ำออก บริเวณทางน้ำเข้าและออก และในทะเลหลวง โดยมีตัวแปรตามที่ทำการศึกษา คือ ค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ



ภาพ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่แหล่งน้ำทะเลหลวง

3. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธีเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ตรวจวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity ของน้ำ ขณะเก็บตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์ค่า Hardness และโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ โดยทำการเก็บรักษาสภาพของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่า Hardness ด้วยการแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C และรักษาสภาพตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยกรดไนตริกและแช่ที่อุณหภูมิ 4 °C ก่อนนำไปวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity และ Hardness รวมถึงปริมาณ Cd, Cu, Pb และ Zn ในน้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและค่าโลหะหนักในน้ำระหว่างสถานีตรวจวัด ด้วยสถิติ F-test และ DMRT และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างฤดูกาล ด้วยสถิติ T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2 เปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ และเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปา

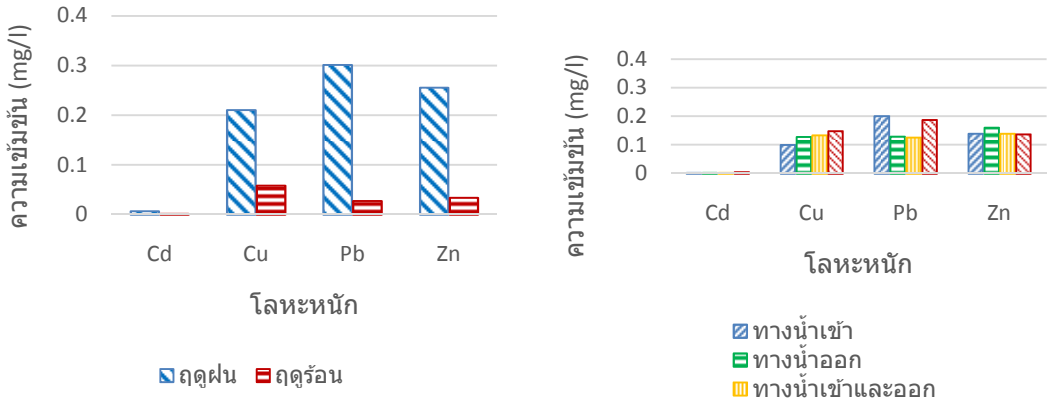
ผลการวิจัย

1. ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวง

น้ำผิวดินในแหล่งน้ำ มีค่า pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity และ Hardness ระหว่าง 6.8-8.8, 26.4-38.1 °C, 2.5-7.3 mg/l, 80-239 mg/l, 143-364 µS/cm, 11.0-50.0 cm, 23-299 NTU และ 52-108 mg/l as $CaCO_3$ ตามลำดับ โดยน้ำบริเวณทางน้ำเข้า ทางน้ำออก ทางน้ำเข้าและออก และในทะเลหลวง มีค่า pH ระหว่าง 7.2-8.4, 7.0-8.8, 7.0-8.7 และ 6.8-8.6 ตามลำดับ มีค่า Temperature ระหว่าง 28.1-33.6, 27.2-38.1, 29.7-35.5 และ 26.4-36.1 °C ตามลำดับ มีค่า DO ระหว่าง 3.8-8.3, 3.8-9.1, 4.2-8.6 และ 2.5-9.4 mg/l ตามลำดับ มีค่า TDS ระหว่าง 83-214, 84-191, 125-236 และ 80-239 mg/l ตามลำดับ มีค่า EC ระหว่าง 143-358, 219-364, 217-346 และ 146-332 µS/cm ตามลำดับ มีค่า Transparency ระหว่าง 16.5-42.5, 12.0-45.5, 12.0-41.5 และ 11.0-50.0 cm ตามลำดับ มีค่า Turbidity ระหว่าง 23-299, 43-268, 39-244 และ 23-270 NTU ตามลำดับ และมีค่า Hardness ระหว่าง 70-108, 54-94, 52-94 และ 54-98 mg/l as $CaCO_3$ ตามลำดับ น้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน มีค่า pH ระหว่าง 6.8-8.2 และ 7.8-8.8 มีค่า Temperature ระหว่าง 28.9-36.1 และ 26.36-38.13 °C มีค่า DO ระหว่าง 2.5-7.3 และ 4.7-9.4 mg/l มีค่า TDS ระหว่าง 80-239 และ 161-214 mg/l มีค่า EC ระหว่าง 143-282 และ 255-364 µS/cm มีค่า Transparency ระหว่าง 11-40 และ 23-50 cm มีค่า Turbidity ระหว่าง 73-299 และ 23-84 NTU และมีค่า Hardness ระหว่าง 52-78 และ 74-108 mg/l as $CaCO_3$

Cd, Cu, Pb และ Zn ในน้ำ มีค่า 0.000-0.015, 0.013-0.247, 0.000-1.235 และ 0.000-0.508 mg/l ตามลำดับ โดยน้ำในบริเวณทางน้ำเข้า ทางน้ำออก ทางน้ำเข้าและออก และในทะเลหลวง มีค่า Cd

ระหว่าง 0.000-0.013, 0.000-0.013, 0.000-0.011 และ 0.000-0.015 mg/l ตามลำดับ มีค่า Cu ระหว่าง 0.015-0.238, 0.013-0.247, 0.019-0.237 และ 0.014-0.240 mg/l ตามลำดับ มีค่า Pb ระหว่าง 0.000-1.117, 0.000-1.235, 0.000-0.838 และ 0.000-1.094 mg/l ตามลำดับ และมีค่า Zn ระหว่าง 0.000-0.342, 0.000-0.508, 0.000-0.376 และ 0.000-0.459 mg/l ตามลำดับ น้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน มีค่า Cd ระหว่าง 0.000-0.015 และ 0.000-0.010 mg/l มีค่า Cu ระหว่าง 0.049-0.247 และ 0.013-0.204 mg/l มีค่า Pb ระหว่าง 0.000-1.235 และ 0.000-0.436 mg/l และมีค่า Zn ระหว่าง ค่า 0.066-0.459 และ 0.000-0.508 mg/l (ภาพ 2)



ภาพ 2 ปริมาณโลหะหนักของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวง

2. การเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินระหว่างสถานีตรวจวัดและระหว่างฤดูกาล

2.1 การเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินระหว่างสถานีตรวจวัด

ในช่วงฤดูฝน พบค่า EC, Hardness และ Cu ของน้ำ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานีตรวจวัด ขณะที่ ในช่วงฤดูร้อน พบค่า pH, DO, TDS, EC, Hardness, Cd และ Cu ของน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานีตรวจวัด (ตาราง 1 และ 2)

2.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินระหว่างฤดูกาล

ค่า pH, EC, Transparency และ Hardness ของน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาลในทุกสถานีตรวจวัด โดยมีค่าสูงในฤดูร้อน ส่วนค่า Turbidity, Cd, Cu และ Zn มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาลในทุกสถานีตรวจวัด โดยมีค่าสูงในฤดูฝน (ตาราง 1 และ 2)

ทั้งนี้ พบค่า Temperature ของน้ำบริเวณทางน้ำเข้าและในทะเลหลวง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยมีค่าสูงในฤดูฝน ค่า DO ของน้ำบริเวณทางน้ำออก ทางน้ำเข้า-ออกและในทะเลหลวง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยมีค่าสูงในฤดูร้อน ค่า TDS ของน้ำบริเวณทางน้ำเข้า ทางน้ำออก และในแหล่งน้ำทะเลหลวง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระหว่างฤดูกาล โดยมีค่าสูงในฤดูร้อน (ตาราง 1) และพบค่า Pb ในน้ำบริเวณทางน้ำเข้า ทางน้ำออก และในทะเลหลวง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยมีค่าสูงในฤดูฝน (ตาราง 2)

3. การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวงกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินเพื่อการใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาพบว่า pH ของน้ำมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ และเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปา เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร และการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคและการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน พบว่า น้ำในฤดูฝน มีค่า Cd, Cu, Pb และ Zn สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน และพบว่าในฤดูร้อน น้ำจากสถานีภายในทะเลหลวง มีค่า Pb สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ พบว่าในฤดูฝน น้ำมีค่า Temperature, Cd, Cu, Pb และ Zn สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน และในฤดูร้อน พบค่า Cd ของน้ำในสถานีทางน้ำเข้า ทางน้ำออก และในทะเลหลวง และค่า Cu และ Pb ของน้ำของสถานีในทะเลหลวงมีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปา พบว่า ในช่วงฤดูฝน น้ำมีค่า Cd และ Pb สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน และในช่วงฤดูร้อน น้ำมีค่า Pb สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (ตาราง 1 และ 2)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ค่า pH, Temperature, DO, TDS, EC, Transparency, Turbidity, Hardness, Cd, Cu, Pb และ Zn ของน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ขณะที่ ค่า EC, Hardness และ Cu ของน้ำในฤดูฝน และค่า pH, DO, TDS, EC, Hardness, Cd และ Cu ของน้ำในฤดูร้อน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานีตรวจวัด ทั้งนี้ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำของน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงโดยส่วนใหญ่มีค่าเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน อย่างไรก็ตาม พบค่า Temperature, Cd, Cu, Pb และ Zn มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย

ทั้งนี้ พบว่าในฤดูฝน ค่า Temperature ของน้ำในทุกสถานีสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำเล็กน้อย DO ของน้ำมีค่าค่อนข้างสูงในทุกสถานีทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งน้ำดิบ การชลประทาน และการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ค่า Transparency ของน้ำในทุกสถานีในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ ค่า pH ของน้ำในทุกสถานีในทั้งสองฤดูกาล เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ และเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปา ค่า EC ของน้ำ ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยเป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งจะมีค่า 150-300 µS/cm และสัมพันธ์กับค่า TDS ของน้ำ ทั้งนี้ พบว่าน้ำมีลักษณะเป็นน้ำอ่อนถึงน้ำค่อนข้างกระด้างที่มีค่าความกระด้างระหว่าง 0-75 และ 75-150 mg/l as $CaCO_3$ ตามลำดับ (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534)

ตาราง 1 ค่าคุณภาพน้ำทั่วไปของน้ำผิวดินในแหล่งน้ำทะเลหลวง ในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน

พารามิเตอร์/ฤดูกาล	หน่วย	สถานีตรวจวัด				*p* value	เกณฑ์มาตรฐาน		
		ทางน้ำเข้า (ST1)	ทางน้ำออก (ST2, ST4)	ทางน้ำเข้า-ออก (ST3)	ในทะเลหลวง (ST5, ST6, ST7)		คุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3[1/]	การดำรงชีพของสัตว์น้ำ[2/]	แหล่งน้ำเพื่อการประปา[3/]
pH	-						5-9	5-9	5-9
-ฤดูฝน		7.6 ± 0.4^{Ab}	7.4 ± 0.3^{Ab}	7.8 ± 0.5^{Ab}	7.6 ± 0.5^{Ab}	0.226			
-ฤดูร้อน		8.0 ± 0.3^{Ba}	8.3 ± 0.3^{Aa}	8.4 ± 0.2^{Aa}	8.3 ± 0.2^{Aa}	0.000			
p value		0.039	0.000	0.007	0.000				
Temperature	ºC						ธ'	23-32	-
-ฤดูฝน		32.5 ± 1.0^{Aa}	32.2 ± 1.6^{Aa}	32.8 ± 1.1^{Aa}	32.0 ± 2.2^{Aa}	0.604			
-ฤดูร้อน		29.2 ± 0.7^{Ab}	30.2 ± 3.7^{Aa}	31.5 ± 2.6^{Aa}	29.5 ± 2.4^{Ab}	0.216			
p value		0.000	0.050	0.189	0.000				
DO	mg/l						>4	>3	-
-ฤดูฝน		6.3 ± 0.9^{Aa}	5.3 ± 1.0^{Ab}	5.3 ± 1.0^{Ab}	5.2 ± 1.2^{Ab}	0.061			
-ฤดูร้อน		6.6 ± 1.2^{Ba}	8.1 ± 0.5^{Aa}	7.8 ± 0.6^{ABa}	8.1 ± 0.5^{Aa}	0.000			
p value		0.543	0.000	0.000	0.000				
TDS	mg/l						-	-	-
-ฤดูฝน		129.8 ± 26.7^{Ab}	138.1 ± 17.9^{Ab}	158.8 ± 44.7^{Aa}	140.6 ± 41.4^{Ab}	0.342			
-ฤดูร้อน		198.7 ± 10.7^{Aa}	172.7 ± 10.2^{Ba}	172.4 ± 10.2^{Ba}	172.5 ± 8.7^{Ba}	0.000			
p value		0.000	0.000	0.394	0.001				
EC	µS/cm						-	-	-
-ฤดูฝน		182.8 ± 46.0^{Bb}	249.2 ± 18.8^{Ab}	250.1 ± 20.9^{Ab}	208.4 ± 49.2^{Bb}	0.000			
-ฤดูร้อน		330.4 ± 16.4^{Aa}	292.3 ± 35.4^{Ba}	299.1 ± 31.0^{Ba}	288.4 ± 26.0^{Ba}	0.004			
p value		0.000	0.000	0.001	0.000				
Transparency	cm						-	30-60	-
-ฤดูฝน		24.3 ± 5.7^{Ab}	25.4 ± 12.0^{Ab}	25.0 ± 10.0^{Ab}	24.3 ± 9.5^{Ab}	0.982			
-ฤดูร้อน		34.2 ± 6.7^{Aa}	33.6 ± 6.1^{Aa}	34.0 ± 5.2^{Aa}	35.3 ± 5.9^{Aa}	0.758			
p value		0.004	0.020	0.034	0.000				
Turbidity	NTU						-	-	-
-ฤดูฝน		163.9 ± 97.0^{Aa}	156.2 ± 71.7^{Aa}	138.6 ± 77.2^{Aa}	142.5 ± 77.8^{Aa}	0.846			
-ฤดูร้อน		43.0 ± 20.6^{Ab}	53.4 ± 8.8^{Ab}	46.9 ± 7.3^{Ab}	44.3 ± 10.7^{Ab}	0.059			
p value		0.006	0.000	0.007	0.000				
Hardness	mg/l						-	-	<500
-ฤดูฝน	as $CaCO_3$	73.3 ± 2.2^{Ab}	66.2 ± 5.9^{Bb}	64.0 ± 8.3^{Bb}	68.4 ± 5.9^{Bb}	0.007			
-ฤดูร้อน		101.6 ± 7.8^{Aa}	85.0 ± 5.4^{Ba}	86.0 ± 5.7^{Ba}	87.5 ± 7.1^{Ba}	0.000			
p value		0.000	0.000	0.000	0.000				

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ที่ตามด้วยตัวอักษร (พิมพ์ใหญ่) ที่เหมือนกันในแนวนอน คือ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างสถานีตรวจวัด
ค่าเฉลี่ย ที่ตามด้วยตัวอักษร (พิมพ์เล็ก) ที่เหมือนกันในแนวตั้ง คือ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างฤดูกาล

ธ' = อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ 3 องศาเซลเซียส

ที่มา: [1/] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง

[2/] ไมตรี ดวงสวัสดิ์ (2530)

[3/] สภาวิศวกร (ม.ป.ป.)

ตาราง 2 ปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินของแหล่งน้ำทะเลหลวง ในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน

พารามิเตอร์/ฤดูกาล	หน่วย	สถานีตรวจวัด				*p* value	เกณฑ์มาตรฐาน		
		ทางน้ำเข้า (ST1)	ทางน้ำออก (ST2, ST4)	ทางน้ำเข้า-ออก (ST3)	ในทะเลหลวง (ST5, ST6, ST7)		คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3[1/]	การดำรงชีพของสัตว์น้ำ[2/]	แหล่งน้ำเพื่อการประปา[3/]
Cd	mg/l						≤ 0.005*/	≤ 0.001	≤ 0.005*/
-ฤดูฝน		0.0054±0.0051^{Aa}	0.0056±0.0041^{Aa}	0.0059±0.0040^{Aa}	0.0080±0.0048^{Aa}	0.246	≤ 0.05**		≤ 0.05**
-ฤดูร้อน		0.0002±0.0007^{Bb}	0.0011±0.0017^{ABb}	0.0010±0.0016^{ABb}	0.0025±0.0031^{Ab}	0.046			
p value		0.016	0.000	0.006	0.000				
Cu	mg/l						≤ 0.1	≤ 0.02	≤ 1.5
-ฤดูฝน		0.1777±0.0800^{Ba}	0.2072±0.0371^{ABa}	0.2183±0.0297^{Aa}	0.2206±0.0131^{Aa}	0.037			
-ฤดูร้อน		0.0242±0.0083^{Bb}	0.0494±0.0446^{ABb}	0.0507±0.0373^{ABb}	0.0777±0.0768^{Ab}	0.048			
p value		0.000	0.000	0.000	0.000				
Pb	mg/l						≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
-ฤดูฝน		0.4017±0.4883^{Aa}	0.2602±0.3504^{Aa}	0.2528±0.3375^{Aa}	0.3116±0.3908^{Aa}	0.810			
-ฤดูร้อน		0.0000±0.0000^{Ab}	0.0000±0.0000^{Ab}	0.0000±0.0000^{Aa}	0.0639±0.1284^{Ab}	0.089			
p value		0.039	0.006	0.055	0.004				

พารามิเตอร์/ฤดูกาล	หน่วย	สถานีตรวจวัด				*p* value	เกณฑ์มาตรฐาน		
		ทางน้ำเข้า (ST1)	ทางน้ำออก (ST2, ST4)	ทางน้ำเข้า-ออก (ST3)	ในทะเลหลวง (ST5, ST6, ST7)		คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3[1/]	การดำรงชีพของสัตว์น้ำ[2/]	แหล่งน้ำเพื่อการประปา[3/]
Zn	mg/l	0.2336±0.1040^{Aa}	0.2594±0.1290^{Aa}	0.2454±0.1215^{Aa}	0.2639±0.0893^{Aa}	0.889	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.5
-ฤดูฝน		0.0449±0.0423^{Ab}	0.0627±0.1174^{Ab}	0.0330±0.0269^{Ab}	0.0117±0.0189^{Ab}	0.099			
-ฤดูร้อน		0.000	0.000	0.001	0.000				
p value									

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ที่ตามด้วยตัวอักษร (พิมพ์ใหญ่) ที่เหมือนกันในแนวนอน คือ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างสถานีตรวจวัด
ค่าเฉลี่ย ที่ตามด้วยตัวอักษร (พิมพ์เล็ก) ที่เหมือนกันในแนวตั้ง คือ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างฤดูกาล
* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร/ ** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา: [1/]ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง

[2/]ไมตรี ดวงสวัสดิ์ (2530)

[3/]สภาวิศวกร (ม.ป.ป.)

ค่า Cd, Cu และ Pb ในน้ำจากทุกสถานีในฤดูฝนสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ขณะที่ ค่า Cu ของน้ำในทุกสถานีทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน และค่า Cd, Pb และ Zn ของน้ำในทุกสถานีในฤดูฝน และค่า Pb ของน้ำในทะเลหลวงในฤดูร้อน มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะน้ำภายในทะเลหลวงซึ่งพบมีค่าโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าน้ำในสถานีอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้ น้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงในฤดูฝน มีค่า Cd และ Pb สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะทางการเกษตร ซึ่งโดยปกติน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงจะถูกส่งให้กับพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ นอกจากนั้นยังพบมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำ และเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการประปาอีกด้วย โดยพบค่าโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในน้ำจากทุกสถานีจะมีค่าสูงในฤดูฝน ซึ่งจะมีน้ำหลากผ่านพื้นที่ทางตอนบนก่อนไหลลงสู่แหล่งน้ำทะเลหลวง โดยมีการพัดพาตะกอนดินและมลสารซึ่งรวมถึงโลหะหนักเข้ามายังพื้นที่แหล่งน้ำทะเลหลวง

อภิปรายผลการวิจัย

อุณหภูมิของน้ำในฤดูฝนที่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำเล็กน้อยนั้น อาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของน้ำและกระบวนการทางชีวเคมี (Komatsu et al., 2007) รวมถึงการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นอาจส่งผลให้มลสารมีความเป็นพิษรุนแรงมากขึ้นได้ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528) ทั้งนี้ สาเหตุที่อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงขึ้นจนเกินเกณฑ์มาตรฐานการดำรงชีพของสัตว์น้ำคาดว่าเป็นผลจากภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยด้วย และการที่อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงขึ้นจะทำให้น้ำที่สามารถดูดซับความร้อนได้ มีค่าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Komatsu et al., 2007) ค่า DO ของน้ำในแหล่งน้ำที่มีค่าสูงนั้น เนื่องจากทะเลหลวงเป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากการขุดที่ยังมีอายุน้อย จึงยังมีสารอินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในปริมาณไม่มากนัก ส่งผลให้มีกิจกรรมการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่น้อยตามไปด้วย ค่า Transparency ซึ่งมีค่าต่ำในฤดูฝน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีน้ำปริมาณมากไหลเข้าสู่ทะเลหลวง ซึ่งน้ำที่ไหลเข้าสู่ทะเลหลวงนี้จะปะปนไปด้วยตะกอนและมลสารต่างๆ จึงทำให้ค่า Transparency ของน้ำในทุกสถานีในฤดูฝนมีค่าต่ำ และสอดคล้องกับค่า Turbidity ของน้ำในทุกสถานีที่มีค่าสูงในฤดูฝนด้วยเช่นกัน

โลหะหนักที่พบในน้ำของแหล่งน้ำทะเลหลวง ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากโลหะหนักที่มีอยู่ตามธรรมชาติของดินในพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากน้ำที่ไหลเข้าสู่ทะเลหลวงนั้น มีทั้งน้ำที่ไหลบ่าผ่านพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีทางการเกษตร และน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เมืองที่มีกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิง การซ่อมเครื่องยนต์ และการใช้สารเคมีประเภทต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจมีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบและส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำที่ไหลบ่าผ่านพื้นที่และไหลเข้าสู่แหล่งน้ำทะเลหลวงได้ สอดคล้องกับ Yi *et al*. (2011) ที่พบว่าน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เมืองเป็นสาเหตุหนึ่งของการปนเปื้อนของ Cd, Cu, Pb และ Zn ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งนี้ ปริมาณโลหะหนักที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในแหล่งน้ำทะเลหลวงอาจส่งผลต่อการสะสมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตและระบบห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศแหล่งน้ำทะเลหลวง และอาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศได้ เนื่องจากโลหะหนักสามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษ อีกทั้งยังมีลักษณะ

ที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ จึงสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2555)

ทั้งนี้สรุปได้ว่า ค่าคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณโลหะหนักในน้ำโดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับช่วงฤดูกาล ซึ่งจะส่งผลต่อความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ของน้ำจากแหล่งน้ำทะเลหลวง ทั้งนี้ สาเหตุของการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำในทะเลหลวงเป็นผลมาจากน้ำที่ไหลบ่าผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เมืองที่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น จึงควรดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำทะเลหลวงอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

ข้อเสนอแนะ

1. ควรติดตามตรวจสอบค่า Cd, Cu, Pb และ Zn รวมถึงโลหะหนักชนิดอื่นในน้ำในระบบนิเวศแหล่งน้ำทะเลหลวง โดยทำการตรวจวัดและเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่แหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ซึ่งการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดจะช่วยให้สามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

2. ควรพิจารณาระมัดระวังการใช้น้ำดิบในแหล่งน้ำทะเลหลวงเพื่อการผลิตน้ำประปา โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เนื่องจากเป็นช่วงที่พบว่ามีค่าการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำมีค่าสูงขึ้น

3. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงการสะสมของโลหะหนักในระบบห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำทะเลหลวง เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรในแหล่งน้ำทะเลหลวงทั้งในด้านการเกษตรและการประมง

รายการอ้างอิง

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537, 24 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111 ตอน 16 ง. 234-240.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. (2534). คุณภาพน้ำทางการประมง. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. (2530). เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. (2528). คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง, สถานบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. (2555). ภัยร้ายจากโลหะหนัก ไม่รู้ไม่ได้แล้ว. สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 22, 2561, จาก http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/video/itemlist/tag/โลหะหนัก.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. (2528). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิณัฐ ประพุทธนิติสาร, อัจจิมา หิรัณยพิชญ์, โสรักษ์ ดิษฐประยูร, นิตยา วงศ์วีระพันธ์, นฤมล ลือชา และกิตติกาญจน์ สัมฤทธิ์ . (2552). แผนแม่บทสวนพฤกษศาสตร์พระแม่ย่า จังหวัดสุโขทัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สภาวิศวกร. (ม.ป.ป.). ระบบประปา. สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 22, 2561, จาก http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/ENV/CH1.pdf

Komatsu, E., Fukushima, T., and Harasawa, H. (2007). A modeling approach to forecast the effect of long-term climate change on lake water quality. Ecological Modelling. 209, 351-366.

Yi, Y., Yang, Z., and Zhang, S. (2011). Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangze River basin. Environmental Pollution. 159, 2575-2585.