



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
.....

ปริญญา

.....
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย
อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

Accumulation of Heavy Metal in Hard Clam (*Meretrix* spp.) on Laem Phak Bia Beach,
Ban Laem District, Phetchaburi Province

นามผู้วิจัย นางสาวสิริภักตรา พลกล้า

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ฝืนนิล, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์วสิน ینگพัฒนากุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์อนุกรณ์ บุตรสันต์, D.M.S.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย
อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

Accumulation of Heavy Metal in Hard Clam (*Meretrix* spp.)
on Laem Phak Bia Beach, Ban Laem District, Phetchaburi Province

โดย

นางสาวสิริภักธา พลกล้า

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2557

สิริภัทธา พลกล้า 2557: การสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ผิวนิล, ปร.ด. 86 หน้า

การศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ระยะเวลาในการศึกษา คือ ฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม 2556) โดยทำการศึกษาโลหะหนักในน้ำทะเล โลหะหนักในดินบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย และโลหะหนักในหอยตลับ ซึ่งทำการศึกษาหอยตลับ (*Meretrix casta*) และ (*Meretrix meretrix*) การสะสมโลหะหนักในหอยตลับที่ทำการศึกษา คือ เนื้อหอยตลับสด, น้ำในตัวหอยตลับ, หอยตลับแช่น้ำทะเล, น้ำในตัวหอยตลับแช่น้ำทะเล, เนื้อหอยตลับต้ม และน้ำต้มหอยตลับ โลหะหนักที่ทำการศึกษามี 6 ชนิด คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ตะกั่ว (Pb), ปรอท (Hg) และนิกเกิล (Ni) ผลการศึกษาพบว่า หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีการสะสม สารหนู (As) มากที่สุด และเมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมในหอยตลับแล้วนั้น ปริมาณโลหะหนักนั้นไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน สามารถรับประทานได้ สำหรับปริมาณโลหะหนักในดิน พบว่า ตะกั่ว (Pb) มีปริมาณมากที่สุด คือ 19.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในน้ำ พบว่า นิกเกิล (Ni) มีปริมาณมากที่สุด คือ 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Siriphatthar Phonlar 2014: Accumulation of Heavy Metal in Hard Clam (*Meretrix* spp.) on Laem Phak Bia Beach, Ban Laem District, Phetchaburi Province. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Onanong Phewnil, Ph.D. 86 pages.

This study on heavy metal accumulation in the benthic clams (*Meretrix* spp.) on Laem Phak Bia Beach, Ban Laem District, Phetchaburi Province was conducted in rainy season (September 2012) and dry season (March 2013), included heavy metals in sea water, soil sediment, and the benthic clams (*Meretrix casta* and *Meretrix meretrix*). Heavy metal accumulation was analyzed in fresh clams, accumulated water in fresh clams, fresh clams in sea water, accumulated water of clams in sea water, boil clams, accumulated water in boil clams. The heavy metals were determined for Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Lead (Pb), Mercury (Hg) and Nickel (Ni). The results showed that the most accumulated heavy metal concentration in *Meretrix meretrix* was arsenic (As) but it was under standard and eatable. In addition, the most accumulated heavy metal in soil sediment was lead (Pb), 19.25 mg/L. The most accumulated heavy metal in average concentration in sea water showed nickel (Ni) 0.45 mg/L.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรอนงค์ ฝิวนิล อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. วศิน อิงคพัฒนากุล และอาจารย์ ดร. อนุภรณ์ บุตรสันดี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยชี้แนะแนวทางในการวิจัย พร้อมทั้งให้คำปรึกษา และการ
ตรวจทานแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ ดร. ไมตรี
ดวงสวัสดิ์ และอาจารย์ ดร. นฤชิต คำปิ่น ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และ
ตรวจทานตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทรแก้ว ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัย
และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิชัยพัฒนา ที่ได้สนับสนุน
งบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการฯ ทุกท่าน ที่ให้ความกรุณา
ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน เพื่อนร่วมงาน รวมถึงนางสาวกนกวรรณ พาลุกา
นายอัครเดช แสนยาภรณ์ นายเสถียรพงษ์ ขาวहित นายเอกชัย บุคคา นางสาวสุชญา เสวตวณิชกุล
น้องชาย น้องสาว ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือในการเตรียมอุปกรณ์การเก็บข้อมูลภาคสนาม
และการจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้การ
สนับสนุนด้านงบประมาณในการศึกษา พร้อมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้

คุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์นี้ข้าพเจ้าขอบแต่ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และคณาจารย์
ผู้ให้ความรู้ทุกท่าน

สิริภัทรา พลกล้า

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	32
ผลและวิจารณ์	40
ผล	40
วิจารณ์	79
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะเปรียบเทียบของหอยตลับ ชนิด <i>Meretrix casta</i> และ <i>M. Meretrix</i>	7
2	ปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียบริเวณต่างๆ ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	41
3	ปริมาณโลหะหนักในน้ำ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง จุด A, B และ C (mg/l)	43
4	ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน ฤดูฝน (เดือนกันยายน)	48
5	ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม)	49
6	ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (<i>Meretrix casta</i>) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย	64
7	ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (<i>Meretrix meretrix</i>) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย	78

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตการวิจัย เรื่อง การสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (<i>Meretrix</i> spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี	4
2	ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนา สิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	10
3	จุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ (<i>Meretrix</i> spp.) ดินตะกอน และน้ำทะเล	34
4	การเก็บตัวอย่างดินตะกอน บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ยฯ	38
5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูฝน เดือนกันยายน	45
6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูแล้ง เดือนมีนาคม	47
7	การแบ่งโซนในการเก็บตัวอย่างหอยตลับ (<i>Meretrix casta</i>)	50
8	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	51
9	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	52
10	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยสด (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	53
11	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยสด (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	54
12	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	55
13	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	56
14	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	57
15	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	58
16	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	59
17	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	60
18	ปริมาณโลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	61
19	ปริมาณโลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูแล้ง	62
20	การแบ่งโซนในการเก็บตัวอย่างหอยตลับ (<i>Meretrix meretrix</i>)	65
21	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด (<i>Meretrix casta</i>) ฤดูฝน	66
22	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	67
23	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยสด (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูฝน	68
24	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยสด (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	69

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูฝน	70
26	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	71
27	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูฝน	72
28	ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับแช่น้ำ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	73
29	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูฝน	74
30	ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	75
31	ปริมาณโลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูฝน	76
32	ปริมาณโลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ (<i>Meretrix meretrix</i>) ฤดูแล้ง	77

การสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix spp.*) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย
อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

Accumulation of Heavy Metal in Hard Clam (*Meretrix spp.*)
on Laem Phak Bia Beach, Ban Laem District, Phetchaburi Province

คำนำ

น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตน้ำถูกนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค และน้ำ เมื่อใช้แล้วก็จะถูกปล่อยทิ้ง ออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกครั้งหนึ่งระบบหมุนเวียนดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นเมื่อถูกนำมาใช้ในครัวเรือนการเกษตร และการอุตสาหกรรม ในอัตราสูงและถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำในลักษณะ ของน้ำเสียที่มีปริมาณมากเกินไปจนขีดความสามารถที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะปรับตัวได้ทัน ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเลวลงและในที่สุดก็กลายเป็นน้ำเน่าเสียสิ่งมีชีวิตที่เคยอาศัยอยู่ในน้ำก็ไม่อาจดำรงชีวิต อยู่ต่อไปได้อีก

ปัจจุบันเราจะพบแหล่งน้ำที่เน่าสกปรกอยู่ทั่วไป น้ำลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ ทั้งก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายและความเสียหายอย่างมหาศาลต่อการประมง การเกษตร การสาธารณสุข ประการสำคัญคือ ทำให้ระบบนิเวศธรรมชาติถูกทำลาย หรือเสื่อมคุณภาพจนไม่เหมาะที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ ทำให้เกิดการตายของสัตว์และพืชน้ำเป็นจำนวนมากทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าและ ขาดออกซิเจนที่ละลายน้ำ แหล่งน้ำที่มีสารพิษพวกยาฆ่าแมลง และยาปราบศัตรูพืชสะสมอยู่มาก รวมทั้งแหล่งน้ำที่มีคราบน้ำมันปกคลุม และ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ปล่อยสารพิษ และความร้อนลงสู่แหล่งน้ำ หากน้ำดื่มน้ำใช้ที่มีสารพิษ และ เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อ โรคปะปนมาจะก่อให้เกิดโรคนานาชนิดกับมนุษย์ และสัตว์ น้ำที่เสื่อมคุณภาพหากนำมาผ่านกระบวนการกำจัดของเสียออก เพื่อให้ได้น้ำดื่มน้ำใช้ที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารพิษ จะเป็นเหตุให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากร สิ้นเปลืองเงินในการจัดการเพื่อผลิตน้ำที่ได้คุณภาพเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมลพิษทางน้ำก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมนานาประการขึ้นกับระบบนิเวศ ธรรมชาติ แหล่งเกษตรกรรม แหล่งประมง และแหล่งชุมชน ดังนั้นจึงควรหาแนวทางป้องกันการเน่าเสียของน้ำ เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียเวลาและงบประมาณในการแก้ไขน้ำเน่า ให้กลับมาเป็นน้ำที่ดีมีคุณภาพ โดยการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำที่สะอาดก่อนปล่อยทิ้งเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ไขปัญหาแม่น้ำลำคลองเน่าเสีย โดยอาศัยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อลดหรือทำลายความสกปรกที่

ปนเปื้อนอยู่ในห้องน้ำ ได้แก่ ไขมัน น้ำมัน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุดเมื่อปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็จะไม่ทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสียอีกต่อไป

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เกิดขึ้นสืบเนื่องจากพระมหากรุณาธิคุณแห่งองค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ที่ทรงมีพระราชดำริด้านปัญหาขยะและน้ำเสีย โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การศึกษาวิจัยหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาน้ำเสียและขยะชุมชนที่ประหยัด สะดวก ทำได้ง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ในประเทศได้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ ทางโครงการฯ ได้มีพื้นที่ติดต่อกับชายฝั่งทะเล จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งสะสมตะกอนอินทรีย์สารต่างๆ มากมาย ทำให้เป็นแหล่งอาหาร แหล่งที่อยู่อาศัย และผสมพันธุ์ และเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวันอ่อนได้ รวมทั้งยังรักษาสมดุลในระบบนิเวศ ทำให้พื้นที่โครงการฯ ดังกล่าวจึงเป็นแหล่งสำคัญในการที่จะอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์ ชนิดพันธุ์พืชได้เป็นอย่างดี ยิ่งบริเวณที่เป็นแนวรอยต่อของพื้นดินกับทะเลพบว่ามีชนิดพันธุ์สัตว์จำนวนมากไม่น้อยมาใช้ประโยชน์ และหนึ่งในชนิดพันธุ์สัตว์คือ หอยตลับ (*Meretrix spp.*) จากข้อมูลในพื้นที่โครงการฯ พบว่ามีปริมาณหอยตลับเป็นจำนวนมาก และเป็นแหล่งการทำประมงที่สำคัญ หอยตลับนอกจากใช้บริโภคเป็นอาหารทะเลทั้งภายในประเทศและส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ เปลือกหอยยังใช้ประโยชน์ในการนำมาประดิษฐ์ เป็นของที่ระลึก จึงมีการเก็บหอยตลับขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก ทำให้พันธุ์หอยในธรรมชาติมีปริมาณลดน้อยลงในทุกแหล่งการแพร่กระจาย

ทั้งนี้ น้ำเสียที่มาจากชุมชนจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ และอาจจะมีโลหะหนักปนเปื้อนมาในน้ำเสียด้วย สิ่งต่างๆ ที่ปนเปื้อนมานี้เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง แล้วส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix spp.*) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยศึกษาอิทธิพลของน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดจากโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการอนุรักษ์และขยายพันธุ์ของหอยตลับอย่างยั่งยืนต่อไป

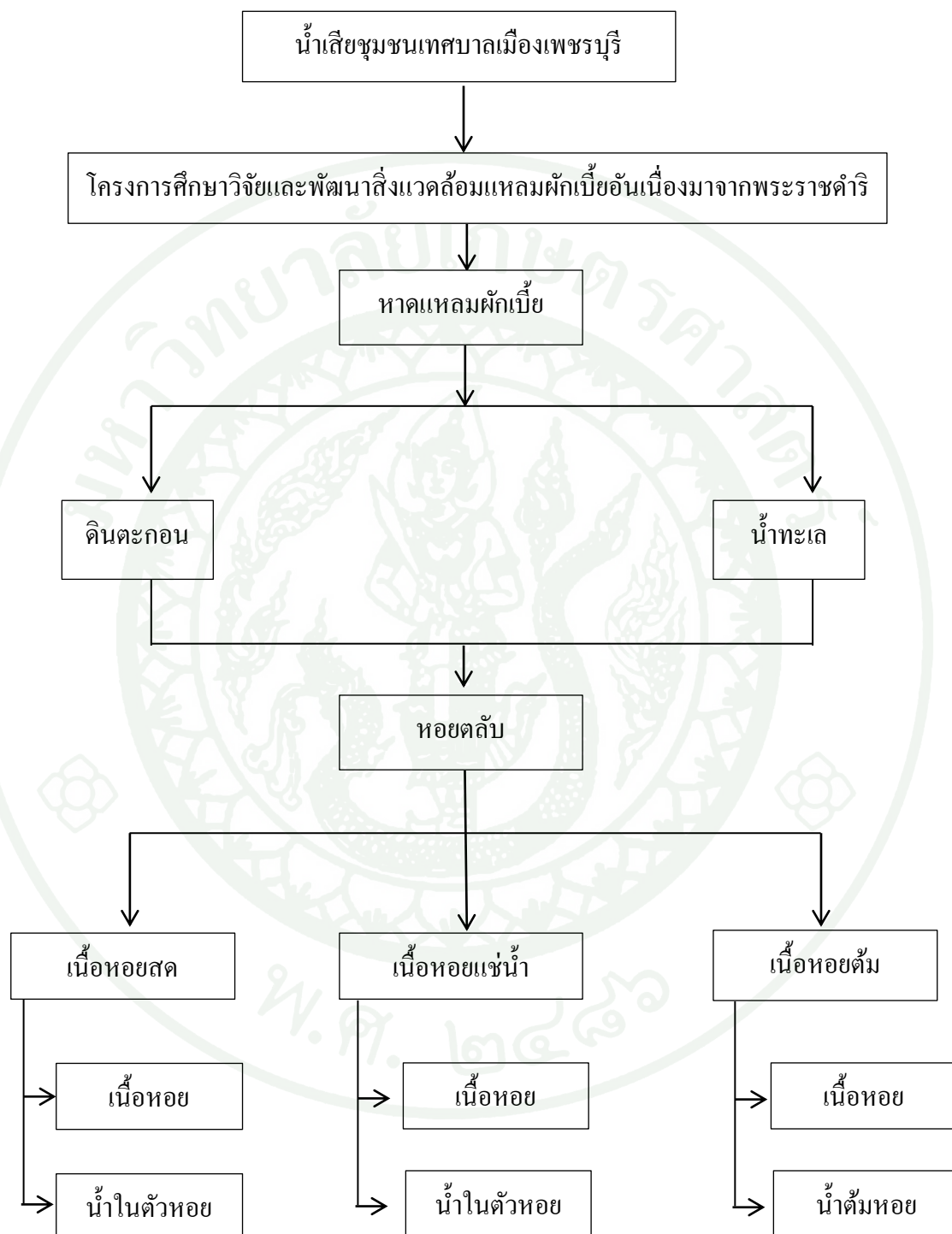
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสะสมโลหะหนักในดิน และการสะสมโลหะหนักในน้ำบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
2. เพื่อศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย
3. เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารให้แก่ประชาชนที่ใช้ประโยชน์บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) การสะสมโลหะหนักในดินและการสะสมโลหะหนักในน้ำบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัด ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างหอยตลับ รวมถึงคุณภาพน้ำ คุณภาพดินตะกอน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยเก็บตัวอย่างตามช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฝน ช่วงแล้ง จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้นำวิเคราะห์ผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยต่อไป ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขอบเขตการวิจัยเรื่องการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายหาดแหลมผักเป็ด ตำบลแหลมผักเป็ด อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

การตรวจเอกสาร

1. นิยามและความหมาย

1.1 น้ำเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อน อยู่ในของเหลวนั้น (เกษม, 2551) ทำให้น้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ จนไม่สามารถนำ น้ำนั้นมาใช้ได้ตามความต้องการ เกษม (2547) ได้ให้ความหมายตามหลักการจัดการสิ่งแวดล้อม ว่า น้ำเสีย คือ น้ำที่มีการปนเปื้อนของวัสดุ วัตถุ และสารเคมีจนเกินมาตรฐาน แล้วมีการปล่อยลงสู่ แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

ปราณี (2537) รายงานว่า ปริมาณน้ำทิ้งที่ทิ้งจากอาคารมีค่าประมาณร้อยละ 70-80 ของ ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ โดยประเมินจากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร เช่น 179 ลิตรต่อคนต่อ วัน สำหรับที่อยู่อาศัยและ 25 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน สำหรับกวดอาคาร เป็นต้น ในเขตเทศบาล ขนาดใหญ่ ปริมาณน้ำเสียรวมจากชุมชนจะมีปริมาณ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนในเขตเทศบาล ขนาดเล็ก ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนมีประมาณ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน และอัตราการรั่วซึมของน้ำใต้ ดินที่จะเข้าสู่ท่อน้ำเสียประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเสีย

ธงชัย (2530) ได้กล่าวถึงปริมาณน้ำเสียอันเกิดจากการอุปโภคบริโภคของประชาชน จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำประปาที่ประชากรกลุ่มนั้นนำไปในการดำรงชีวิตแต่ละวัน โดยปกติจะ น้อยกว่าปริมาณน้ำใช้เล็กน้อยด้วยอาจมีการสูญเสียไปอันเนื่องมาจากการอุปโภคใน ลักษณะที่ไม่ ก่อให้เป็นน้ำเสียลงท่อระบายน้ำ เช่น การล้างรถ การรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น โดยปกติค่าเฉลี่ย ประจำวันของปริมาณน้ำเสีย อยู่ในเกณฑ์ประมาณร้อยละ 60-80 ของปริมาณน้ำใช้ในเขตแห่งแล้ งบางแห่ง น้ำมีความสำคัญมากทำให้การใช้น้ำจะเป็นไปอย่างระมัดระวัง ค่าปริมาณการใช้น้ำอาจ ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 40 ของความต้องการใช้น้ำของประชาชน การใช้น้ำในแต่ละบริเวณจะมี ความแตกต่างกันดังนี้คือ อัตราการใช้น้ำของประเทศ อุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และประมาณ 100-200 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับชุมชนขนาดเล็กหรือในประเทศกำลังพัฒนาส่วน ประชากรในประเทศไทยใช้น้ำในอัตรา 60-250 ลิตรต่อคนต่อวัน ปริมาณน้ำเสียจะมาจากปริมาณ น้ำใช้เป็นอย่างแรก ส่วนของปริมาณน้ำเสียที่มาถึงระบบรวบรวมน้ำเสียก็จะสามารถประมาณค่าได้ ยกเว้นน้ำเสียที่มาไม่ถึงระบบระบายน้ำเสียชุมชนคือปริมาณน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมที่บำบัด แล้วปล่อยลงสู่ แหล่งน้ำธรรมชาติปริมาณน้ำเพื่อสาธารณประโยชน์ปริมาณน้ำของผู้ใช้ที่ไม่ต่อกับ ระบบระบายน้ำ เสีย และปริมาณน้ำที่ไหลรั่วจากระบบท่อประปา

1.2 น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ ภายในชุมชน เช่น น้ำจากห้องน้ำ ห้องส้วม น้ำที่เกิดจากการซักล้าง เป็นต้น ซึ่งน้ำทิ้งหรือน้ำเสียเหล่านี้ถ้ามีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยที่ไม่ได้มีการบำบัดหรือกำจัดก่อน ก็จะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาวะสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ น้ำเสียที่มาจากชุมชนจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอาจจะมิโลหะหนักปนเปื้อนมาในน้ำเสียด้วย สิ่งต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนมานี้เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง แล้วส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ (ลำไย, 2546)

1.3 การกำจัด/การบำบัดมลพิษ หมายถึง การนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วย แล้วทำให้ปริมาณหรือคุณภาพ รวมทั้งความเข้มข้นของมลพิษลดลง หรือ เจือจางหมดไป หรือลดความเป็นพิษ จนทำให้ไม่เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (เกษม, 2547)

1.4 นิเวศวิทยาเฉพาะ (Ecological Niche) หมายถึง การแสดงบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งมีชีวิตหรือชนิดหนึ่งๆ ซึ่งมีสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่างมีความต้องการจำเพาะของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันออกไป

2. หอยตลับ *Meretrix* spp.

หอยตลับเป็นหอยสองฝา ซึ่งฝามีขนาดเท่ากัน รูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม ตรงกลางจะนูนออก เปลือกหนา ผิวนอกลักษณะมันวาวและมีลายเล็กน้อย ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนหรือบางชนิดอาจไม่มีลาย พื้นมีสีขาว ส่วนด้านในของฝาจะมีสีขาว ขนาดของหอยที่พบมีความยาวตั้งแต่ 1.8 เซนติเมตร ขึ้นไป มีชื่อเรียก common name ว่า Hard shell, Venus shell ส่วนหอยตลับในประเทศไทยมีชื่อเรียกด้วยกันหลายชนิด คือ หอยตลับ หอยตลับลาย หอยตลับด้าน หอยกระปุก และหายหวาน เป็นต้น (สุนันท์ และประนอม, 2534)

Linnaeus (1758) และ Tetsuaki (1965) ได้มีการจำแนกหอยตลับ *Meretrix* spp. ตามอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Pelecypode

Order Heteioconchia

Super Family Veneracea

Family Veneridae

Genus *Meretrix*

Species spp.

หอยตลับอาศัยอยู่ตามชายทะเลพื้นทรายละเอียด เมื่อน้ำลงจะฝังตัวอยู่ใต้พื้นทราย 5 – 10 เซนติเมตร ชาวบ้านจะจับหอยชนิดนี้ในเวลาน้ำลงต่ำสุด โดยใช้คราดหอยตลับโดยเฉพาะ ทำด้วยแผ่นสังกะสีกว้าง 2 นิ้ว ยาวประมาณ 45 – 50 เซนติเมตร โคนติดกับด้ามไม้ยาวประมาณ 120 – 150 เซนติเมตร ทำเป็นรูปตัว D เวลาคราดหอยจะลากให้แผ่นสังกะสีลงไปใต้พื้นทรายประมาณ 5 เซนติเมตร หากแผ่นสังกะสีไปกระทบเปลือกหอยตลับจะมีเสียงให้ผู้คัดทราบได้ หอยที่ใช้รับประทานจะมีขนาด 4 เซนติเมตร ขึ้นไป นอกจากจะใช้รับประทานแล้ว เปลือกหอยยังนิยมนำไปประดิษฐ์เป็นของที่ระลึกได้ เดิมหอยตลับพบมากแถวจังหวัดระยอง ถึงตราด และตั้งแต่เขตติดต่อจังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ถึงจังหวัดสุราษฎร์ธานี แต่ปัจจุบันหอยชนิดนี้ลดปริมาณลงมา เพราะโตและแพร่พันธุ์ไม่ทันกับการจับ เนื่องจากยังไม่มีการเพาะเลี้ยงกัน นอกจากมีการเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ และยังไม่มีการอนุรักษ์กันอย่างจริงจัง (ทรงชัย และคณะ, 2530)

ทั้งนี้ หอยตลับในสกุล *Meretrix* พบมากในทะเลจีนใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หลายประเทศ เช่น ประเทศอินโดนีเซีย พม่า อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลี ใต้หวัน *M. meretrix* (hard clam) พบทั่วไปบริเวณตะวันตกอินโด – แปซิฟิก จากแอฟริกาตะวันออกถึงฟิลิปปินส์ ทางเหนือของญี่ปุ่น ทางตอนใต้ของอินโดนีเซีย ได้แก่ ประเทศเกาหลีใต้ ญี่ปุ่น อินเดีย ศรีลังกา ใต้หวัน และประเทศไทย (Poutiers, 1988) นอกจากนี้การแพร่กระจายของหอยตลับ *Meretrix* จะพบมากในบริเวณแหลมมก๊ก จังหวัด

ตราด, บริเวณอ่าวคู้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี, บริเวณอ่าวมะนาว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และ บริเวณอำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานีกับชุมพร เป็นต้น (สุนันท์ และประนอม, 2534)

การศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับ ทั้งนี้ หอยตลับที่พบมากที่สุดจำนวน 2 ชนิด คือ *Meretrix casta* (Linnaeus, 1758) หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า หอยตลับเปลือกหนา และ *Meretrix meretrix* (Gmelin, 1791) ที่เรียกว่า หอยตลับเปลือกบาง โดยสรุปลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะเปรียบเทียบของหอยตลับ ชนิด *Meretrix casta* และ *M. Meretrix*

ลักษณะลำตัวและเปลือก	<i>M. casta</i>	<i>M. Meretrix</i>
ความหนาลำตัว (convexity)	น้อยกว่า	มากกว่า
ความหนาของฝาหอย	หนากว่า	บางกว่า
สี	น้ำตาลอมเขียวถึงน้ำตาลเข้ม	ขาวอมเทา อาจมีลายซิกแซก
	ไม่มีลาย	สีน้ำตาล
รอยของกล้ามเนื้อยึดฝา (adductor scar)	รอยด้านหน้า (anterior adductor scar) มีขนาดเล็กกว่ารอยด้านหลัง (posterior adductor scar)	รอยด้านหน้าและรอยด้านหลัง มีขนาดค่อนข้างเท่ากัน
เส้นเว้าของขอบกล้ามเนื้อแมนเทิล (pallial sinus)	เส้นเว้าตื้นและไม่มีส่วนยื่นแหลม (pallial horn)	เส้นเว้าลึก เกือบครึ่งวงกลมและมีส่วนยื่นแหลม (pallial horn)

ที่มา: Linnaeus (1758)

รัตนา และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาปัจจัยการอยู่อาศัยของหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายฝั่งตำบลแหลมกลัด จังหวัดตราด โดยพบหอยตลับ 2 ชนิด แพร่กระจายอยู่เป็นหย่อมๆ บริเวณชายฝั่งของตำบลแหลมกลัด จังหวัดตราด นั่นคือ *Meretrix casta* และ *M. meretrix* และได้ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งตำบลแหลมกลัด ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช ดินตะกอน คุณภาพน้ำ ธาตุอาหารไนโตรเจน พบว่า การแพร่กระจายและความชุกชุมของหอยตลับชนิดเด่น คือ *Meretrix casta* มีความสัมพันธ์เป็นอย่างยิ่งกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ส่วน *M. meretrix* ที่มีอยู่อานปริมาณน้อยนั้น พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณ silt – clay ในดินตะกอน ความเค็ม ปริมาณแอมโมเนีย และซิลิเกต เท่านั้น ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณาเป็นอันดับแรกของการเป็นตัวบ่งชี้แหล่งอาศัยของหอยตลับ คือ ดินตะกอน เนื่องจากเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่

สัมผัสโดยตรงกับตัวหอยตลอดเวลาและเป็นระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์อยู่ในตัวของมันเอง (จารุมาศ, 2548)

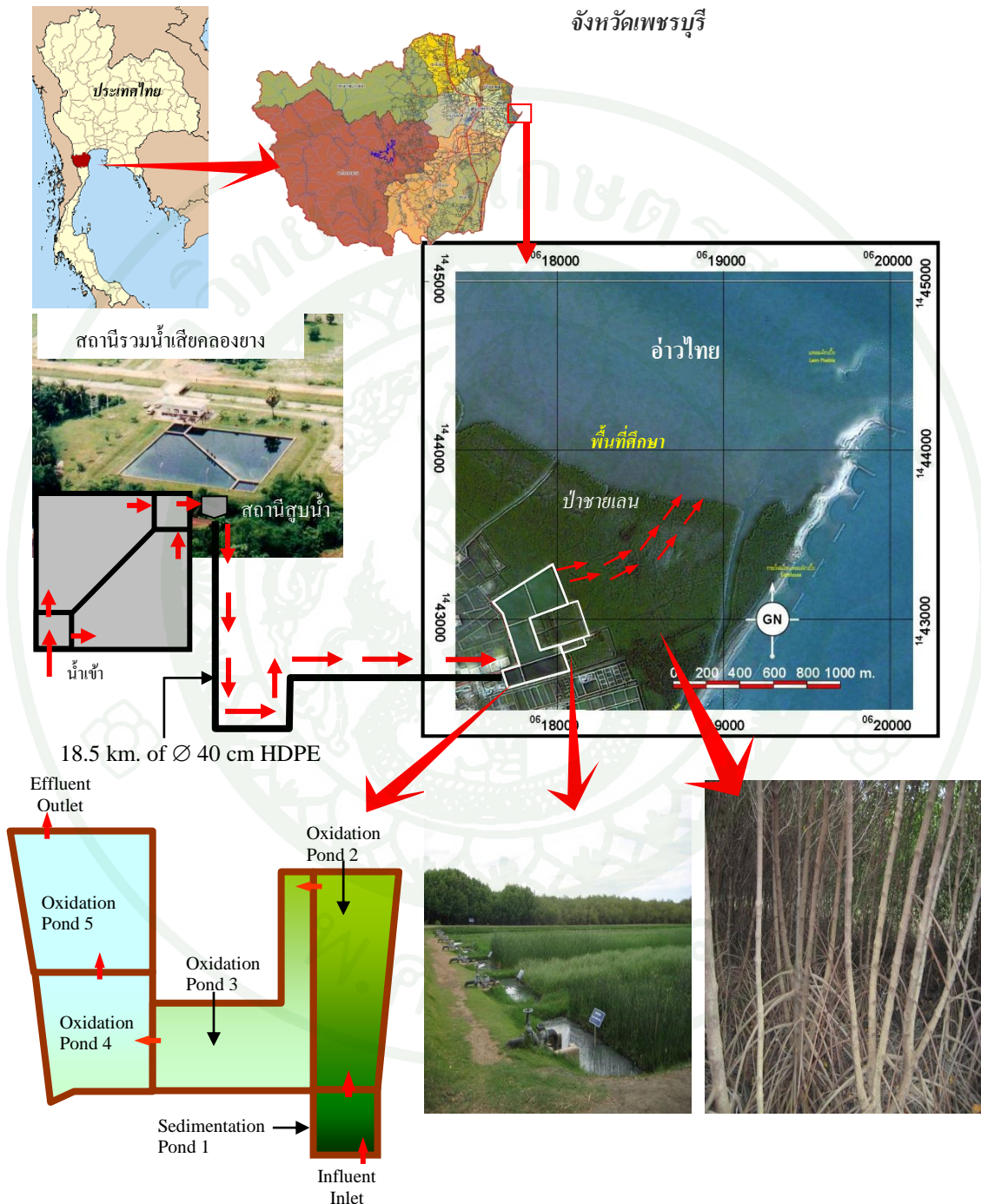
เสถียรพงษ์ (2557) ได้ทำการศึกษาความชุกชุมของหอยดัลลับริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่า หอยดัลลับริเวณน้ำเสวยชุกชุมที่สุด มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.63 ตัว/ตารางเมตร และพบในฤดูหนาว (ตุลาคม ถึง มกราคม) มากที่สุด ตามชายฝั่งทะเลโครงการและบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลดังกล่าว ชาวประมงมีการจับหอยดัลลับริเวณเป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักสะสมในหอยดัลลับริเวณ

หอยดัลลับริเวณหรือหอยสองฝาเป็นที่นิยมถูกใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพในการประเมินและตรวจสอบปัญหามลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางด้านโลหะหนัก เพราะว่าหอยสองฝากินอาหารโดยการกรอง หายใจเข้า ออกและมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลาจึงทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักในเนื้อหอย (Abdullah, 2007; Cajaraville *et al.* 2000; Funes *et al.* 2006)

3. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

เทศบาลเมืองเพชรบุรีมีพื้นที่ทั้งหมด 5.4 ตารางกิโลเมตร มีประชากร 50,000 คน ปัจจุบันการใช้น้ำของชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจากน้ำในแม่น้ำประมาณ 9,861.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็นน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ 7,889.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ต้องการผู้ชำนาญการในการดูแลรักษาระบบ และมีความยุ่งยากในการจัดการและดำเนินงาน พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ มีความตระหนักถึงมลภาวะทางน้ำและศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสีย ได้พระราชทานแนวทางเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับน้ำเสีย 3 ข้อ คือ การใช้กระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ, ใช้เทคโนโลยีอย่างง่ายและราคาของเทคโนโลยีที่ใช้มีราคาที่ไม่แพง ในปี 2533 ได้ก่อตั้งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริขึ้น โดยครอบคลุมพื้นที่ 551 ไร่ 45.6 ตารางวา ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย ก่อนการจัดตั้งโครงการฯ พื้นที่ชายฝั่งทะเลตำบลแหลมผักเบี้ยยังเป็นนาเกลือและยังไม่มีป่าชายเลน รวมถึงไม่มีสิ่งมีชีวิตอาศัย หลังจาก 23 ปีผ่านไป พื้นที่ชายฝั่งทะเลโครงการฯ ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำเสียแต่กลับมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น

และเกิดการเพิ่มขึ้นของพื้นที่โครงการฯ เนื่องจากดินตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (เกษม และคณะ, 2556)



ภาพที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคอำเภอเมืองเพชรบุรี เนื่องมาจากพระราชดำริ

จากภาพที่ 2 พื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลบ้านแหลม อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัด UTM 1442240 เหนือ ถึง 1443480 เหนือ และ 0617780 ตะวันออก ถึง 0619271 ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 551 ไร่ 45.6 ตารางวา โดยทำการรวบรวมน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่งผ่านท่อลำเลียง ระยะทางประมาณ 18.5 กิโลเมตร เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ ใช้กระบวนการทางธรรมชาติบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย 4 ระบบ คือ (1) บ่อบำบัด (2) พืชและหญ้ากรอง (3) พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และ (4) แปลงป่าชายเลน หลังจากนั้นน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยสู่ชายฝั่งทะเลต่อไป

4. โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 22-34 และ 40-52 ในตารางธาตุ รวมทั้งธาตุในอนุกรมแลนทาไนด์ และ แอกติไนด์ สิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อโลหะหนักแต่ละชนิดในลักษณะที่แตกต่างกัน โลหะหนักที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น ทิทาเนียม วานาเดียม โครเมียม แมงกานีส ดีบุก เหล็ก เงิน นิกเกิล ตะกั่วปรอท ทองแดง สังกะสี และ สารหนู (Hawley, 1972 ; Murphy และคณะ, 1982) โลหะหนักสามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ การไม่สลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติของโลหะหนักในแหล่งน้ำ ทำให้บางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอน โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารได้ (Logan และ Feltz, 1985) พืชสามารถสะสมโลหะหนักได้มากตามปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีในน้ำและดินตะกอน (Bidwell และ Dowdy, 1987)

4.1 แหล่งกำเนิดโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

แหล่งกำเนิดโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม (metal pollution) แหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่พบในสิ่งแวดล้อมมาจาก 7 แหล่งด้วยกันคือ

4.1.1 การชะล้างจากแผ่นดิน โลหะหนักที่ได้จากแหล่งๆ นี้ ถือเป็นค่า background level ของบริเวณนั้นๆ ซึ่งพบว่าปริมาณใดเป็นแหล่งแร่ของโลหะหนักใด ก็จะพบว่าน้ำในบริเวณนั้นมีโลหะหนักชนิดนั้นๆ สูงด้วย

4.1.2 อุตสาหกรรมการถลุงแร่และโลหะ ในระหว่างการถลุงแร่ จะมีโลหะหนักปนออกมากับน้ำทิ้งด้วย

4.1.3 การใช้โลหะและสารประกอบโลหะ การใช้โลหะในอุตสาหกรรม เช่น ใช้เกลือของโครเมียมในการฟอกหนัง ใช้สังกะสีในการทำท่อเป็นต้น ก็เป็นแหล่งที่มาของโลหะหนักสู่แหล่งนั้น

4.1.4 การเผาไหม้เชื้อเพลิง การผลิตซีเมนต์และอิฐบล็อก เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน จะมีโลหะหนักบางตัวสูง เช่น สารหนู สังกะสี แคดเมียม ทองแดง นิกเกิล ในการผลิตซีเมนต์พบว่าการปล่อยโลหะหนัก สังกะสี ตะกั่ว และสารหนูด้วย นอกจากนั้นยังพบว่าบริเวณรอบๆ ที่มีสิ่งก่อสร้างประเภทอิฐ จะมีโลหะหนักสะสมอยู่ค่อนข้างสูง

4.1.5 โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น พบอลูมิเนียม จากโรงงานทำภาชนะพวกอลูมิเนียมและโรงงานอัลลอยด์ สารหนูจากโรงงานผลิตสารฆ่าแมลง แคดเมียมจากโรงงานชุบโลหะ โรงงานทำสี และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก โครเมียมจากโรงงานชุบโลหะ โรงงานสีและสารฆ่าแมลง ตะกั่วจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานสีและโรงกลั่นน้ำมัน แมงกานีสจากโรงงานสี โรงงานผลิตแบตเตอรี่แห้งและโรงงานอัลลอยด์ นิกเกิลจากโรงงานชุบโลหะและโรงงานอัลลอยด์ พลวงจากโรงงานสี โรงย้อมสีและสารฆ่าแมลง เงินจากอุตสาหกรรมการผลิตและล้างฟิล์ม และโรงงานชุบโลหะสังกะสีจากโรงงานชุบโลหะและโรงงานทำสี เป็นต้น

4.1.6 ขวดยานพาหนะ ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ ในการเกิดการกระจายตัวของตะกั่วในบรรยากาศในแหล่งชุมชน

4.1.7 การรั่วออกจากขยะต่างๆ การรั่วของโลหะหนักจากขยะ จะมีผลมากต่อแหล่งน้ำบนบก หรือบริเวณชายฝั่งทะเล

ซึ่งโลหะหนักที่พบในแหล่งน้ำทั่วไป ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ (Bruland, 1983)

4.2 การสะสมของโลหะหนัก

โลหะหนักในแหล่งน้ำสารพิษโลหะหนักชนิดต่างๆ เมื่ออยู่ในแหล่งน้ำสามารถสะสมตัวอยู่กับตัวกลาง เช่น ดินตะกอน พืชน้ำ สัตว์น้ำ หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระได้ในปริมาณต่างๆ กัน ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่ปะปนหรือสะสมอยู่ในตัวกลางเหล่านี้ สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายไปตามห่วงโซ่อาหารได้ ลักษณะการสะสมและการเคลื่อนย้ายในตัวกลางแต่ละชนิดในแหล่งน้ำ สามารถแยกกล่าวรายละเอียดได้ดังนี้

4.2.1 การสะสมของโลหะหนักในน้ำ โลหะหนักที่สะสมในแหล่งน้ำมีทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (dissolved) และอยู่ในรูปสารแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำ มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของสารแขวนลอยและพวกที่ละลายน้ำแตกต่างกัน โดยพวกที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยจะมี residence time ยาวนานกว่าพวกที่ละลายน้ำ และจากการที่น้ำมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา มีผลทำให้ตะกอนได้นำลอยตัวขึ้น (resuspension) จึงมีทั้งขบวนการดูดซับ (adsorption) และการคาย (desorption) ของโลหะหนักระหว่างน้ำและตะกอน (Duinker และ Nolting, 1978)

4.2.2 การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน การสะสมตัวของโลหะหนักที่อยู่ในดินตะกอนนั้น ส่วนหนึ่งเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ ซึ่งได้แก่การชะล้างพวกเกลือแร่ที่อยู่บนพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือเป็นโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของแร่ที่มีอยู่ในธรรมชาติบริเวณนั้น ตามสภาพทางธรณีวิทยาแล้วละลายออกมาปะปนอยู่ในน้ำได้ และอีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้และการปล่อยโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำ อันเป็นผลมาจากการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยทั่วไปโลหะหนักสามารถเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอน โดยมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำมาก เนื่องจากมีขบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องมากทั้งทางเคมีฟิสิกส์และชีวภาพ องค์ประกอบในดินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนัก ได้แก่พวกคาร์บอนและออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก ตลอดจนองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ (จิระ, 2556)

4.2.3 การสะสมของโลหะหนักในพืชน้ำ การสะสมของโลหะหนักในพืชน้ำจะสะสมด้วยด้วยการดูดซับจากน้ำโดยตรงซึ่งพืชน้ำจะไม่สามารถควบคุมปริมาณโลหะหนักในตัวเองได้ และปริมาณการสะสมจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ รวมถึงอายุพืชน้ำเหล่านั้นด้วยทั้งนี้พืชน้ำต่างชนิดกันก็จะมีการสะสมปริมาณโลหะหนักได้ไม่เท่ากัน (Bryan, 1969)

4.2.4 การสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำ สัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้รับสารพิษจำพวกโลหะหนักเข้าไปโดยการกินอาหารในลักษณะต่างๆ ตามชนิดของสัตว์น้ำนั้นๆ การสะสมของโลหะหนักโดยการดูดซึมจากน้ำเข้าไปโดยตรงเป็นไปได้น้อยมาก และการสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค

4.3 โลหะหนักที่ทำการศึกษา

โลหะหนักที่ทำการศึกษามีด้วยกัน 6 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และสารหนู ซึ่งแหล่งกำเนิดการนำมาใช้ประโยชน์ การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและความ เป็นพิษของโลหะดังกล่าวมีดังนี้คือ

4.3.1 ตะกั่ว (Pb)

(1) ลักษณะและสมบัติของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุในหมู่ 4A มีเลขอะตอม 82 เลขมวล 207.2 วาเลนซ์อิเล็กตรอน 2 และ 4 มีไอโซโทปที่เสถียร 4 ไอโซโทป เป็น end product ของ Uranium (206) Thorium (208) และ Actinium (207) ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ ตะกั่วเป็นธาตุหนักสีเทาอ่อน ความถ่วงจำเพาะ 11.33 จุดหลอมเหลว 327.4 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,755 องศาเซลเซียส ละลายได้ในกรดไนตริกเจือจาง, ไม่ละลายน้ำ ละลายได้อย่างช้าๆ ในน้ำ เป็นกรดอย่างอ่อน นำไฟฟ้าไม่ได้ แต่ดูดเสียงและคลื่นที่สั้นสะท้อนได้ดี (Hawley, 1977)

(2) แหล่งกำเนิด

ในธรรมชาติตะกั่วมีแหล่งกำเนิดมาจากหินอัคนีและหินแปรประมาณ 10-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Wedepohl, 1956; Turekian และ Wedepohl, 1961) ในหินปูน หินทราย หินดินดาน และดิน พบตะกั่วจะมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 5-10, 10-40, 20 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (สุธรรม และ งามพิศ, 2519) และที่พบมากคือหินฟอสเฟต (Phosphate rocks) ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sheldon และคณะ, 1953) ตะกั่วเป็นธาตุที่เกิดขึ้นในธรรมชาติพบในรูปของสารประกอบเลดซัลไฟด์ เลดซัลเฟต หินแร่ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ galena (PbS), cerussite ($PbCO_3$) และ anglesite ($PbSO_4$) มีตะกั่วประมาณ 86.6, 83.4 และ 73.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหินแร่อื่นๆ ที่มีตะกั่ว ได้แก่ curite ($Pb_6U_5O_{17} \cdot 4H_2O$), Phosgenite ($Pb_2Cl_2Co_3$) และ lanarkite (Pb_2SO_5) เป็นต้น (Berman, 1980; Reilly, 1980) จากการศึกษพบตะกั่วในดินเฉลี่ย 10 ไมโครกรัมต่อกรัม ในน้ำประมาณ 13.1 ไมโครกรัมต่อลิตร (Reilly, 1980) ในดินตะกอนประมาณ 20 ไมโครกรัมต่อกรัม (Brook, 1977)

(3) การนำมาใช้ประโยชน์

ตะกั่วนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง ทั้งในรูปของโลหะ และในรูปของสารประกอบทางเคมี (Moore, 1977) ได้แก่ ใช้ทำแบตเตอรี่ ตัวทำประจุ ทำท่อ ใช้ในการบัดกรี ใช้เป็นเม็ดสีในการทำเซรามิก พิวส์ ลูกปืน ตัวพิมพ์ ส่วนประกอบในสีป้องกันสนิม ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วที่มีคุณภาพดี ใช้ทำหลอดโทรทัศน์ ไม้ขีดไฟระเบิด และใช้ tetraethyl lead เติมในน้ำมันเบนซิน ป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ (กองตรวจโรงงาน, 2527; พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525; Reilly, 1980) นอกจากนี้ตะกั่วยังใช้ประโยชน์ในกิจกรรมอื่นอีกมากมาย ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับโลหะหนักตัวอื่นๆ เช่น แมงกานีส แคลเซียมแล้ว ตะกั่วจะมีการนำมาใช้ประโยชน์ในปริมาณที่มากกว่า

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

ตะกั่วสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้จากการพังทลายของเปลือกโลกและละลายสู่แหล่งน้ำ การนำตะกั่วมาใช้อย่างแพร่หลายทำให้เกิดการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม โดยการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงป่นเปื้อนมากับน้ำฝนหรือขยะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือนและชุมชน (Granstaff และ Myer, 1979 ; Hamison และ Laxan, 1981) สำหรับดินที่ทำการเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชพบว่า มีปริมาณตะกั่วสูงถึง 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Seaine, 1955)

Dong และคณะ (1983) กล่าวว่า ตะกั่วสามารถเกาะรวมตัวกับดินตะกอนได้ทั้งชนิด sand silt และ clay แต่จะอยู่ในรูป clay มากที่สุด แหล่งน้ำโดยทั่วไปจะมีปริมาณตะกั่วปะปนอยู่ในดินตะกอนอยู่เสมอ เนื่องจากพื้นที่ที่รองรับแหล่งน้ำนั้นมักประกอบไปด้วยหิน ดิน และแร่ธาตุที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบโดยธรรมชาติอยู่แล้ว และเมื่อมีการชะล้างพังทลายของหินและดินเหล่านั้น ตะกั่วก็จะถูกพัดมาสู่แหล่งน้ำและเกิดการตกตะกอนสะสมรวมตัวในแหล่งน้ำนั้น ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนจะมีค่ามากกว่าปริมาณตะกั่วในดินและปริมาณตะกั่วในน้ำ ในบริเวณลุ่มน้ำนั้นเสมอ โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ที่มีการจราจรก็จะมีปริมาณการสะสมของตะกั่วในดินตะกอนมากขึ้น ซึ่ง Schell และ Barnes (1971) ได้ทำการศึกษาปริมาณตะกั่วในแหล่งตะกอนที่เกิดขึ้นจากก้นทะเลสาบวอชิงตัน ในมลรัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา พบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในแหล่งดินตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งปริมาณตะกั่วที่พบในดินตะกอนจะมีมากกว่าปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในน้ำจากแหล่งน้ำเดียวกันหลายเท่า เนื่องจากตะกั่วมีประจุเป็นบวก ซึ่งสามารถเกาะยึดกับดินตะกอน (clay) ที่มีประจุลบได้ดี (เกษม, 2524)

การศึกษาการแพร่กระจายของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นน้ำจืดมีตะกั่วระหว่าง 1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่วธรรมชาติในดินอยู่ระหว่าง 2-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ยประมาณ 10-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (National Academy of Science, 1972) จากรายงานของ Onodera (1985) ตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอยู่ระหว่าง 0.80-0.86 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณใดมีตะกั่วมาก ปริมาณที่พบในน้ำและดินตะกอนก็จะมากด้วย (Browne และคณะ, 1982) ในดินตะกอนจะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าในน้ำเนื่องจากดินตะกอนมีอิทธิพลที่สามารถดึงโลหะตะกั่ว จากสารประกอบประเภทเกลือที่ไม่ละลายน้ำของตะกั่วได้ เช่น โลหะซัลไฟด์ โลหะคาร์บอเนต เป็นต้น (Rashid และ Leonard, 1973) ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำขึ้นกับค่า พีเอชของน้ำ ถ้าค่าพีเอชต่ำจะพบตะกั่วในปริมาณมาก ส่วนปริมาณตะกั่วในดินตะกอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ สารอินทรีย์ ในดินตะกอน (Onodera, 1985; Swartjes และคณะ, 1988)

จากการศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำ และดินตะกอนในบึงมักกะสัน ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร มีปริมาณเฉลี่ย 3 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (วรพันธ์, 2530) ปริมาณตะกั่วในน้ำในมหาสมุทร ชายฝั่งที่ไม่มี การปนเปื้อนของมลสาร แม่น้ำที่ไม่มี การปนเปื้อนของมลสาร น้ำฝน และแม่น้ำ มีการปนเปื้อนของสารตะกั่ว 0.09, 1.7, 3, 34 และ 120 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Coulston และ Mrak, 1977) จากการศึกษ ของบวร (2530) พบว่าปริมาณตะกั่วทั้งหมดในน้ำ บริเวณลุ่มน้ำชี อยู่ระหว่าง 4.17-48.77 ไมโครกรัมต่อลิตร ในดินตะกอนอยู่ระหว่าง 0.92-13.93 ไมโครกรัมต่อกรัม การศึกษาของกฤษณะ (2527) พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำบริเวณลุ่มน้ำปิง-วัง อยู่ระหว่าง 1.10-6.25 ไมโครกรัมต่อลิตร ในดินตะกอนอยู่ระหว่าง 5.00-17.5 ไมโครกรัมต่อกรัม

(5) ความเป็นพิษ

ความเป็นพิษของตะกั่ว ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ สัตว์ รวมทั้งพืช ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหาร ทางผิวหนัง และการหายใจ สามารถสะสมใน โลหิต กระดูก ฟัน เล็บ ผม กล้ามเนื้อ น้ำเหลือง (Committee on Lead in the Human Environment, 1980) ถ้าร่างกายได้รับตะกั่วในปริมาณสูงอย่างเฉียบพลันจะทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน คือ มีอาการปวดท้องรุนแรง ท้องร่วงอย่างแรง กล้ามเนื้อ ตับ ไต หัวใจล้มเหลว ถึงตายได้ อาการเหล่านี้ส่วน ใหญ่จะพบในเด็ก แต่ผู้ใหญ่พบน้อยมาก สำหรับอาการเรื้อรังของตะกั่ว จะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เนื่องจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน (Hamond และ Beliles, 1980; Tsuchiy, 1981) เมื่อ ตะกั่วในเลือดมากกว่า 70 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม จะเสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาทก่อให้เกิด ความผิดปกติของโครโมโซมที่ต่อมน้ำเหลืองขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีหมู่ - HS ทั้งยัง ก่อให้เกิดเนื้องอกและมะเร็ง (Popovac และคณะ, 1982)

4.3.2 ปรอท (Hg)

(1) ลักษณะและสมบัติของปรอท

ปรอทเป็นฐานในหมู่ 2B มีเลขอะตอม 80 เลขมวล 200.59 วาเลนซ์ อิเล็กตรอน 1, 2 มี 4 ไอโซโทป (Hawley, 1977) มีจุดหลอมเหลว -38.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 356.6 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ 13.59 ที่ 20 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 13.596 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ 0 องศาเซลเซียส มีความดันไอ 1.85×10^{-3} torr ที่ 40 องศาเซลเซียส 270×10^{-3} torr ที่ 100 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับ $6.4 \times$

10^{-5} กรัมต่อลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังสามารถละลายเป็นอมัลกัมกับโลหะหลายชนิด ได้แก่ สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) และทองคำ (Au) ยกเว้นเหล็ก (Fe) เท่านั้น (Berman, 1980)

(2) แหล่งกำเนิด

ปรอทเป็นโลหะที่พบในธรรมชาติในสารประกอบของแร่ cinnabar (HgS) และยังมีปะปนอยู่กับซัลไฟด์ของหินแร่อื่นๆ เช่น สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก (Winteringham, 1972; McNeely และคณะ, 1979) ที่เปลือกโลกจะมีปรอทเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 27 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ในหินภายใต้เปลือกโลกประมาณ 0.01-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในดินประเทศอังกฤษ สวีเดน และสหรัฐอเมริกา มีปรอทประมาณ 0.01-0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 0.02-0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.02-2.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Weast, 1963) จากรายงานของ D'Itri (1975) ในถ่านหิน bituminous และ antracite มีปรอทเท่ากับ 1.5×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1.2-2.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปมีปรอทต่ำกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนเขตอุตสาหกรรมมีค่าสูงถึง 20 ไมโครกรัมต่อลิตร

(3) การนำมาใช้ประโยชน์

ปรอทได้ถูกนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมและประโยชน์อื่นๆ เช่น ทำเทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ตะเกียงไอปรอท ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก สี กระจก อุตสาหกรรมผลิตโซดาไฟและคลอรีน ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อรา ยารักษาโรค ทำโลหะผสม (พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525; Berman, 1980; Schroeder, 1982)

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

ปรอทสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้จากการฟุ้งของหินและแร่ การระเบิดของภูเขาไฟ การไหลบ่าของน้ำ การชะล้างของฝน ปรอทที่ปนเปื้อนที่เกิดจากธรรมชาติมีน้อยมาก ถ้าเปรียบเทียบกับผลกระทบของมนุษย์ที่ทำให้ปรอทปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การทำเหมืองแร่ การเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมโซดาไฟ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมกระจก อุตสาหกรรมไฟฟ้า โลหะผสม (amalgum) (Benett, 1982; D'Itri, 1975; Hutzinger และคณะ, 1975) ปรอทที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมมี 2 รูป คือ ปรอทอินทรีย์ และปรอทอนินทรีย์ เมื่อปรอทลงสู่แหล่งน้ำมีโอกาสสะสมในห่วงโซ่อาหารได้ (Goldwater และ Stopford, 1977)

เมื่อสารปรอทได้ถูกปลดปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมของน้ำแล้ว บางส่วนจะเข้าไปติดอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่ง Bothner และ Carpenter (1972) ได้รายงานว่ ปริมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของปรอทไอออนในแม่น้ำโคลัมเบียจะเข้าไปติดอยู่กับวัตถุแขวนลอยอยู่ในน้ำ ภายใน 10-60 ชั่วโมง และพบว่าสิ่งแขวนลอยในน้ำจะทำหน้าที่คล้ายๆ กับตัวกำจัดปรอทออกไปจากน้ำโดยที่มันจะเหนี่ยวนำให้ปรอทไอออนมาเกาะติดแล้วก็จะเกิดการตกตะกอนลงสู่พื้นของแหล่งน้ำในเวลาต่อมา (Hammerz, 1969) บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะมีความเข้มข้นของปรอทอยู่ระหว่าง 0-0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร (Onodera, 1985)

ปรอทอนินทรีย์ที่อยู่ในตะกอนของพื้นก้นแหล่งน้ำมีโอกาสเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ในรูปของ methyl mercury (CH_3Hg^+) ปรอทรูปนี้สามารถละลายน้ำได้ดีมาก จึงมีโอกาสเข้าสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามถ้าสถานะที่พื้นก้นแหล่งน้ำเป็นแบบ ไม่มีอากาศ (anaerobic) ปรอทที่ไม่สามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นปรอทอินทรีย์ได้ (Jemelov, 1969) ซึ่งในการเปลี่ยนรูปของปรอทอนินทรีย์ไปเป็นปรอทอินทรีย์นั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน ชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในดินตะกอน (Matsumura และคณะ, 1972) พบว่าดินตะกอนในเขตโรงงานอุตสาหกรรมมีปรอทประมาณ 8.39-57.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกเขตอุตสาหกรรมมี 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Hungspreugs, 1988)

ความเป็นกรดและด่างจะมีผลต่อปริมาณของ methyl mercury ที่ pH ต่ำๆ ปรอทในดินตะกอนจะอยู่ในรูป methyl mercury และสามารถเปลี่ยนเป็น monoethyl mercury แต่ถ้า pH สูง สารอินทรีย์ของปรอทไม่สามารถเคลื่อนย้ายจากน้ำเข้าไปสู่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำได้ อุณหภูมิจะมีผลโดยตรงต่อการสะสมของ methyl mercury ในน้ำ และ dimethyl mercury จะระเหยไป ถ้าอุณหภูมิสูงๆ (Burkett, 1974) สารประกอบพวก dimethyl mercury และ diphenyl mercury จะไม่สลายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับ methyl mercury chloride แต่ phenyl mercury และ sulphur bondes ใน mercury series จะถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอนินทรีย์ของปรอท (EPA, 1973)

พิมล และ วิโรจน์ (2520) รายงานว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปรอทที่สะสมอยู่ในปลาอยู่ในรูปของ methyl mercury ซึ่งมีครึ่งชีวิตในร่างกายประมาณ 70-74 วัน ปรอทที่อยู่ในดินตะกอนเข้าสู่ปลาได้ หลังจากเป็นรูป methyl mercury ที่ pH ต่ำๆ (Suckcharoen และ Lodenius, 1979) Uthe และ Armstrong (1975) รายงานว่าปลาในทะเลสาบของประเทศแคนาดาที่มีปริมาณลดลงอย่างมาก เป็นผลเนื่องจากพิษของปรอท Takizawa และ Amano (1975) ได้ศึกษาพบว่า

ปริมาณปรอทในน้ำทะเลขึ้นอยู่กับระดับความลึกของทะเล ในดินตะกอนพบ 0.001-0.011 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในปะการังพบ 0.021-0.039 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในสาหร่ายทะเล พบใน Chlorophyceae, Phaeophyceae และ Rhodophyceae ในน้ำทะเลตรวจพบ 0.023-0.067 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 ไมโครกรัมต่อลิตร

สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2525) รายงานว่าการสะสมปรอทบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีปริมาณสูง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และการผลักดันของน้ำทะเลทำให้ปรอทตกค้างในบริเวณดังกล่าว ซึ่งสรุปได้ว่าการสะสมของปรอทในดินตะกอนของแม่น้ำจะมีมากกว่าทะเลเปิด และปริมาณปรอทในดินตะกอนจะมีมากกว่าในน้ำ ปริมาณปรอทบริเวณปากแม่น้ำจะมีมากกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำของประเทศไทยมีปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.47 ไมโครกรัมต่อลิตร (เปี่ยมศักดิ์, 2525) บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะมีความเข้มข้นของปรอทอยู่ระหว่าง 0-0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร (Onodera, 1985) จากการศึกษาของ Suckcharoen (1980) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทในสิ่งมีชีวิตบริเวณเขตโรงงานอุตสาหกรรม และนอกเขตโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า กุ้งฝอย (*Macrobrachium lanchesteria*) ซึ่งกินพืชเป็นอาหาร มีปรอทประมาณ 0.32-3.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในปลาช่อน (*Ophicephalus striatus*) ซึ่งกินสัตว์เป็นอาหารมีปรอท 0.32-3.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปลาชนิดนี้มีปรอทในเขตอุตสาหกรรมสูงกว่านอกเขตอุตสาหกรรม 5-51 เท่า ดินตะกอนในเขตโรงงานอุตสาหกรรมมีปรอทประมาณ 8.33-57.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกเขตอุตสาหกรรมมี 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินตะกอนบริเวณอ่าวจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซียมีความเข้มข้นของปรอทอยู่ระหว่าง 0.93-3.568 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Hungspreugs, 1988) จากการศึกษาของ เนาวรัตน์ (2530) ปริมาณปรอทในปลาทะเลเฉลี่ย 0.038 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปรอทจะแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและลงสู่แหล่งน้ำได้ ผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่สามารถดูดซับและกำจัดโลหะปรอทในแหล่งน้ำได้

(5) ความเป็นพิษ

ความเป็นพิษของปรอทแต่ละรูปแบบจะไม่เท่ากัน ปรอทอินทรีย์จะมีพิษร้ายแรงกว่าปรอทอนินทรีย์ อาการที่เกิดจากพิษของปรอทมีทั้งอาการพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง อาการที่เป็นพิษเฉียบพลัน (acute effect) เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ เซลล์เยื่อเมือกเกิดระคายเคือง ปากคอไหม้มีรสโลหะติดปาก ร่างกายพยายามขับโลหะออกมาจากร่างกายทำให้เนื้อเยื่อหลุดออกเป็นชิ้นๆ ซิพจรเต้นเร็ว แต่ไม่สม่ำเสมอ ท้องเสีย อุจจาระเป็นเลือด อาเจียน หมดสติและถึงตาย

(Berman, 1980; Schroeder, 1982) สำหรับพิษเรื้อรัง (chronic effect) ระยะแรกจะไม่แสดงอาการ ต่อมาจะรู้สึกปวดศีรษะเวียน ตาใจง่าย ตามัว มือสั่น ต่อม่าน้ำลายผิดปกติ น้ำลายไหลตลอดเวลา เหงือกเป็นสีน้ำเงิน มีอาการทางประสาท กังวล นอนไม่หลับ (Goldwater และ Stopford, 1977)

4.3.3 แคดเมียม (Cd)

(1) ลักษณะและสมบัติของแคดเมียม

แคดเมียมเป็นธาตุในหมู่ 2B มีเลขอะตอม 48 เลขมวล 112.4 มีวาเลนซ์ อิเล็กตรอน 2 มีไอโซโทปที่เสถียร 8 ไอโซโทป แคดเมียมเป็นธาตุโลหะที่อ่อน มีสีน้ำเงินความ ถ่วงจำเพาะ 8.64 จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส ละลายได้ในกรด โดยเฉพาะกรดไนตริกและสารละลายแอมโมเนียมไนเตรด (Hawley, 1977)

(2) แหล่งกำเนิด

ในธรรมชาติพบแคดเมียมในรูป greenockite (CdS) ประมาณ 0.5 ไมโครกรัมต่อกรัม และปะปนอยู่กับแร่อื่นๆ เช่น สังกะสี ตะกั่วและทองแดง แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณน้อย คือพบบนผิวโลกประมาณ 0.15-0.20 ไมโครกรัมต่อกรัม พบในรูปสินแร่ สังกะสีร้อยละ 0.3-1.0 ในหินแกรนิตมีแคดเมียมน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อกรัม หินชั้นมีแคดเมียม สูงถึง 11 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณแคดเมียมในน้ำและดินตะกอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะ กำเนิดดินสภาวะแวดล้อม ค่าพีเอช ดินเหนียวและดินที่เป็นเบสดูดซับแคดเมียมในรูปคาร์บอเนตที่ ละลายน้ำได้มาก ส่วนดินทรายและดินที่เป็นกรดดูดซับแคดเมียมได้น้อยกว่า (Zievers และ Novotny, 1974; Berman, 1980; Reilly, 1980)

จากการศึกษาแคดเมียมในระบบสิ่งแวดล้อมโลกพบว่า มีแคดเมียมที่ผิวดิน ประมาณ 6.6×10^{13} กรัม ในบรรยากาศมีประมาณ 1.5×10 กรัม ในมหาสมุทรประมาณ 1.1×10^{14} กรัม ในดินตะกอนมีประมาณ 2.5×10^{18} กรัม ในชีวลัย (biosphere) อยู่ในส่วนที่เป็นแผ่นดิน ประมาณ 7.2×10^{10} กรัม อยู่ในส่วนที่เป็นทะเลประมาณ 1.2×10^{10} กรัม ซึ่งทั้งหมดนี้มีหน่วยการ ไหลละลาย (flux unit) 10 กรัมต่อปี (Nriagu, 1980)

(3) การนำมาใช้ประโยชน์

การนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ แคดเมียมในธรรมชาติถูกนำมาใช้ ประโยชน์ โดยการทำให้ทองแดงแคดเมียมบางส่วนเป็นผลพลอยได้จากการถลุงแร่สังกะสี สามารถ

นำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การเตรียมโลหะชนิดผสมต่างๆ ผสมในน้ำมันเครื่องบางชนิด ทำแบตเตอรี่ ใช้เป็น stabilizers (Reilly, 1980) แคดเมียมซัลไฟด์ และ แคดเมียมซัลโฟไซลิไนด์ ใช้ทำสารทำให้เกิดสีเหลืองและสีแดงในสีและพลาสติก รวมทั้งใช้ในเซลล์สุริยะ นอกจากนี้แคดเมียมยังใช้ในสารกำจัดเชื้อราและปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสเฟต จะมีแคดเมียมเจือปนมากกว่าปุ๋ยอื่นๆ (พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525; Elinder, 1982)

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

แคดเมียมแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมจากการระเบิดของภูเขาไฟ หายค้ำน้ำ ไฟ และการพังทลายของหินต้นกำเนิด แต่น้อยกว่าการกระทำของมนุษย์ซึ่งมีผลต่อการแพร่กระจายแคดเมียมในบรรยากาศ บนพื้นดิน ในแหล่งน้ำ ทะเลสาบ และทะเล มหาสมุทร อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับแคดเมียม เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก แก้ว สี ปุ๋ย และฝุ่นละอองที่เกิดจากยานพาหนะบนท้องถนน ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่จะกระจายสู่แหล่งน้ำได้ (McNeely และคณะ, 1979; Singh และ Subramanian, 1978; Forstner, 1988)

แคดเมียมในแหล่งน้ำอยู่ในรูปคลอไรด์ หรือสารละลาย อนุภาคดินเหนียวทำให้ปริมาณแคดเมียมในลำธารสูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม คือ ลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แหล่งมลพิษ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ ตลอดจนการถ่ายเทแคดเมียมไปตามห่วงโซ่อาหาร (Brams และ Anthony, 1983; Ahlf, 1988; Van der Zee และคณะ, 1988) ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญหายไปเป็นดินตะกอน โคลนมีอิทธิพลประกอบอยู่และเป็นส่วนสำคัญในการดูดซับแคดเมียมด้วย กระบวนการดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ลดปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำได้ โดยการเคลื่อนย้ายไปสะสมในดินตะกอน แต่แคดเมียมในดินตะกอนสามารถออกมาสู่แหล่งน้ำได้เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น คือ มีการปลดปล่อยสารที่ดูดซับไว้การย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ในดินสามารถลดความเข้มข้นของแคดเมียมในดินได้ (Francis และ Dodge, 1988; Hirsch และ Banin, 1990) แหล่งน้ำมีแคดเมียมปริมาณต่ำเนื่องจากแคดเมียมในรูปคาร์บอเนตและซัลไฟด์ มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีแคดเมียมอยู่น้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำทะเลมีแคดเมียม 0.05-0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร (Fileischer และคณะ, 1974; McNeely และคณะ, 1979; Fassett, 1980)

จากการศึกษาของสำราญ (2533) พบว่าปริมาณแคดเมียมในน้ำและดินตะกอน จากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ ทางภาคใต้ของประเทศไทย ปริมาณแคดเมียมจะต่ำสุด ในชั้น

คุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 เพิ่มมากขึ้นในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ปริมาณการเพิ่มของ แคลเมียมขึ้นอยู่กับกิจกรรมของมนุษย์ ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน ความลาดของพื้นที่ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ในลุ่มน้ำชี มีปริมาณแคลเมียมอยู่ในช่วง 0.39-1.16 ไมโครกรัมต่อลิตร ลุ่มน้ำบริเวณภาคใต้ตอนล่างมีปริมาณแคลเมียมอยู่ในช่วง 0.51-1.21 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณแคลเมียมในดินตะกอนของลุ่มน้ำบริเวณภาคใต้ตอนล่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.61-0.74 ไมโครกรัมต่อลิตร สงัด (2534) ศึกษาพบว่าลุ่มน้ำป่าสักมีปริมาณแคลเมียมอยู่ในช่วง 0.21-1.37 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีปริมาณแคลเมียมในดินตะกอนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.23-1.41 ไมโครกรัมต่อลิตร (บวร, 2530; สำราญ, 2533) ปริมาณการแพร่กระจายแคลเมียมที่แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม มีการย้ายจากที่หนึ่งไปที่หนึ่ง และมีผลต่อการสะสมอยู่ ณ.ที่ใดที่หนึ่ง เช่น ในดิน ในสิ่งมีชีวิต (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2532) ปริมาณของแคลเมียมในน้ำและดินตะกอนจะมากเมื่อค่าพีเอชของน้ำต่ำ ดินมีสารอินทรีย์น้อย และมีดินเหนียวมาก (Logan และ Feltz, 1985) แคลเมียมถูกดูดซับได้ง่ายเมื่อมีปริมาณต่ำ คือ 0.1 มิลลิกรัมแคลเมียมต่อกิโลกรัมของดิน (Hirsch และ Banin, 1990)

(5) ความเป็นพิษ

ความเป็นพิษของแคลเมียม แคลเมียมเป็น โลหะที่ก่อให้เกิดพิษต่อสิ่งแวดล้อม แคลเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางเดินอาหารและการหายใจ แต่มีการดูดซึมที่ทางเดินอาหารต่ำมากเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ (FAO และ WHO, 1972) และถูกดูดซึมที่ปอด 10-40 เปอร์เซ็นต์ (Reilly, 1980) โดยปกติคนจะรับแคลเมียมเข้าสู่ร่างกาย 10-30 ไมโครกรัมต่อวัน (Reilly, 1980) จากรายงานของชูชาติ (2528) พบว่า ถ้าให้คนไทยรับประทานอาหารให้ครบมาตรฐานการบริโภค ปริมาณแคลเมียมที่ได้จากพืช 28.82 ไมโครกรัมต่อวัน แคลเมียมทำให้เกิดพิษต่อร่างกายหลายลักษณะ ถ้ามีการดูดวันออกไซด์ของแคลเมียมจะเป็นอันตรายต่อปอดอย่างเฉียบพลันเกิดลักษณะปอดอักเสบ (pneumonitis) หรือน้ำท่วมปอด (pulmonary edama) (Friberg และคณะ, 1976) เมื่อร่างกายสะสมแคลเมียมเพิ่มขึ้น แคลเมียมจะไปรบกวนเมตาโบลิซึมของเหล็ก สังกะสี ทองแดง และฟอสฟอรัส ขัดขวางการทำงานของ sulfydryl enzyme ทำให้เกิดความดันโลหิตสูง และโลหิตจาง ถ้าตับและไตสะสมแคลเมียมในปริมาณสูงจะมีโครงสร้างและการทำงานผิดปกติ ทำให้เกิดมีโปรตีนปะปนออกมาในน้ำปัสสาวะ แคลเมียมทำให้เกิดความผิดปกติที่กระดูก ปวดที่กระดูกอย่างรุนแรงหรือที่เรียกว่า โรคอิต-อิต (พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525; Sitting, 1976; Berman, 1980; Reilly, 1980) แคลเมียมเมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นถูกขับถ่ายออกจากร่างกาย ส่วนที่เหลือหมวนอยู่ในกระแสเลือดแล้วสะสมอยู่ในอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ไต และม้าม (Nobbs และ Pearce, 1976) โดยเฉพาะไตจะมี 1 ใน 3 ของทั้งหมดในร่างกาย

4.3.4 โครเมียม (Cr)

(1) ลักษณะและสมบัติของโครเมียม

โครเมียมเป็นธาตุในหมู่ 4B มีเลขอะตอม 24 น้ำหนักอะตอม 52.01 มีจุดหลอมเหลว เท่ากับ 1890 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2480 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 7.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีวาเลนซ์ +2, +3 และ +6 ที่พบมากโครเมียมเป็นโลหะสีชาวจึงใช้ทำโลหะบริสุทธิ์และโลหะผสม นอกจากนี้เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง จะทำปฏิกิริยากับโลหะ โครเมียมจะทำปฏิกิริยากับกรดเกลือและกรดกำมะถันเจือจางได้อย่างช้าๆ ให้ก๊าซไฮโดรเจนและอนุมูล Cr^{2+} : ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ในอากาศกลายเป็นอนุมูล Cr^{3+}

(2) แหล่งกำเนิด

โครเมียมเป็นธาตุที่ไม่พบในธรรมชาติในรูปของธาตุบริสุทธิ์ พบมากในรูปของสินแร่ Chromite ($FeO.Cr_2O_4$) ยังพบในปริมาณน้อยในหินอัคนี ในปริมาณมากกว่าหินต้นกำเนิด ในแหล่งน้ำจืด หรือแหล่งน้ำทั่วไป จะมีโครเมียมละลายอยู่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (McNeely และคณะ, 1979)

(3) การนำมาใช้ประโยชน์

โครเมียมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นองค์ประกอบสำคัญของโลหะผสมทำให้แข็ง มีความเหนียวและทนทาน ป้องกันโลหะไม่ให้เป็นสนิม คงทนต่อการผุกร่อน ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ใช้ในการทำสี ทำพรมน้ำมัน วัตถุระเบิด เซรามิก กระจกฉาย วัสดุสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การถ่ายรูป เป็นต้น (สุรกี, 2526)

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

โครเมียมแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม โดยการผุกร่อนพังทลายของวัตถุดิบกำเนิดในเปลือกโลก และการกระทำของมนุษย์ มนุษย์นำโครเมียมมาใช้ในอุตสาหกรรม โครเมียมจึงแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำ ตั้งแต่การทำเหมืองแร่ จนถึงการนำมาใช้ประโยชน์

จากการศึกษาปริมาณโครเมียมในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของ Polprasert และคณะ (1979) ความเข้มข้นของโครเมียมอยู่ระหว่าง 0-123 ไมโครกรัมต่อลิตร และจากการศึกษา

ของ Department of Health (1984) ความเข้มข้นของโครเมียมในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอยู่ระหว่าง 0-50 ไมโครกรัมต่อลิตร ในดินตะกอนของอ่าวจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย มีความเข้มข้นของโครเมียมอยู่ระหว่าง 4.69-32.5 ไมโครกรัมต่อลิตร (Hungspreugs, 1988) โครเมียมสามารถกระจายลงสู่แหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ จากการศึกษาของ Suttipong (1980) ถึงประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของผักตบชวามีขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพเป็น 46.25 เปอร์เซ็นต์ 59.30 เปอร์เซ็นต์ และ 71.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การศึกษาของอินจิรา (2531) ได้ตรวจสอบปริมาณของโครเมียมในตะกอน หรือ Sludge จากโรงงานชุบโลหะ โรงงานย้อมผ้า โรงงานผลิตสารเคมี โรงงานฟอกหนัง สัตว์ พบโครเมียมอยู่ในดินก้นคลองทั้งหมด 5 คลอง คือ คลองหลอด คลองसान คลองบางไส้ไก่ คลองบางน้ำชน และคลองบางประกอก ซึ่งปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 129-744 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และคลองที่พบนั้นส่วนมากอยู่ทางฝั่งธนบุรี ซึ่งบริเวณที่มีอุตสาหกรรมชุบโลหะอยู่มาก และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานดินและตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศเยอรมันแล้วจัดว่ามีการปนเปื้อนปานกลาง คือ มาตรฐานของดินเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และของดินตะกอนเท่ากับ 1,200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อินจิรา, 2531)

(5) ความเป็นพิษ

โครเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหาร การหายใจ และทางผิวหนัง ความเป็นพิษของโครเมียม จะทำให้เกิดแผลจากโครเมียม (chrome ulcers) เป็นลักษณะแผลบวมสีกลอง แผลนี้ถ้าเกิดขึ้นใกล้ข้อต่ออาจต้องทำให้ตัดส่วนนั้นทิ้ง โครเมียมทำให้ผิวหนังอักเสบ (dermatitic) เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และทำให้เกิดมะเร็งได้

อันตรายจากโครเมียมจะเห็นได้ว่าผู้ที่ทำงานอยู่ในโรงงานได้รับมากกว่าคนทั่วไป ซึ่งปรากฏว่าพบโรคที่เกิดจากโครเมียม Hueper (1955) ได้รายงานดังนี้

1) แผลจากโครเมียม (chrome ulcers) เกิดจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียมซึ่งส่วนมากเริ่มที่รอยถลอกของผิวหนัง และจะพบมาที่สุดตามโคนเล็บมือ ตามข้อนิ้วมือ และเท้าที่มีลักษณะเป็นแผล และแผลนี้ต่อไปอาจมีการติดเชื้อเกิดขึ้นและอาจลุกลามต่อไปได้ ผลของเกลือโครเมียมหรือควันของกรดโครมิคอาจตกลงบนหน้าตา หรือที่ปลายจมูกอาจจะเกิดแผลขึ้นได้เช่นเดียวกัน

2) ผิวหนังอักเสบ (dermatitis) บริเวณที่อาจเกิดการอักเสบ ได้แก่ มือ แขน ใบหน้าและหน้าอก อาจเกิดขึ้นเมื่อคนงานทำงานมาแล้วประมาณ 6 เดือน ในรายที่รุนแรงใบหน้าจะมีสีแดงและบวม บริเวณที่อักเสบอาจมีอาการคันมากและบวมด้วย

3) ผงกั้นในช่องจมูกทะลุ (perforation of the nasal septum) ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับโครเมียมจะได้รับควันของกรดโครมิกหรือฝุ่นของโครเมียมอยู่เป็นประจำจะทำให้ผนังกั้นจมูกถูกทำลายเป็นรูทะลุ ซึ่งการทะลุนี้จะไม่รู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างไรจะรู้สึกก็ต่อเมื่อมีเสียงเปลี่ยนไปหรือคั่งจมูกยุบลง

4) มะเร็งช่องปอด อาจเกิดขึ้นกับคนที่สูดเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายเป็นประจำ และเป็นเวลานานๆ

4.3.5 นิกเกิล (Ni)

(1) ลักษณะและสมบัติของนิกเกิล

นิกเกิลเป็นธาตุที่มีสัญลักษณ์ทางเคมีว่า Ni มี Atomic number 28 โดยปกติที่พบในธรรมชาติมี Atomic number 58.71 ในสภาพที่เป็นธาตุโลหะสีขาวคล้ายเงินมีความอ่อนสามารถคดหรืองอได้ มีจุดหลอมเหลวที่ 1,455 องศาเซลเซียส จุดเดือดที่ 2,900 องศาเซลเซียส ทนต่อการกัดกร่อนของต่างแต่ละลายได้ช้า ๆ ในกรดเจือจางเช่น ในกรดไฮโดรคลอริกและซัลฟูริก ละลายได้เร็วในกรดไนตริกและโดยปกตินิกเกิลมีประจุ +2 ในสารประกอบ แต่สามารถมี oxidation states 4 ตัว คือ 0, 1+, 2+ และ 4+ ตัวอย่างสารประกอบนิกเกิลบางชนิด ได้แก่ นิกเกิลอะซิเตต นิกเกิลแอมโมเนียมคลอไรด์ นิกเกิลออกไซด์ไฮดรอกไซด์ และนิกเกิลไซยาไนด์ เป็นต้น (Considine, 1974)

(2) แหล่งกำเนิด

นิกเกิลมีอยู่ทั่วไปในเปลือกโลกในสภาพสินแร่ peritlandite, pyrrhotite อยู่ในรูปของซัลไฟด์ของเหล็กและนิกเกิล $(\text{NiFe})_x\text{S}_y$ สินแร่ amierite $(\text{Ni, Mg}) - \text{NiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ หรือสินแร่ของ arsenide (NiAs) (McNeely, 1979; Berman, 1980; Hammond และ Beliles, 1980) ในดินทั่วไปมักจะพบนิกเกิลอิสระปะปนอยู่ประมาณ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ย (Bowen, 1966) นอกจากนี้ยังพบในพืช สัตว์ (Schroeder, 1962) นิกเกิลในแหล่งน้ำธรรมชาติจากรายงานของ McNeely และคณะ (1979) พบว่า ความเข้มข้นในแหล่งน้ำจืดของอเมริกาเหนือเป็น 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำทะเลมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.005-0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) การนำมาใช้ประโยชน์

นิกเกิลนำมาใช้ประโยชน์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ๑ คือ นิกเกิลบริสุทธิ์ใช้เป็นขั้ว anode ในตัวต้านทานของวิทยุและหลอดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ทำโลหะผสมมากกว่า 3,000 ชนิด เช่น นิกเกิลผสมเหล็กใช้ทำเครื่องยนต์หนักและส่วนประกอบของเครื่องใช้ไฟฟ้า นิกเกิลผสมทองแดงใช้ทำเหรียญกษาปณ์ นิกเกิลผสมโครเมียมและเหล็กใช้ทำโลหะสแตนเลส นิกเกิลยังใช้ทำแบตเตอรี่ หัวเทียน raney nickel ใช้เป็นตัวกระตุ้นเพื่อให้เกิด hydrogenation ของน้ำมัน นิกเกิลไฮดรอกไซด์และเกลือของนิกเกิล ใช้ในกระบวนการทำแม่พิมพ์ เครื่องสำอาง สีทาบ้านชนิดแห้งเร็ว เกลือซัลเฟตของนิกเกิลใช้ทำสีน้ำและสีน้ำมัน (Stokinger, 1963; Berman, 1980)

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

การแพร่กระจายของนิกเกิลสู่สิ่งแวดล้อม โดยการกัดเซาะ พังทลายของเปลือกโลก กิน ดิน และสินแร่ การทำเหมือง กระบวนการผลิตและกระบวนการใช้ในอุตสาหกรรมที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แล้วแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและลงสู่แหล่งน้ำ (Stokinger, 1963; Maneely และคณะ, 1979; Berman, 1980) ความเข้มข้นของนิกเกิลในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอยู่ระหว่าง 2.73-27.3 ไมโครกรัมต่อลิตร (Onodera, 1985) ความเข้มข้นของนิกเกิลในดินตะกอนของอ่าวจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 4.8-15.4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Hungspreugs, 1988)

(5) ความเป็นพิษ

นิกเกิลเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย มีความจำเป็นต่อเมตาโบลิซึมหลายประการ (Sunderman, 1983) คนได้รับนิกเกิลจากอาหารวันละ 0.3-0.6 มิลลิกรัมต่อวัน แต่อาจมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นกับอาหารที่รับประทาน (Schroeder, 1962; Underwood, 1971) ผู้ใหญ่ที่ปกติจะมีนิกเกิลในปัสสาวะ 4-31 ไมโครกรัมต่อลิตร นิกเกิลถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ และอุจจาระ โดยจะถูกขับออกทางอุจจาระถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (Berman, 1980)

นิกเกิลเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางผิวหนัง อาหารและการหายใจ เมื่อร่างกายรับเข้าไปจะมีอาการในระยะแรก คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และเจ็บหน้าอก และมีอาการเกี่ยวกับโรคปอดอย่างร้ายแรง หัวใจเต้นเร็ว อ่อนเพลีย แล้วตายภายใน 4-13 วัน (Berman, 1980) มีรายงานเกี่ยวกับคนงานในโรงงานทำนิกเกิลให้บริสุทธิ์ เป็นโรคเนื้องอกในทางเดินหายใจ และ

ผิวหนังอักเสบ เนื่องจากพิษของนิกเกิล (Underwood, 1971) คนที่ใส่นาฬิกาที่ทำด้วยโลหะนิกเกิล หรือเครื่องประดับที่ทำด้วยโลหะนิกเกิล ทำให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบ (Arena, 1976)

4.3.6 สารหนู (As)

(1) ลักษณะและสมบัติของสารหนู

สารหนู เป็นธาตุอโลหะอยู่ในหมู่ 5A ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 33 เลขมวล 74.92 มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 2, 3 และ 5 ไม่มีไอโซโทป สารหนูมีลักษณะเปราะ สีเทาเงิน ผลึกของแข็งมีสีดำเข้มในอากาศชั้น ผลึกของแข็งในรูป allotropic จะมีสีดำ ในรูป amorphous solid (beta-arsenic) จะมีสีเหลือง ความถ่วงจำเพาะ 5.72 จุดหลอมเหลว 814 องศา เซนเซียส (36 atm) ทำให้บริสุทธิ์ที่ 613 องศาเซนเซียส (1 atm) ไม่ละลายน้ำ กัดอย่างช้าๆ และไม่ออกซิไดส์กรด ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก ที่อุณหภูมิค่านำไฟฟ้า เป็นกึ่งตัวนำไฟฟ้า (Hawley, 1977)

(2) แหล่งกำเนิด

ตามธรรมชาติสารหนูเกิดขึ้นจากการสีกกรอนของพื้นผิวโลก หรือเปลือกโลก จะพบปริมาณมากขึ้นในเขตแหล่งแร่ของดิน แร่ sulfide แม้ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนด้วยสารหนู มาก่อนก็จะพบได้ในปริมาณ 0.2 – 4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอากาศและน้ำจะพบอนุภาคของ สารหนูทั้งในรูปของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ สารประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำชนิด arsenite (trivalent salt) จะมีความเป็นพิษสูงกว่าพวก arsenite (pentavalent) ปริมาณสารหนูบนพื้นผิวโลกจะมีปริมาณ 1.5 – 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งนับว่ามากเป็นอันดับ 20 เมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ Bowen (1966) พบว่าในดินทั่วไปมักจะพบสารหนูปะปนอยู่ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ย

(3) การนำไปใช้ประโยชน์

ทางการเกษตรสารหนูพบได้ทั่วไปในยาฆ่าแมลงและปราบศัตรูพืช ในรูปของสารประกอบ เช่น lead arsenate, calcium arsenate, copper acetoarsenate (paris green), copper arsenite และ disodium methyl arsenate พืชผัก ผลไม้ ไบยาสูบ จึงอาจมีสารหนูเป็นพิษตกค้างอยู่ ปลาในน้ำจืดและน้ำทะเลสามารถสะสมสารหนูได้ดีเช่นกัน ยาฆ่าพยาธิและฆ่าเชื้อบางอย่าง เช่น เชื้อซิฟิลิสก็ประกอบด้วยสารหนู (ไมตรี, 2531)

ทางด้านอุตสาหกรรม ใช้ผสมกับโลหะอื่นๆ เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อน สารหนูที่ใช้ คือ metallic arsenic ใช้เป็นวัสดุกึ่งตัวนำ (semi-conductor) ในเครื่องมือทางด้าน อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์, โซล่าแบตเตอรี่ ใช้เป็นสารให้สีแดงหรือไม่มีสีในผลิตภัณฑ์แก้ว และทำให้แก้วหลอมละลาย ทางด้านการแพทย์ ใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรคทั้งที่เกิดจาก โปรโตซัว และโรคที่เกิดจากพยาธิบางชนิด ในคนและสัตว์ ในด้านการทหารใช้เป็นสารพิษในการ ทำสงคราม หรือยับยั้งการก่อจลาจล ซึ่งจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือก (mucous membrane)

(4) การแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

การแพร่กระจายของสารหนูในสิ่งแวดล้อมพบว่า ในหิน ดิน และตะกอน ดิน (rock, soil and sediments) ส่วนใหญ่พบได้ทั่วไปในแร่หลายชนิด เช่น ในรูป arsenided หรือ sulfide ของทองแดง ตะกั่ว เงิน สารหนูส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแร่ arsenopyrite (FeAsS) หรือ sulfide (As_4S_4) และ orpiment (As_2S_3) ในดินทั่วไปจะมีสารหนูประมาณ 0.2 – 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (WHO, 1981) และสุรพล (2535) ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินและน้ำ 205 ตัวอย่างในตำบลร่อนพิบูลย์ พบว่ามีปริมาณสารหนูอยู่ในช่วง 500 – 5300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าสารหนูมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณเหล็กในดิน ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบร่วมกับสารหนูในบริเวณที่ทำเหมืองแร่และโรง แแต่แร่ดีบุก

(5) ความเป็นพิษ

สารหนูเป็นแก๊สอินทรีย์มีพิษร้ายแรงกว่าธาตุสารหนูบริสุทธิ์ ซึ่งแตก ตัวเป็นไอออนไม่ได้ แต่สารหนูอินทรีย์บางตัวอาจถูกออกซิไดส์ให้กลายเป็นอินทรีย์ได้เมื่อเข้าใน ร่างกาย ฉะนั้นการใช้ยาที่มีสารหนูเป็นส่วนประกอบอาจมีพิษแทรกซ้อนได้ง่าย สารประกอบอีก อย่างหนึ่งของสารหนูที่เป็นพิษร้ายแรงมากและระเหยง่าย คือ อาร์ซีน (arsine) ซึ่งมีสูตรทางเคมีเป็น AsH_3 เป็นแก๊สไม่มีสีแต่กลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นกระเทียม ติดไฟง่าย หากถูกความร้อนจะกลายเป็น AsH_3 อาจเกิดจากขี้แบคทีเรียที่มี As เจือปนและเช่อยู่ในกรดซัลฟูริก ความเข้มข้นของ AsH_3 เพียง 30 ส่วนในล้านส่วนในอากาศจะทำให้เกิดอาการของพิษสารหนูในคนได้ (ไมตรี, 2531)

สารประกอบสารหนู สามารถซึมเข้าทางเดินอาหาร ปอด ผิวหนัง ได้ง่าย และรวดเร็ว อวัยวะเป้าหมายที่ As จะไปสะสม คือ ตับ ไต ผันทางเดินอาหาร เส้นผม ขน เล็บ และ สมอ ผู้ที่ได้รับ As เข้าไปจะปรากฏมีรอยพาดสีขาบบนเล็บมือและเล็บเท้า แสดงถึงการหยุดชะงัก ของการเจริญเติบโตของเล็บนั่นเอง As จะขับออกทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ภายใน 2-8 ชั่วโมง

หลังจากที่ได้รับสารหนูเข้าไป แต่ถ้ามีการสะสมไว้นานและมีจำนวนมากอาจใช้ระยะเวลาจนถึง 70 วัน As จึงจะหมดไปจากกระแสเลือด สารประกอบสารหนูที่เป็น As^{3+} ร่วมกับหมู่ซัลไฮไดรล (-SH) ของโปรตีนและเอนไซม์ รวมทั้ง glutathione, cysteine ในเซลล์ได้จึงทำให้ระบบออกซิเดชันรีดักชัน และเมตาบอลิซึมของเซลล์ไม่สามารถจะทำหน้าที่ตามปกติได้ความเจ็บป่วยจึงเกิดขึ้นได้ และกำซอร์ซินก็เป็นพิษในลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้ AsH_3 ยังรวมตัวกับฮีโมโกลบินแล้ว ถูกออกซิไดส์กลายเป็นสารพิษต่อเม็ดเลือดแดงทำให้เกิดการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง (haemolysis) ทำให้เกิดการทำลายเซลล์ของตับ ม้าม และไต อาการที่สังเกตเห็น คือ ปัสสาวะสีแดง ต่อมามีอาการดีซ่านและโลหิตจาง อาการดีซ่านนี้จะรุนแรงมากขึ้น ปวดหัว อาเจียน หนาวสั่น มีไข้ ปัสสาวะไม่ออก ปวดเอว และเสียชีวิตในที่สุด (ไมตรี, 2531)

4. การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนและในน้ำบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย

มนูวดี (2532) ได้กล่าวถึงโลหะปริมาณน้อยหรือโลหะหนักถูกพาลงสู่ทะเล โดยกระบวนการทางธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์โดยผ่านทางแม่น้ำ การชะล้างพื้นดินการทิ้งของเสียและโดยการผ่านทางอากาศและอีกส่วนออกสู่น้ำทะเลจากพื้นที่องทะเลแหล่งธรรมชาติแหล่งใหญ่ๆ ได้แก่ การพ่นพังกัดกร่อนของหินจากภายนอกโลก การปล่อยจากภูเขาไฟและการละลายออกจากตะกอนในทะเลธาตุส่วนใหญ่จะลงสู่ทะเลโดยผ่านทางแม่น้ำแต่บางธาตุ เช่น พรอทและตะกั่ว การนำลงสู่ทะเลโดยทางอากาศ ก็เป็นทางผ่านที่สำคัญเช่นกัน โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้ลงสู่ทะเลส่วนหนึ่งจะยังคงละลายอยู่ในน้ำ และ อีกส่วนหนึ่งสะสมอยู่ในชั้นบางๆ ที่ผิวหน้าหรือถูกดูดซับไว้บนสารแขวนลอยแล้วค่อยๆ ตกตะกอนออกจากน้ำไปสู่เบื้องล่าง อย่างไรก็ตามแม้ว่ามันจะตกตะกอนไปแล้วก็ยังมี โอกาสที่โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้จะกลับคืนสู่น้ำได้อีกโดยกระบวนการทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ดังนั้นตะกอนจึงทำหน้าที่เหมือนบัฟเฟอร์และสะสมโลหะต่างๆ ไว้ได้นานแม้ว่าการปล่อยโลหะลงสู่น้ำทะเลจะได้หยุดลงแล้ว ระดับของโลหะในตะกอน บริเวณต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของกลุ่มน้ำที่ไหลผ่าน การพัดพาตะกอนลงมา อุตสาหกรรมหลายประเภทปล่อยโลหะปริมาณน้อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งระดับความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลไม่ค่อยแสดงการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากภาวะ มลพิษ ยกเว้นบริเวณที่ใกล้เคียงกับแหล่งปล่อยโลหะเท่านั้น อย่างไรก็ตาม โลหะที่มีในตะกอนและสิ่งมีชีวิตจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากกว่า

อริชฐาน (2544) ได้ทำการศึกษาโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนบริเวณป่า ชายเลนที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี โดยได้ศึกษา ปริมาณ โลหะหนักในดิน

ตะกอนป่าชายเลนที่รองรับน้ำทิ้ง จากระบบบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย เปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักในพื้นที่อ้างอิง ในช่วงเวลาต่างๆ ตามฤดูกาลโดยทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน (ส.ค.), ฤดูหนาว (ธ.ค.) 2542 และฤดูร้อน (เม.ย.) 2543 พบว่าปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนในป่าชายเลน ได้แก่ ตะกั่ว นิกเกิล โครเมียม สารหนู แคดเมียม และปรอท มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.13, 16.80, 16.79, 4.56, 0.76 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักที่พบ ส่วนใหญ่มีการผันแปรตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตะกั่ว และแคดเมียมมีค่าผันแปรตามฤดูกาล โดยพบปริมาณสูงสุดในฤดูหนาว (34.42, 1.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาคือฤดูร้อน (17.70, 0.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และฤดูฝน (14.28, 0.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วน โครเมียมตามฤดูกาลพบสูงสุดในฤดูร้อน (28.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาคือฤดูหนาว (12.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และฤดูฝน (9.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) นิกเกิลพบสูงสุดในฤดูฝน (22.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาคือฤดูร้อน (16.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และฤดูหนาว (10.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับปรอทพบสูงสุดในฤดูฝน (0.027 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมาคือฤดูร้อน (0.019 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และฤดูหนาว (0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนสารหนู พบว่าไม่มีความผันแปรตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนป่าชายเลนเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนในพื้นที่อ้างอิง พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันและเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินที่กำหนดไว้ในประเทศต่างๆ พบว่ามีค่าไม่เกินช่วงของมาตรฐาน โลหะหนักในดิน และมีค่าเฉลี่ยไม่เกินค่าวิกฤตในดิน

นุตา (2553) ได้ทำการศึกษาการกระจายการปนเปื้อนของโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของข้าวที่ปลูกในตะกอนเปียกจากบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อเป็นต้นแบบการสร้างองค์ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมศึกษา : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของตะกอนในบ่อดกตะกอน โดยทำการศึกษาโลหะหนักในตะกอนดิน จำนวน 6 ชนิด คือ ตะกั่ว (Pb), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), นิกเกิล (Ni), ปรอท (Hg) และ สารหนู (As) โดยมีปริมาณ ดังนี้ 48.1, 37.6, 1.7, 18.4, 2.3 และ 0.09 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

สรัญญา (2544). ได้ทำการศึกษา ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำบริเวณป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน แหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี โดยศึกษาปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล สารหนู และปรอท) ในน้ำบริเวณป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งจาก

ระบบบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย เพื่อศึกษา การเปลี่ยนแปลงปริมาณ โลหะหนักในน้ำตามฤดูกาล โดยเก็บตัวอย่างในฤดูฝน (ส.ค.) ฤดูหนาว (ธ.ค.) ในปี พ.ศ. 2542 และฤดูร้อน (เม.ย.) ในปี พ.ศ. 2543 ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณโลหะหนักในน้ำบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยตลอดปีไม่เกินมาตรฐาน แหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล มีค่าเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ นิกเกิล > ตะกั่ว > แคดเมียม > โครเมียม >ปรอท > สารหนู มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0431 0.0226 0.0035 0.0020 0.0015 และ 0.0010 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลง ปริมาณ โลหะหนักในน้ำตามฤดูกาล พบว่า การปนเปื้อนของโครเมียมมีความแตกต่างทางสถิติ ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ การปนเปื้อนของสารหนูไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การปนเปื้อน ของตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล และปรอท มีความผันแปรตามฤดูกาลและมีความแตกต่างทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ยังพบว่า ตะกั่วและปรอทมีปริมาณสูงสุดในฤดูหนาว แคดเมียมและนิกเกิลมีปริมาณสูงสุดในฤดูฝน ปริมาณสูงสุดของนิกเกิลและปรอทนี้มีค่า เกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล ผลการศึกษาการกระจายของโลหะหนักในแนว ตั้งจากกับชายฝั่งแสดงทิศทางไม่ชัดเจน และความแปรปรวนของปริมาณโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด มีความแตกต่างไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ส่วนการกระจายของโลหะหนักในแนวขนานกับชายฝั่ง มีแนวโน้มกระจายตัวในบริเวณต้นป่าและกลางป่าในปริมาณสูง แต่มีปริมาณลดลงในบริเวณ ท้ายป่าซึ่งอยู่ใกล้กับชายฝั่งทะเล และความแปรปรวนของปริมาณ โลหะหนักทั้ง 6 ชนิด มีความแตกต่างไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ยกเว้นสารหนูมีปริมาณคงที่ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และพบว่า นิกเกิล ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในป่าชายเลนอาจมีแนวโน้มได้รับผลกระทบ จากการแพร่กระจายมาจากน้ำทะเลซึ่งพัดพาเข้ามาในขณะน้ำขึ้น

เนื่องจากมีข้อมูลของปริมาณ โลหะหนัก ที่ตรวจพบในตะกอนดิน จำนวน 6 ชนิด คือ ตะกั่ว (Pb), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), นิกเกิล (Ni), ปรอท (Hg) และ สารหนู (As) ซึ่ง อาจเป็นไปได้ว่า โลหะหนักจะถูกพัดพาไปยังบริเวณหาดแหลมผักเบี้ย ซึ่งเป็นบริเวณรองรับน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน รวมทั้งพื้นที่ดังกล่าวยังเป็นสถานที่อนุบาลสัตว์น้ำ สัตว์หน้าดิน เป็นแหล่งหาอาหารของชุมชนบริเวณใกล้เคียง ซึ่งหอยตลับ ก็เป็นสัตว์ชนิดหนึ่งที่ชุมชนนำไปบริโภค ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงทำการศึกษาโลหะหนักในดิน ในน้ำทะเล และในหอยตลับบริเวณดังกล่าว โดยทำการศึกษาโลหะหนัก จำนวน 6 ชนิด คือ ตะกั่ว (Pb), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), นิกเกิล (Ni), ปรอท (Hg) และ สารหนู (As)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างหอยตลับ

- 1.1 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างหอยตลับ เช่น คราด เสียม เป็นต้น
- 1.2 เข็อกสำหรับวัดระยะห่างของแปลงเก็บหอยตลับ
- 1.3 อุปกรณ์ผ่าตัดหอยตลับ เช่น คีมเปิดเปลือกหอย ลิ่ม มีด กรรไกร เป็นต้น
- 1.4 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier callipers) สำหรับวัดขนาดของหอยตลับ
- 1.5 สมุดบันทึกและป้ายบันทึกข้อมูล
- 1.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 1.7 ถังเก็บตัวอย่าง
- 1.8 ปากกาเคมี

2. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- 2.1 ขวดน้ำสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ ขนาด 1 ลิตร
- 2.2 ขวดสำหรับเก็บตัวอย่าง โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliforms bacteria)
- 2.3 เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่
 - 2.3.1 เครื่อง DO meter เครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ (temperature) และปริมาณออกซิเจนในน้ำ (dissolved oxygen; DO)
 - 2.3.2 เครื่อง EC meter เครื่องมือสำหรับวัดค่าความเค็ม (salinity) ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity; EC) และค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solids; TDS)
 - 2.3.3 เครื่อง pH meter เครื่องมือสำหรับวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)
 - 2.3.4 เครื่อง Spectrophotometer เครื่องมือสำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง
- 2.4 พลาสติก ช้อนตักพลาสติก และแก้วพลาสติก

3. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์โลหะหนัก

- 3.1 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS
- 3.2 เครื่อง Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, ICP-MS

4. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดินตะกอน
 - 4.1 ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร
 - 4.2 เครื่องมือตักดิน
 - 4.3 ถุงพลาสติกในการเก็บตัวอย่างดินตะกอน

วิธีการ

การวางแผนเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix* spp.) ตะกอนดิน และคุณภาพน้ำ โดยพื้นที่ชายฝั่งทะเลรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี มีความยาว 1,000 เมตร ทำการกำหนดและแบ่งแนวศึกษาจากบริเวณพื้นที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ตั้งฉากกับแนวชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณพื้นที่ถัดออกมาจากป่าชายเลน มีความยาว 1,000 เมตร โดยการวางแนวเส้นทาง (line transect) ไว้ทั้งหมด 10 เส้นทาง ทั้งนี้จะทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างนั้นจะพิจารณาจากช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุดของวัน และความเหมาะสมของสภาพพื้นที่

1. จุดเก็บตัวอย่าง

1.1 จุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ

1.1.1 ทำการกำหนดและแบ่งแนวศึกษาจากบริเวณพื้นที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ตั้งฉากกับแนวชายฝั่งทะเล เป็นบริเวณพื้นที่ถัดออกมาจากป่าชายเลน โดยการวางแนวเส้นทาง (line transect) ไว้ทั้งหมด 10 เส้นทาง

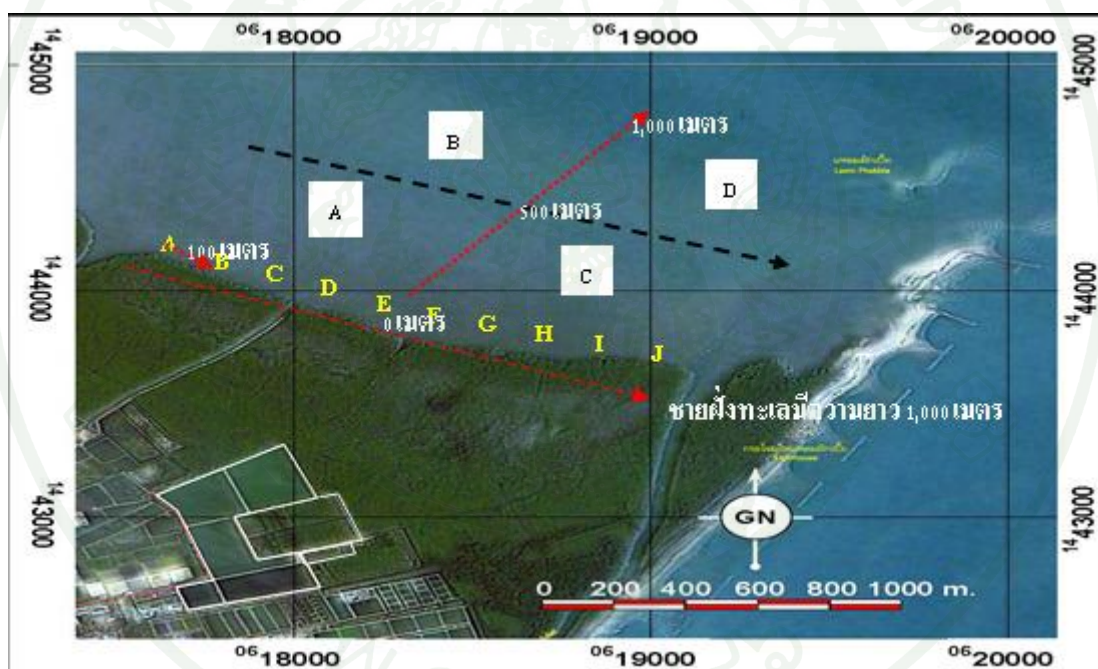
1.1.2 กำหนดให้แต่ละเส้นทางมีความยาวเส้นทางละ 1 กิโลเมตร โดยระยะห่างระหว่างเส้นทางแต่ละแนว (ตั้งฉากกับทะเล) เป็น 100 เมตร การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างนั้นจะพิจารณาจากช่วงน้ำลงต่ำสุดของวัน และความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ของโครงการฯ

1.1.3 กำหนดให้จุดที่ 1 ของแต่ละแนวเส้นทาง (line transect) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากบริเวณป่าชายเลนออกมาจากฝั่ง (กำหนดให้เป็น 0 เมตร)

1.1.4 กำหนดระยะห่างระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 โดยใช้เชือกสำหรับวัดระยะ ซึ่งมีระยะห่างเป็น 100 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดที่ 2 และ 3 จะมีห่างเป็น 100 เมตร เช่นเดียวกัน

1.1.5 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างหอยตลับในจุดถัดไป จะใช้ระยะห่างเป็น 100 เมตร ตลอดไปจนถึงระยะทางที่น้ำลดต่ำสุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาน้ำลดต่ำสุดของแต่ละวัน

ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix* spp.) นั้น หลังจากที่ได้เก็บตัวอย่างหอยตลับได้ จะทำการรวบรวมหอยตลับให้เป็น 4 โซน ขนาด 500x500 เมตร สำหรับ (*Meretrix casta*) จะแบ่งโซนเก็บตัวอย่าง เป็น โซน A โซน B โซน C และ โซน D ส่วน (*Meretrix meretrix*) จะแบ่งโซนเก็บตัวอย่าง เป็น โซน A-B และ โซน C-D (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix* spp.) ดินตะกอน และน้ำทะเล

โดย โซน A เป็นตัวแทนของพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยระยะทาง 0 – 500 เมตร จากฝั่ง

โซน B เป็นตัวแทนของพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยระยะทาง 500 – 1000 เมตร จากฝั่ง

โซน C เป็นตัวแทนของพื้นที่รองรับน้ำที่มาจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยระยะทาง 0 – 500 เมตร จากฝั่ง ที่ได้รับน้ำที่จากชุมชนบริเวณคลองอีแอค

โซน D เป็นตัวแทนของพื้นที่รองรับน้ำที่มาจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยระยะทาง 500 – 1000 เมตร จากฝั่ง ที่ได้รับน้ำที่จากชุมชนบริเวณคลองอีแอค

1.2 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน

1.2.1 การกำหนดจุดสำหรับเก็บตัวอย่างดินตะกอน ซึ่งจะกำหนดจากการวางแผนเส้นทางเกี่ยวกับจุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนนั้น จะใช้เพียง 5 แนวเส้นทาง (line) เท่านั้น คือ เส้นทางที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

1.2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างนั้นจะพิจารณาจากช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุดของวัน และความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ของโครงการฯ

1.2.3 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 200 เมตร (ไลน์ A)

1.2.4 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 600 เมตร (ไลน์ B)

1.2.5 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 3 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 1,000 เมตร หรือ 1 กิโลเมตร (ไลน์ C)

ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างดินตะกอน นั้น จะทำการเก็บตัวอย่างแบบ composit sample และหลังจากที่เก็บตัวอย่างดินตะกอนได้ จะทำการรวบรวมดินตะกอนให้เป็น 4 โซน คือ โซน A โซน B โซน C และ โซน D โดยการเก็บตัวอย่างดินตะกอนนั้น จะเก็บที่ 2 ระดับความลึก คือ ชั้นบน 0 – 15 cm. และชั้นล่าง 15 – 30 cm.

1.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จะกำหนดจากการวางแผนเส้นทางเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ แต่จะใช้เพียง 5 เส้นทางเท่านั้น คือ เส้นทางที่ 2 4 6 8 และ 10 จากเส้นทางเก็บหอยตลับทั้งหมด 10 เส้นทาง

1.3.1 การกำหนดจุดสำหรับเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ จะกำหนดจากการวางแผนเส้นทางเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ แต่จุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำนั้น จะใช้เพียง 5 แนวเส้นทางเท่านั้น คือ เส้นทางที่ A, B, C, D และ E จากเส้นทางเก็บตัวอย่างหอยตลับทั้งหมด 10 เส้นทาง

1.3.2 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 200 เมตร

1.3.3 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 600 เมตร

1.3.4 กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 3 ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 1,000 เมตร หรือ 1 กิโลเมตร

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ จะแบ่งเป็น 3 แนว คือ แนว A แนว B และแนว C

2. การเก็บตัวอย่าง หอยตลับ ดินตะกอนและคุณภาพน้ำ

2.1 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์หอยตลับ

2.1.1 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหอยตลับ ในแต่ละแนวที่ทำการกำหนดไว้ หลังจากให้น้ำทะเลได้ลดระดับลงจนสามารถเห็นพื้นของหาดทราย โดยวิธีการเก็บอาจจะเก็บด้วยการใช้คราดหรือการใช้เสียมขุดดินเพื่อให้ได้ตัวอย่างของหอยตลับ ซึ่งในบางครั้งอาจได้หอยชนิดอื่นนอกเหนือจากหอยตลับมาด้วย จึงต้องนำมาคัดแยกอีกครั้ง โดยขนาดหอยตลับที่ทำการเก็บ จะมีขนาด 4 เซนติเมตรขึ้นไป

2.1.2 การเก็บตัวอย่างหอยตลับ จะเก็บที่ระดับ 0-15 ซม. ซึ่งขนาดแปลงเก็บตัวอย่างหอยตลับเป็น 1 x 1 เมตร

2.1.3 จดบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ลักษณะทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำบริเวณที่พบหอยตลับ วัน เดือน ปีที่เก็บ เป็นต้น

2.1.4 ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของหอยตลับ โดยวัดความกว้าง ความยาว ความสูง และทำการจดบันทึก

2.1.5 การศึกษาโลหะหนักที่สะสมในหอยตลับ โดยที่นำหอยตลับที่วัดความยาวได้มาทำการแกะเปลือกแร่เนื้อ, หอยตลับต้มโดยนำหอยตลับจำนวน 1 กิโลกรัม ต้มกับน้ำจืด 1,000 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วทำการแกะเปลือกแร่เนื้อ และหอยตลับแช่น้ำทะเล โดยนำหอยตลับจำนวน 1 กิโลกรัม กับน้ำทะเล 1,000 มิลลิลิตร แช่ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการแกะเปลือกแร่เนื้อ หลังจากนั้นนำเนื้อหอยตลับทั้ง 3 การทดลอง ที่ได้บรรจุใส่ถุงพลาสติกชั่งน้ำหนัก, Label, เก็บตัวอย่างเนื้อหอยตลับในกล่องพลาสติก อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างเนื้อหอยตลับส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025) ต่อไป

2.1.6 ความเข้มข้นโลหะหนักในหอยตลับ, หอยตลับต้มและหอยตลับแช่น้ำทะเลตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน AOAC (2005) ตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน Standard method for examination of water and wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2005) ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) ข้อทำการวิเคราะห์ทางสถิติของโลหะหนักในแต่ละขนาดของหอยตลับ ใช้โปรแกรม SPSS โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance หรือ ANOVA)

2.2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ดินตะกอน ดังนี้

2.2.1 ในช่วงเวลาน้ำทะเลลดต่ำสุด ทำการวางท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ในแปลงสุ่มตัวอย่างหอยตลับขนาด 1 x 1 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 แนวเส้นทาง คือ เส้นทางที่ A, B, C, D และ E ในระยะที่ 200 600 และ 1,000 เมตร

2.2.2 ทำการวางท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร บริเวณข้างแปลงสุ่ม ตัวอย่างหอยตลับขนาด 1 x 1 เมตร หลังจากนั้นทำการเก็บดินตะกอนที่ระดับความลึก 0 – 15 ซม. และ 15 – 30 ซม. ที่อยู่ภายในท่อพีวีซีมาฝั่งแคคไให้แห้ง แล้วบดดินเพื่อนำดินวิเคราะห์หาปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (organic matter) โดยวิธี ของ Walkley-Black method (Allison, 1965) หาขนาดและ จัดชนิดของอนุภาคดินตาม Wentworth Grade Classification (Buchanan, 1984)

2.2.3 ทั้งนี้จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนจะทำการเก็บทั้ง 5 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ A, B, C, D และ E ในระยะที่ 200 600 และ 1,000 เมตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน บริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย

2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ โลหะหนัก

ในการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำนั้น จะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำทะเลลงต่ำสุด จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปวิเคราะห์โลหะหนักต่อไป โดยกำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 (A) ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 200 เมตร กำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 (B) ของ แต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 600 เมตร และกำหนดให้จุด

เก็บตัวอย่างจุดที่ 3 (C) ของแต่ละแนวเส้นทาง มีระยะห่างออกจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 1,000 เมตร หรือ 1 กิโลเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ทำการศึกษาโลหะหนักจำนวน 6 ตัว คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb)



ผลและวิจารณ์

ผล

1. ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียและตะกอนน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริจากพระราชดำริ ได้จัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการกำจัดน้ำเสีย และกำจัดขยะมูลฝอยโดยเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อนำผลผลิตที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียและการกำจัดขยะมูลฝอยให้เกิดประโยชน์ต่อไป เพื่อสนองความต้องการในการบำบัดน้ำเสียและขยะมูลฝอยในเทศบาลเมืองเพชรบุรี เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่งทะเล เช่น สัตว์น้ำและป่าชายเลนให้มีสภาพสมบูรณ์สืบไป

เทศบาลเมืองเพชรบุรี ตั้งอยู่พื้นที่ของอำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ทั้งสิ้น 5.4 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็น 2 ตำบล คือ ตำบลท่าราบและตำบลคลองกระแซง โดยมีแม่น้ำเพชรบุรีไหลผ่านกลาง ด้านทิศเหนือของตำบลคลองกระแซงมีภูเขาแม่โห้สวรค์ซึ่งเป็นที่ตั้งของพระนครคีรีและภูเขาพนมขวิด พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบ มีสถานที่ราชการ สถานศึกษาและที่อยู่อาศัยเป็นส่วนใหญ่ ส่วนฝั่งตำบลท่าราบ พื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เพื่อทำการพานิชยกรรม ที่อยู่อาศัย และเกษตรกรรมบ้างทางตอนล่าง แม่น้ำเพชรบุรีช่วงที่ไหลผ่าน แม่น้ำเพชรบุรี มีความประมาณ 3.7 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 6-10 เมตร

การจัดการน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี ได้มีการสร้างท่อระบายน้ำรวมเพื่อรองรับน้ำจากบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาลและสถานประกอบการต่างๆ ในเขตเทศบาลเมือง และนำน้ำเสียทั้งหมดไปรวมไว้ที่สถานสูบน้ำและบ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง หลังจากนั้นจึงส่งลำเลียงน้ำเสียไปตามท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดิน ไปบำบัดยังพื้นที่บ่อบำบัดน้ำเสีย ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งอยู่ห่างจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีประมาณ 18.5 กิโลเมตร โดยบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเพชรบุรีนั้น จัดสร้างขึ้นตามโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริจากพระราชดำริ มีลักษณะเป็นบ่อดินจำนวน 5 บ่อ ต่ออนุกรมกัน โดยบ่อแรกจัดให้เป็นบ่อดกตะกอน บ่อที่ 2 ถึงบ่อที่ 4 เป็นบ่อฝิ่ง สำหรับบ่อที่ 5 เป็นบ่อปรับสภาพ

บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จัดเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียประเภทกึ่งไร้อากาศมีกระบวนการปฏิกริยาชีวเคมี รวมพื้นที่ของระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 96.33 ไร่

ปริมาณของโลหะหนักในบ่อบำบัดของเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่า โลหะหนักของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีปริมาณของปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม และสารหนู เฉลี่ยเท่ากับ 0.014 0.057 <0.001 0.017 และ 0.014 มิลลิกรัมต่อลิตร จามลำดับ และเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายแล้ว มีปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 0.052 0.006 0.003 0.016 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร

และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียบริเวณต่างๆ ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

พื้นที่ทำการศึกษา	โลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)						อ้างอิง
	ตะกั่ว (Pb)	นิกเกิล (Ni)	สารหนู (As)	โครเมียม (Cr)	แคดเมียม (Cd)	ปรอท (Hg)	
1. ดินตะกอนบริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้งของระบบบำบัด	40.57	22.13	18.27	13.20	1.67	0.011	อริษฐาน, 2544
2. ดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ	22.13	16.80	4.56	16.79	0.76	0.20	อริษฐาน, 2544
3. ดินตะกอนบริเวณชายฝั่ง	21.59	2.69	3.04	1.17	1.03	0.05	อริษฐาน, 2544
4. ตะกอนดินบริเวณบ่อดักตะกอน	48.1	18.4	0.09	37.6	1.7	2.3	นุตา , 2553

2. ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ โดยกำหนดให้จุดเก็บตัวอย่าง เป็นจุด คือ จุด A จุด B จุด C โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ทำการศึกษาโลหะหนักจำนวน 6 ตัว คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb)

3.1 ฤดูฝน

จุด A มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.02 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.17, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.87 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร

จุด B มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.16, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.88 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร

จุด C มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.03 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.16, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.90 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร

ซึ่ง ฤดูฝน (เดือนกันยายน) มี ปริมาณโลหะหนักในน้ำที่มีปริมาณมากที่สุด คือ นิกเกิล (Ni) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.88 (ug/l)

3.2 ฤดูแล้ง

จุด A มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.02 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.18, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.01 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร

จุด B มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.19, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.01 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร

จุด C มีปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.03, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 0.19, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.01, นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 0.01 และ ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ซึ่ง ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม) มี ปริมาณ โลหะหนักในน้ำที่มีปริมาณมากที่สุด คือ สารหนู (As) สารหนู (As) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.16 (ug/l)

สรุปแล้วปริมาณโลหะหนักในน้ำที่มีปริมาณมากที่สุด คือ นิกเกิล (Ni) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.45 (ug/l) และรองลงมา คือ สารหนู (As) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.18 (ug/l) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง จุด A, B และ C (ug/l)

โลหะหนัก	ฤดูกาล	A	B	C	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน*
สารหนู (As)	ฤดูฝน	0.18	0.19	0.19	0.19	10 ug/l
	ฤดูแล้ง	0.17	0.16	0.16	0.16	
	รวมทั้งหมด	0.18	0.18	0.18	0.18	
แคดเมียม (Cd)	ฤดูฝน	0.01	0.01	0.01	0.01	5 ug/l
	ฤดูแล้ง	0.01	0.01	0.01	0.01	
	รวมทั้งหมด	0.01	0.01	0.01	0.01	
โครเมียม (Cr)	ฤดูฝน	0.02	0.01	0.03	0.02	100 ug/l
	ฤดูแล้ง	0.02	0.01	0.03	0.02	
	รวมทั้งหมด	0.02	0.01	0.03	0.02	
ปรอท (Hg)	ฤดูฝน	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10 ug/l
	ฤดูแล้ง	0.01	0.01	0.01	0.01	
	รวมทั้งหมด	0.01	0.01	0.01	0.01	
นิกเกิล (Ni)	ฤดูฝน	0.87	0.88	0.90	0.88	ไม่ได้กำหนด
	ฤดูแล้ง	0.01	0.01	0.01	0.01	
	รวมทั้งหมด	0.44	0.45	0.46	0.45	
ตะกั่ว (Pb)	ฤดูฝน	0.03	0.01	0.02	0.02	8.5 ug/l
	ฤดูแล้ง	0.01	0.03	0.05	0.03	
	รวมทั้งหมด	0.02	0.02	0.04	0.03	

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

3. ปริมาณโลหะหนักในดินบริเวณหาดแหลมผักเบี้ย

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน โดยกำหนดให้จุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 โซน คือ โซน (A) , โซน (B), โซน (C) และ โซน (D) โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนชั้นบน และชั้นล่าง ทำการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ทำการศึกษาโลหะหนักจำนวน 6 ตัว คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb)

3.1 ฤดูฝน (เดือนกันยายน)

3.1.1 โซน A

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.274 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 11.192, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 17.307, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.022 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.054 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.534 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.026, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 12.198, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 17.764, ปรอท (Hg)) เท่ากับ 0.049 และ นิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.761 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.1.2 โซน B

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.605, แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 10.436, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 18.088, ปรอท (Hg)) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 2.937 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.998, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.026, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 12.044, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 20.311, ปรอท (Hg)) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.492 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.1.3 โซน C

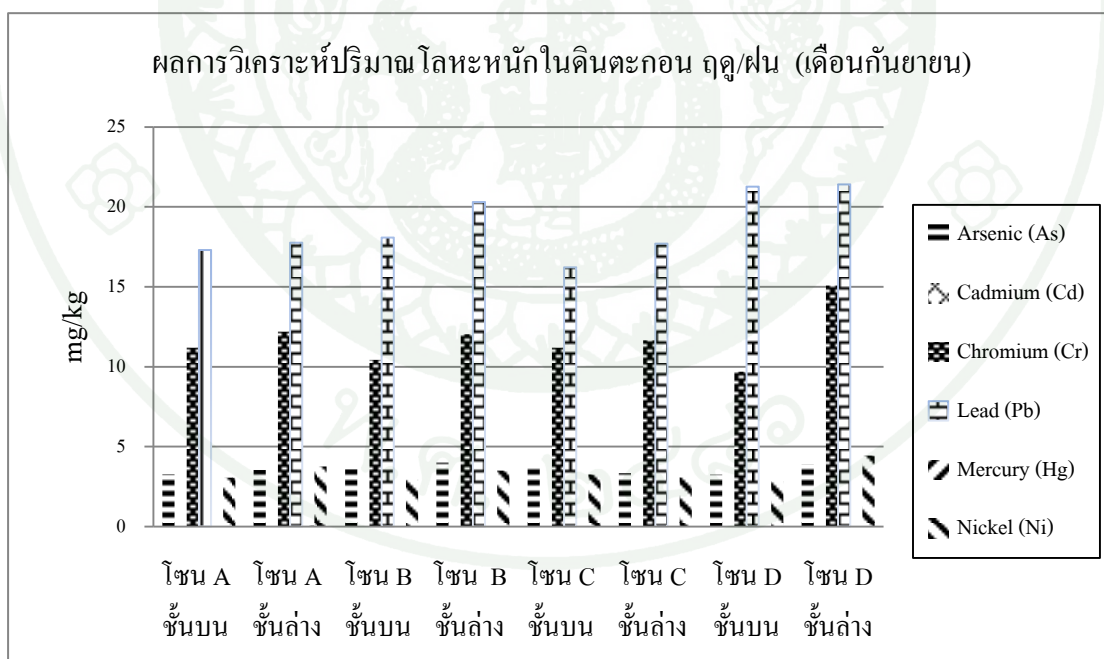
ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.715 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 11.201, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 16.225, ปรอท (Hg)) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.262 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.333 , แคดเมียม (Cd) ไม่พบ (N.D.),

โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 11.661, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 17.697, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.020 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.084 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.1.4 โซน D

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.257 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 9.690, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 21.271, ปรอท (Hg) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 2.830 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.885 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.029, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 15.071, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 21.405, ปรอท (Hg)) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 4.448 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ตะกั่ว (Pb) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.76 (mg/kg) ดังภาพที่ 5 และดังตารางที่ 4



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูฝน (เดือนกันยายน)

3.2 ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม)

3.2.1 โซน A

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.530, แคดเมียม (Cd) ไม่พบ (N.D.) , โครเมียม (Cr) เท่ากับ 10.725, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 18.180,ปรอท (Hg) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 2.995 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.278 , แคดเมียม (Cd) ไม่พบ (N.D.), โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 12.510, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 19.795, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.024 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.187 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.2.2 โซน B

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 2.946, แคดเมียม (Cd) ไม่พบ (N.D.) , โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 10.089, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 19.821, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.021 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 2.788 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่าง มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.531 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 12.420, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 20.860, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.030 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.699 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.2.3 โซน C

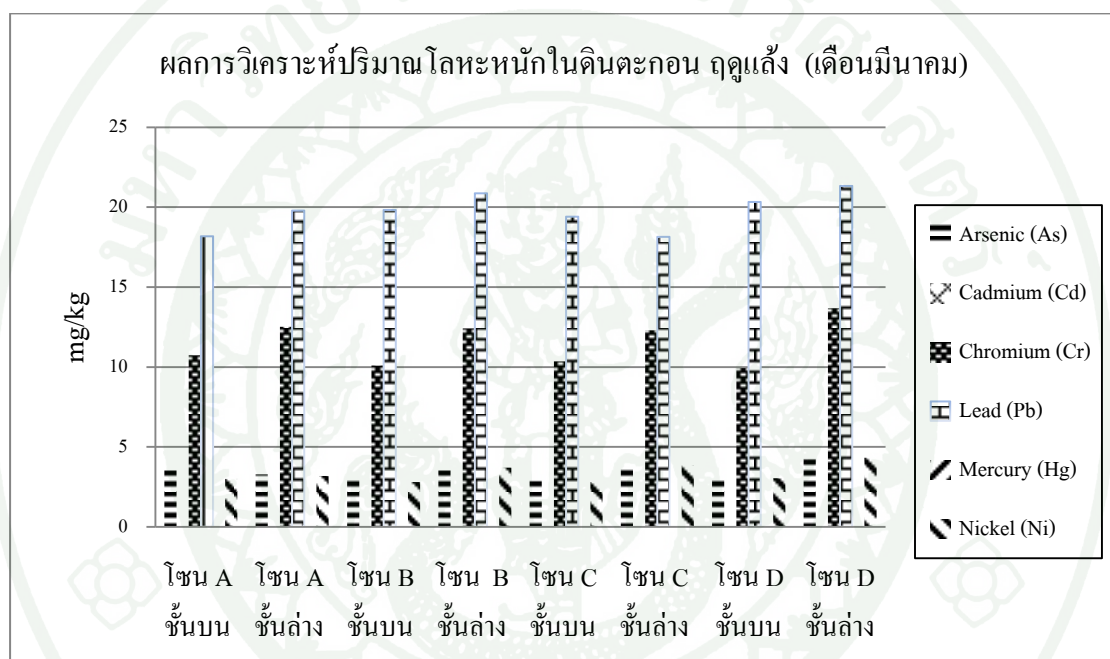
ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 2.896, แคดเมียม (Cd) ไม่พบ (N.D.), โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 10.354, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 19.415, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.026 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 2.790 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม C ดินชั้นล่างมีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.725 , แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 12.298, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 18.154, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.024 และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.842 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.2.4 โซน D

ดินชั้นบน มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 3.014, แคดเมียม (Cd) น้อยกว่า 0.025, โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 9.940, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 20.338, ปรอท (Hg) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 3.047 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่างมีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 4.261 , แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.027,

โครเมียม (Cr)) เท่ากับ 13.670, ตะกั่ว (Pb)) เท่ากับ 21.338,ปรอท (Hg) ไม่พบ (N.D.) และนิกเกิล (Ni)) เท่ากับ 4.321 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โดยสรุปปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ในฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม) มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ตะกั่ว (Pb) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.74 (mg/kg) ดังภาพที่ 6 และดังตารางที่ 5 และเมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนในฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลปรากฏว่าปริมาณโลหะหนัก ในดินตะกอนที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ตะกั่ว (Pb) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.25 (mg/kg)



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูฝน (เดือนกันยายน)

โลหะหนัก	ฤดูฝน (เดือน กันยายน)								ค่ามาตรฐาน (mg/kg)
	โซน (A)		โซน (B)		โซน (C)		โซน (D)		
	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	
Arsenic (As)	3.274	3.534	3.605	3.998	3.715	3.333	3.257	3.885	27
Cadmium (Cd)	<0.025	0.026	<0.025	0.026	<0.025	N.D	<0.025	0.029	810
Chromium (Cr)	11.192	12.198	10.436	12.044	11.201	11.661	9.690	15.071	640
Lead (Pb)	17.307	17.764	18.088	20.311	16.225	17.697	21.271	21.405	750
Mercury (Hg)	0.022	0.049	N.D	N.D	N.D	0.020	N.D	N.D	610
Nickel (Ni)	3.054	3.761	2.937	3.492	3.262	3.084	2.830	4.448	4100

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจาก การอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม)

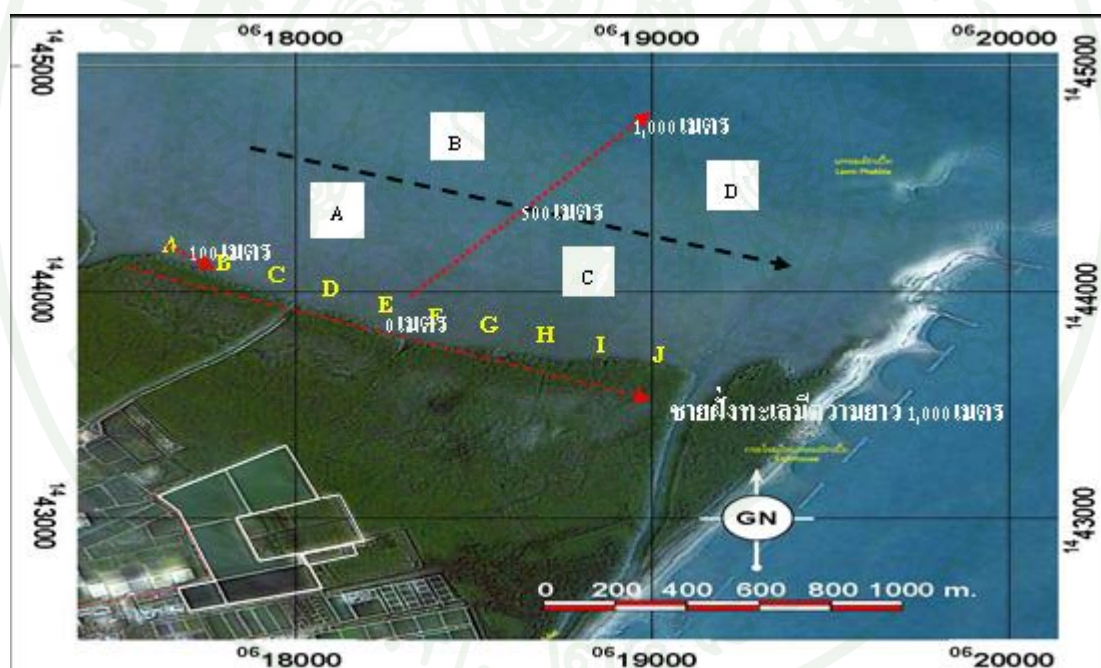
โลหะหนัก	ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม)								ค่ามาตรฐาน (mg/kg)
	โซน (A)		โซน (B)		โซน (C)		โซน (D)		
	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	ชั้นบน (mg/kg)	ชั้นล่าง (mg/kg)	
Arsenic (As)	3.530	3.278	2.946	3.531	2.896	3.725	3.014	4.261	27
Cadmium (Cd)	N.D	N.D	N.D	<0.025	N.D	<0.025	<0.025	0.027	810
Chromium (Cr)	10.725	12.510	10.089	12.420	10.354	12.298	9.940	13.670	640
Lead (Pb)	18.180	19.795	19.821	20.869	19.415	18.154	20.338	21.338	750
Mercury (Hg)	N.D (0.010)	0.024	0.021	0.030	0.026	0.024	N.D	N.D	610
Nickel (Ni)	2.995	3.187	2.788	3.699	2.790	3.842	3.047	4.312	4100

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจาก การอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

4. ปริมาณโลหะหนักในหอยตลับ

4.1 ปริมาณโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix casta*)

การศึกษาโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix casta*) นั้น จะทำการศึกษาโลหะหนักในหอยตลับตามพฤติกรรม คือ โลหะหนักในหอยตลับ, โลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับ, โลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม, โลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ, โลหะหนักในหอยตลับแช่น้ำ และโลหะหนักในน้ำแช่หอยตลับ โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นโซน จำนวน 4 โซน ดังภาพที่ 7 คือ โซน A, โซน B, โซน C และ โซน D ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ทำการศึกษาโลหะหนักจำนวน 6 ตัว คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr),ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb)



ภาพที่ 7 การแบ่งโซนในการเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix casta*)

4.1.1 เนื้อหอยสด

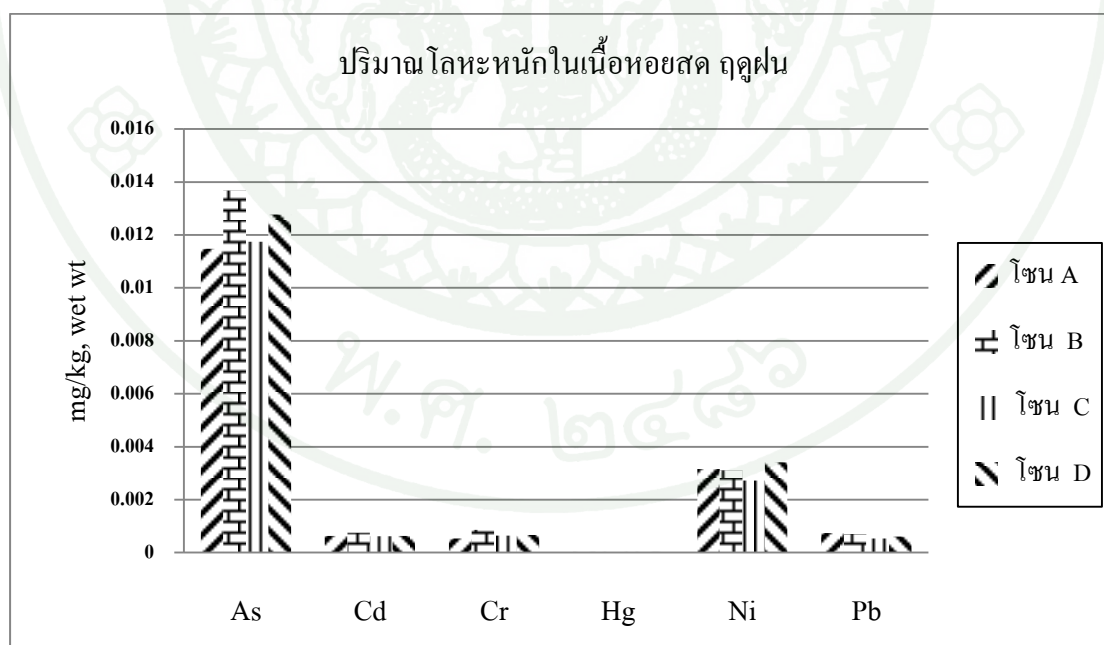
1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01148, 0.00066, 0.00053, 0.00003, 0.00316 และ 0.00074 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01368, 0.00075, 0.00086, 0.00003, 0.00313 และ 0.00070 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01175, 0.00062, 0.00064, 0.00003, 0.00273 และ 0.00053 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01278, 0.00063, 0.00067, 0.00003, 0.00342 และ 0.00061 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด ถูฝุ่น

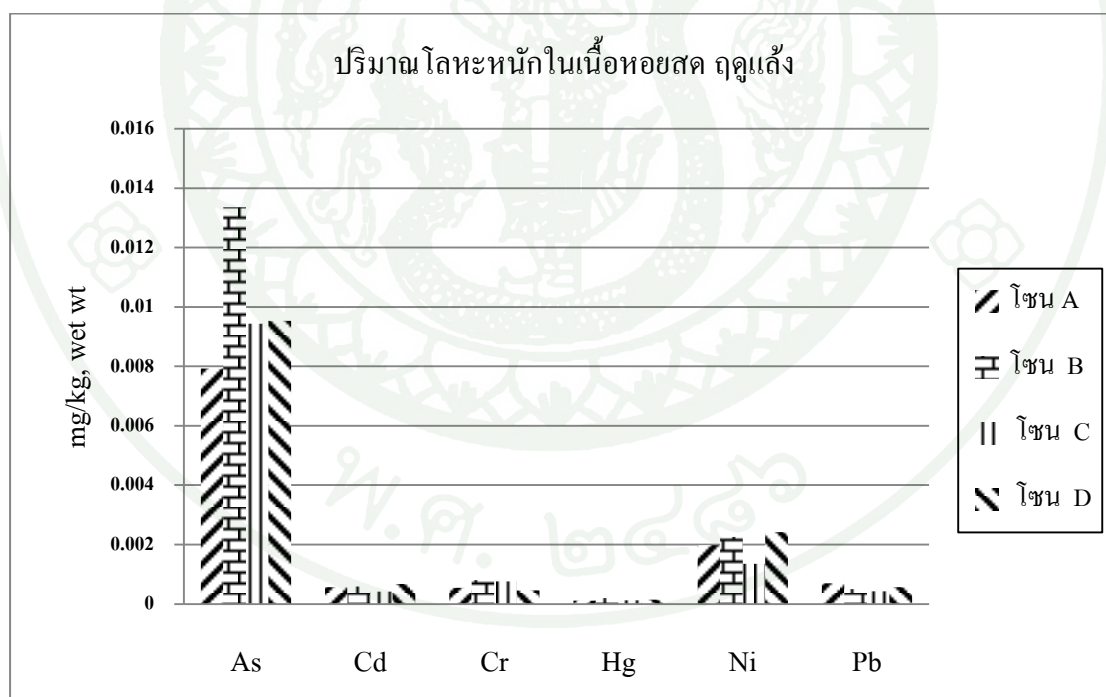
2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00793, 0.00057, 0.00055, 0.00011, 0.000198 และ 0.00070 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01336, 0.00059, 0.00080, 0.00020, 0.000226 และ 0.00050 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00944, 0.00042, 0.00076, 0.00013, 0.000135 และ 0.00043 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00953, 0.00067, 0.00046, 0.00015, 0.000242 และ 0.00057 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด ฤดูแล้ง

4.1.2 น้ำในหัวหอยสด

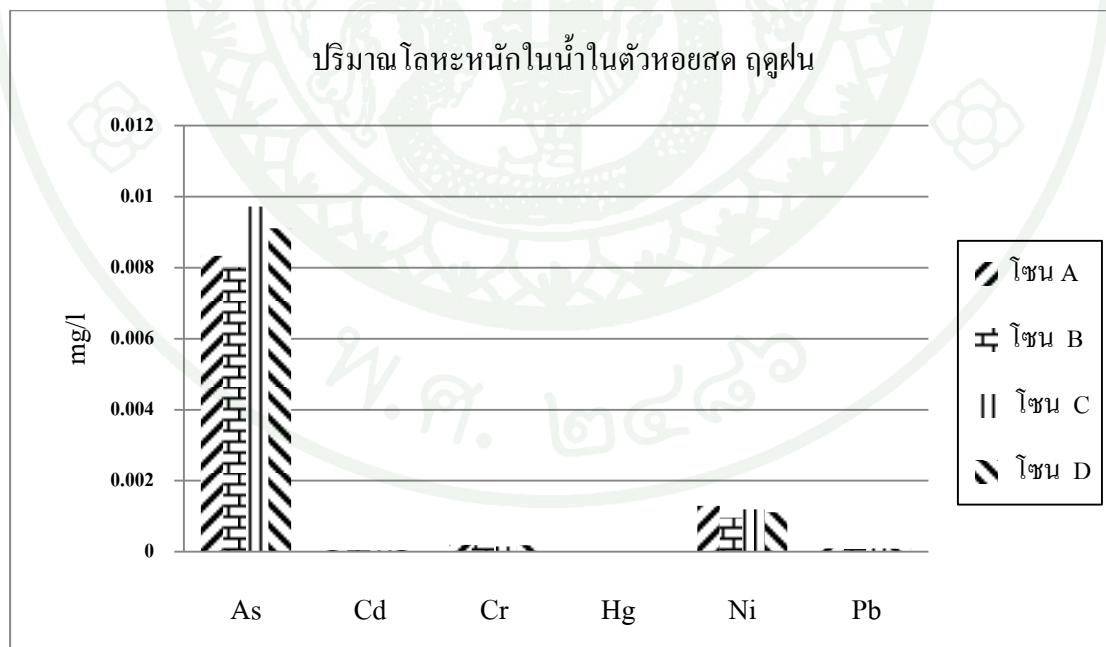
1) ฤดูกาล

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00833, 0.00005, 0.00019, 0.00001, 0.000129 และ 0.00009 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00800, 0.00005, 0.00018, 0.00001, 0.00096 และ 0.00007 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00972, 0.00004, 0.00015, 0.00001, 0.000119 และ 0.00009 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00911, 0.00005, 0.00018, 0.00001, 0.00111 และ 0.00008 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในหัวหอยสด ฤดูกาล

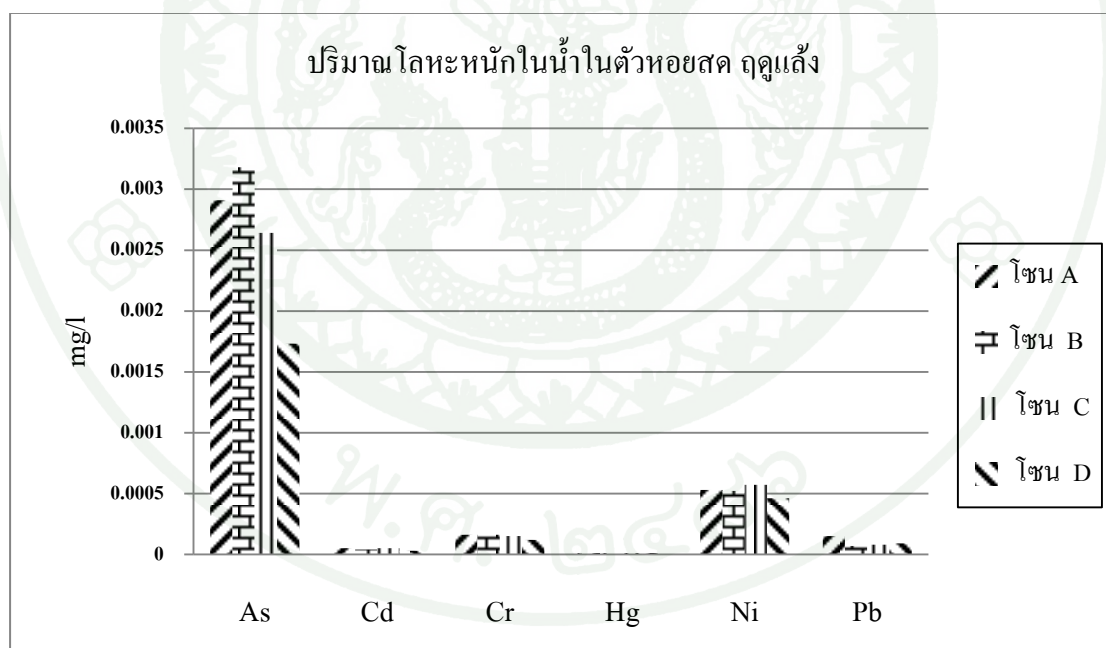
2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00291, 0.00005, 0.00016, 0.00001, 0.00053 และ 0.00015 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00318, 0.00004, 0.00016, 0.00001, 0.00052 และ 0.00007 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00264, 0.00005, 0.00015, 0.00001, 0.00057 และ 0.00008 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00173, 0.00003, 0.00012, 0.00001, 0.00046 และ 0.00009 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างสด ฤดูแล้ง

4.1.3 เนื้อหอยตลับแช่น้ำ

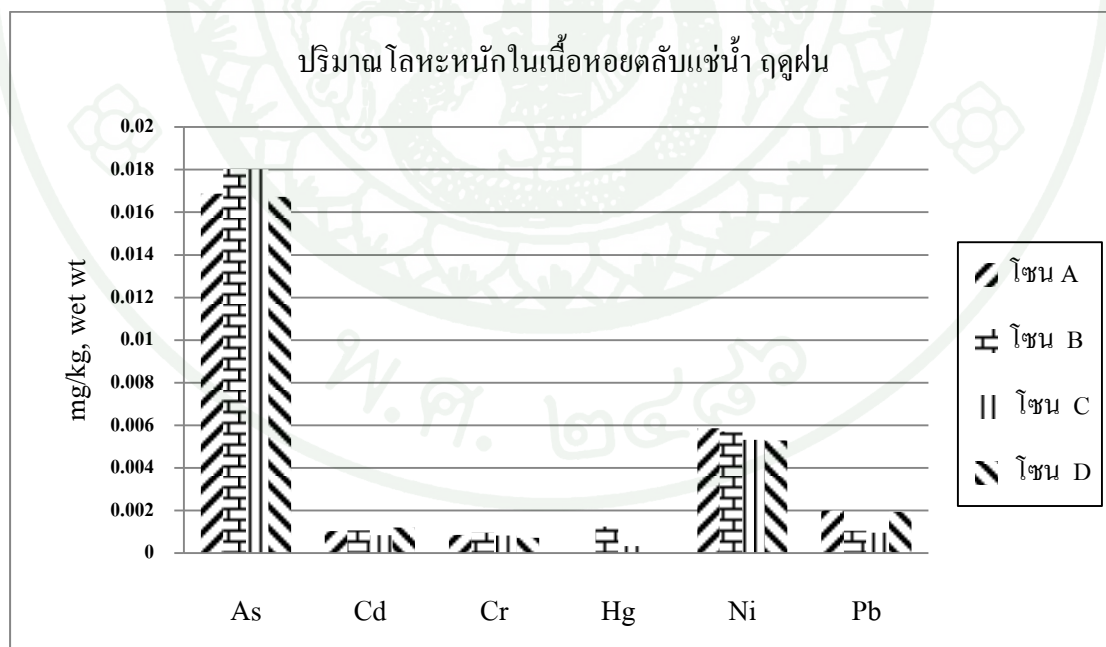
1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01688, 0.00104, 0.00086, ND, 0.00587 และ 0.00200 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01803, 0.00107, 0.00096, 0.00125, 0.00571 และ 0.00105 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01802, 0.00084, 0.00015, 0.00083, 0.00533 และ 0.00097 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01673, 0.00121, 0.00073, ND, 0.00529 และ 0.00194 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ถูฝุ่น

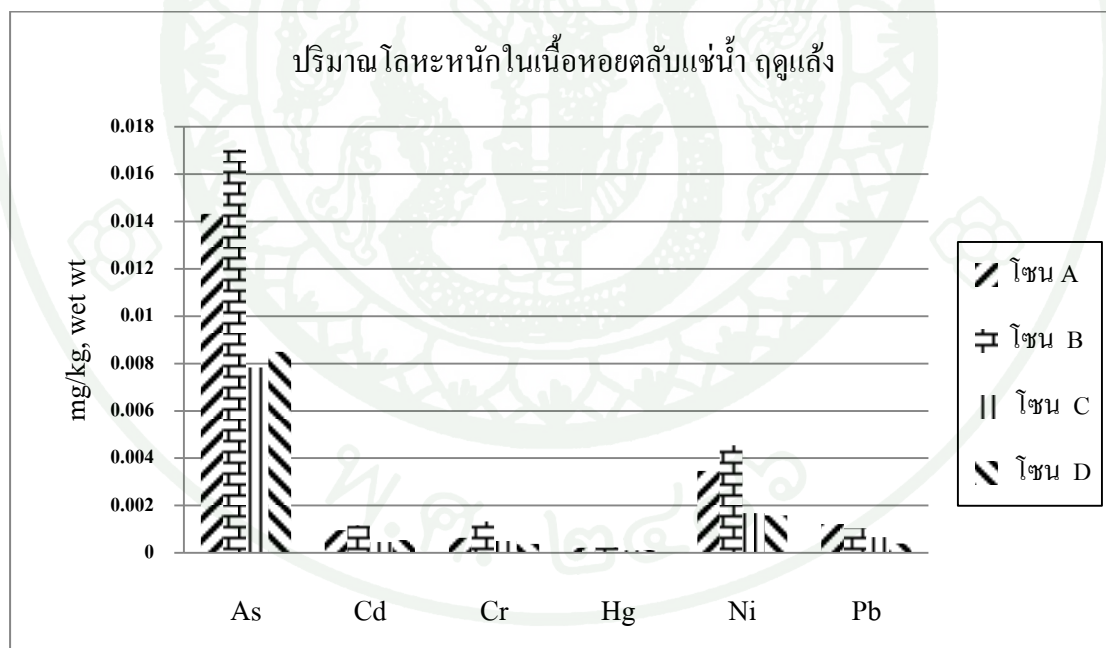
2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01433, 0.00097, 0.00064, 0.00022, 0.00346 และ 0.00122 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01740, 0.00117, 0.00133, 0.00023, 0.00455 และ 0.00104 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00783, 0.00046, 0.00051, 0.00011, 0.00168 และ 0.00066 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอย ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.0085, 0.00054, 0.00038, 0.00012, 0.00159 และ 0.00040 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ฤดูแล้ง

4.1.4 น้ำในตัวอย่างกลับแช่น้ำ

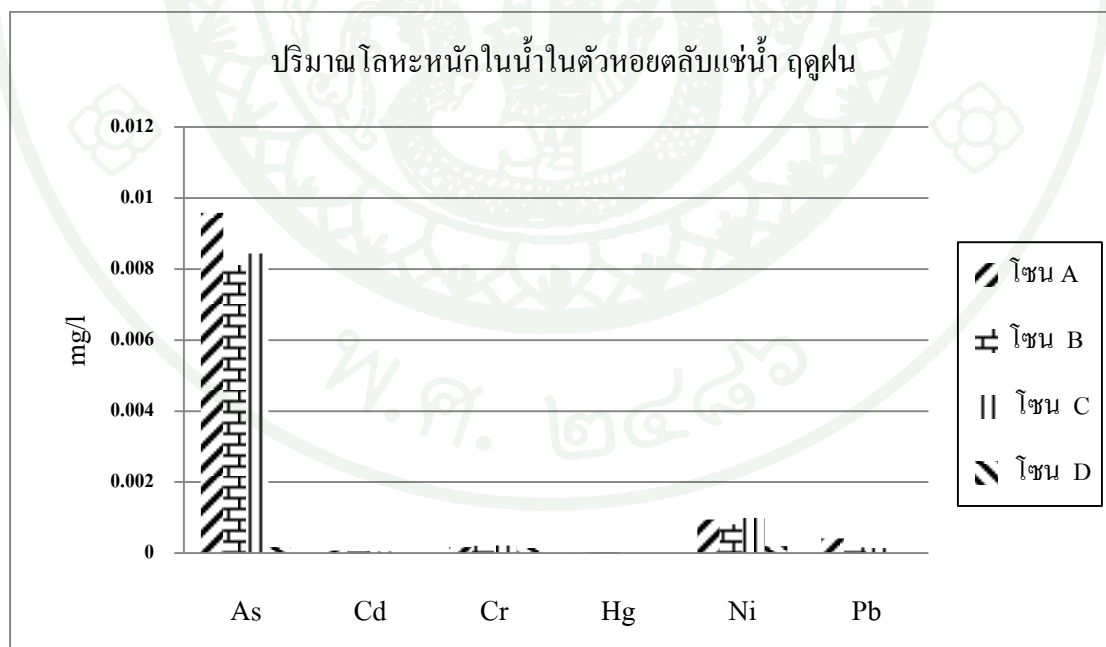
1) ฤดูฝน

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00959, 0.00007, 0.00017, 0.00002, 0.00095 และ 0.00042 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00812, 0.00006, 0.00021, 0.00003, 0.00081 และ 0.00016 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00844, 0.00005, 0.00022, 0.00001, 0.00099 และ 0.00015 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00017, ND., 0.00015, 0.00001, 0.00020 และ 0.00001 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างกลับแช่น้ำ ฤดูฝน

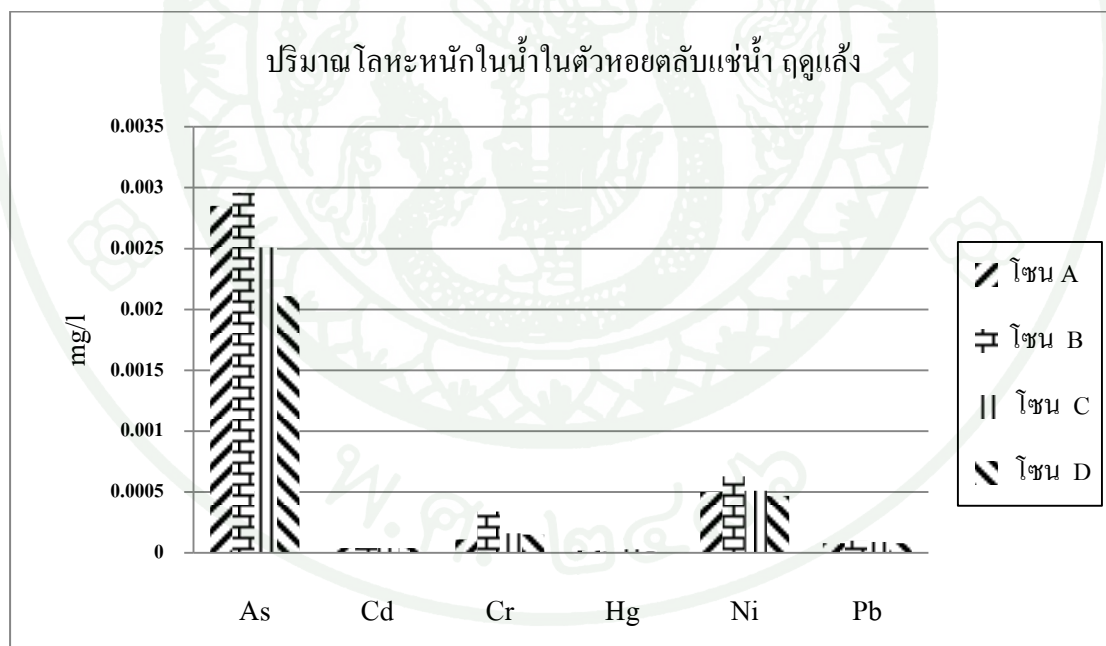
2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00285, 0.00004, 0.00011, 0.00002, 0.00050 และ 0.00008 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00296, 0.00004, 0.00034, 0.00001, 0.00063 และ 0.00010 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00251, 0.00004, 0.00016, 0.00003, 0.00051 และ 0.00009 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00211, 0.00004, 0.00015, 0.00001, 0.00047 และ 0.00008 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างตลับแช่น้ำ ฤดูแล้ง

4.1.5 เนื้อหอยตลับต้ม

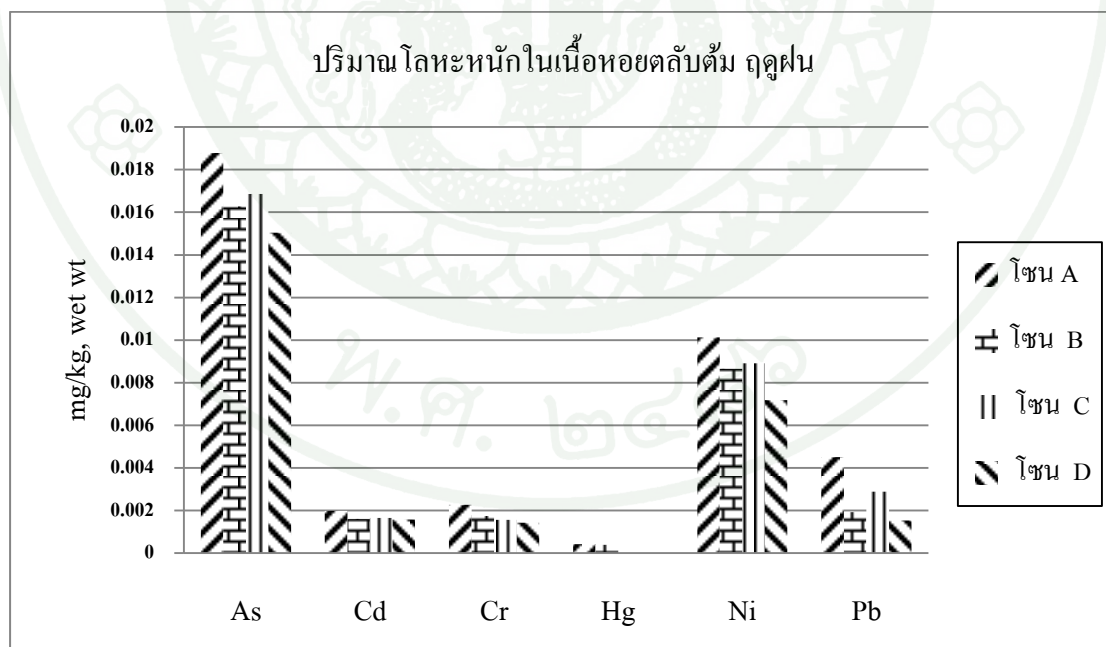
1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01878, 0.00198, 0.00228, 0.00043, 0.01013 และ 0.00451 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01627, 0.00161, 0.00174, 0.00040, 0.00866 และ 0.00192 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01686, 0.00166, 0.00157, 0.00001, 0.00719 และ 0.00153 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.01505, 0.00158, 0.00143, 0.00001, 0.00891 และ 0.00289 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม ถูฝุ่น

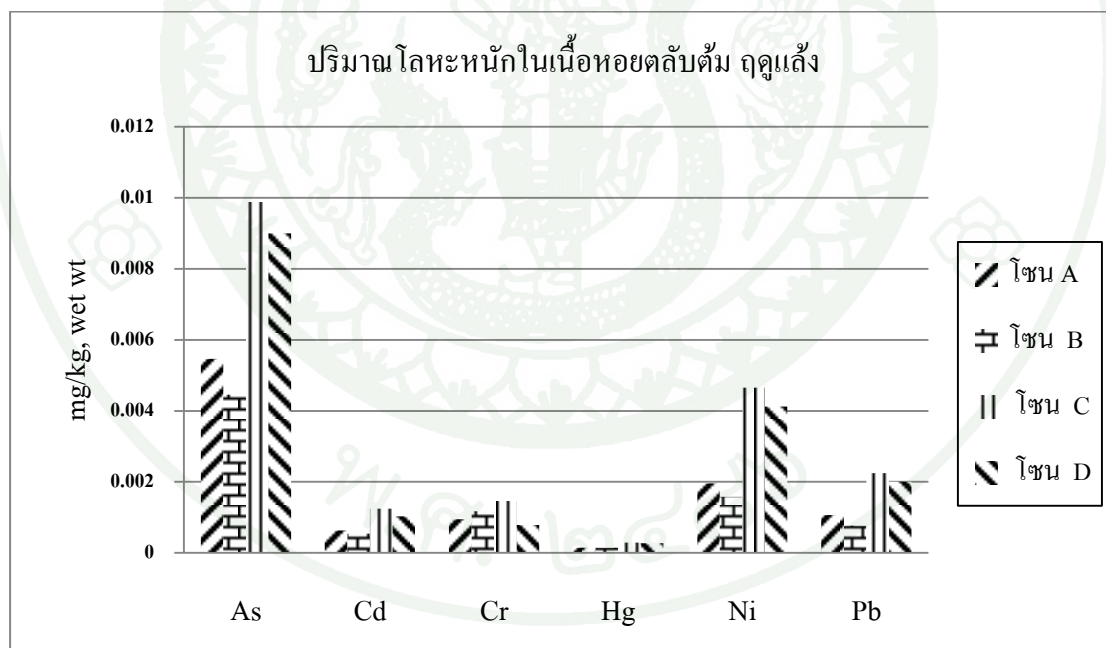
2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00547, 0.00063, 0.00095, 0.00015, 0.00196 และ 0.00107 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00446, 0.00054, 0.00117, 0.00015, 0.00158 และ 0.00077 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(3) โชน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00988, 0.00125, 0.00146, 0.00029, 0.00465 และ 0.00225 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(4) โชน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต้ม ดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00900, 0.00103, 0.00079, 0.00027, 0.00412 และ 0.00200 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยต๋ับต้ม ฤดูแล้ง

4.1.6 น้ำดื่มหอยตลับ

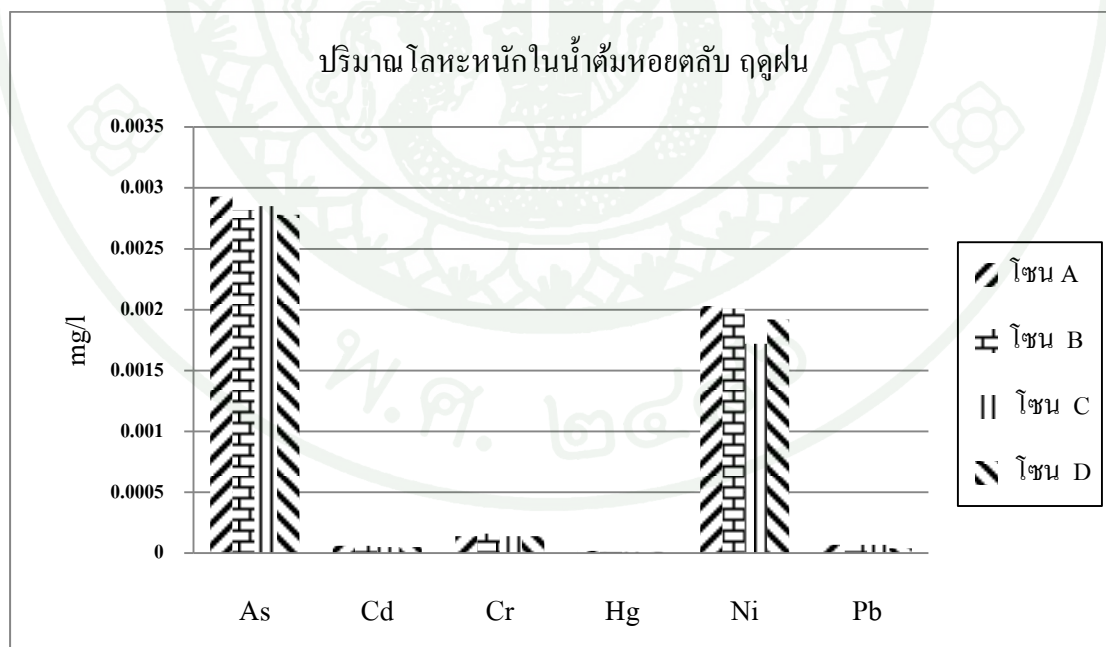
1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00293, 0.00006, 0.00014, 0.00002, 0.00203 และ 0.00007 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00282, 0.00006, 0.00016, 0.00001, 0.00201 และ 0.00007 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00285, 0.00005, 0.00014, 0.00001, 0.00172 และ 0.00007 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00278, 0.00005, 0.00014, 0.00001, 0.00192 และ 0.00004 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ปริมาณโลหะหนักในน้ำดื่มหอยตลับ ถูฝุ่น

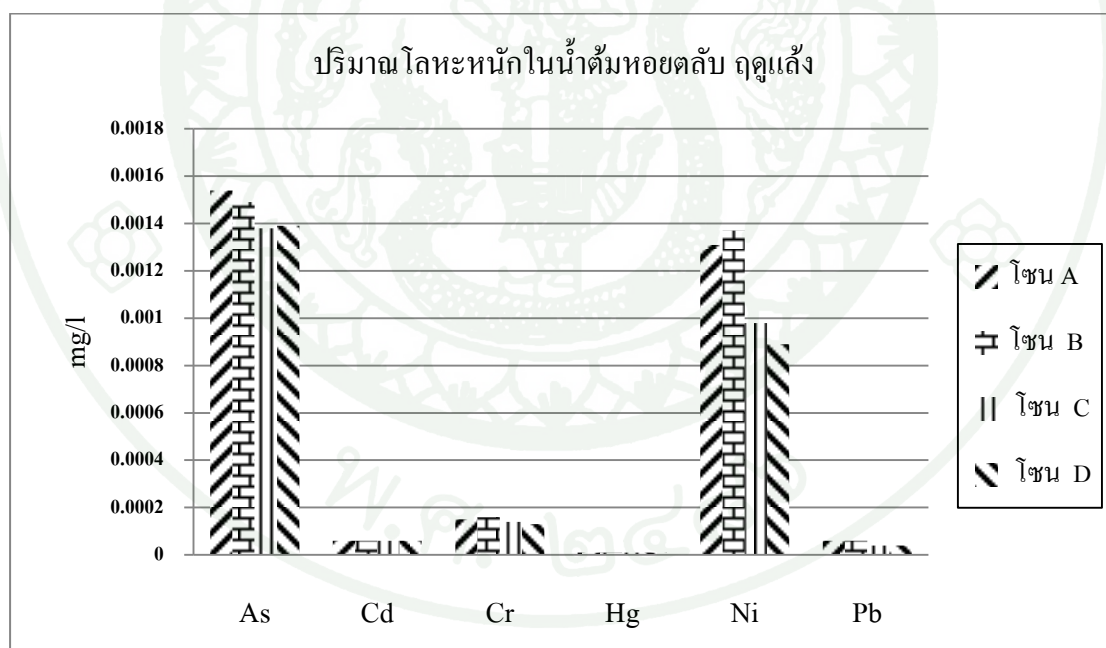
2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำตมหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00154, 0.00006, 0.00015, 0.00001, 0.000131 และ 0.00006 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำตมหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00149, 0.00006, 0.00016, 0.00001, 0.00137 และ 0.00006 (mg/l) ตามลำดับ

(3) โซน C มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำตมหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00138, 0.00006, 0.00014, 0.00001, 0.00098 และ 0.00004 (mg/l) ตามลำดับ

(4) โซน D มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำตมหอยตลับดังนี้ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท(Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) คือ 0.00139, 0.00006, 0.00013, 0.00001, 0.00089 และ 0.00004 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ปริมาณโลหะหนักในน้ำตมหอยตลับ ฤดูแล้ง

จากการศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย พบว่า มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในเนื้อหอยตลับ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01125, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ

0.00061, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00066,ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00009,นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00256 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00060 (mg/kg, wet wt)

มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00571, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00005, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00017, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00083 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00009 (mg/L)

มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม สารหนู (As) เท่ากับ 0.01331, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00148, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00161, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00033, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00669 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00248 (mg/kg, wet wt)

มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00274, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00005, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00015, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00005, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00008 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00122 (mg/L)

มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในเนื้อหอยแช่น้ำทะเล สารหนู (As) เท่ากับ 0.01468, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00092, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00079, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00048, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00419 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00116 (mg/kg, wet wt)

มีค่าเฉลี่ยโลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00460, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00005, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00019, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00064 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00014 (mg/L)

ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ถือว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน สามารถรับประทานได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย

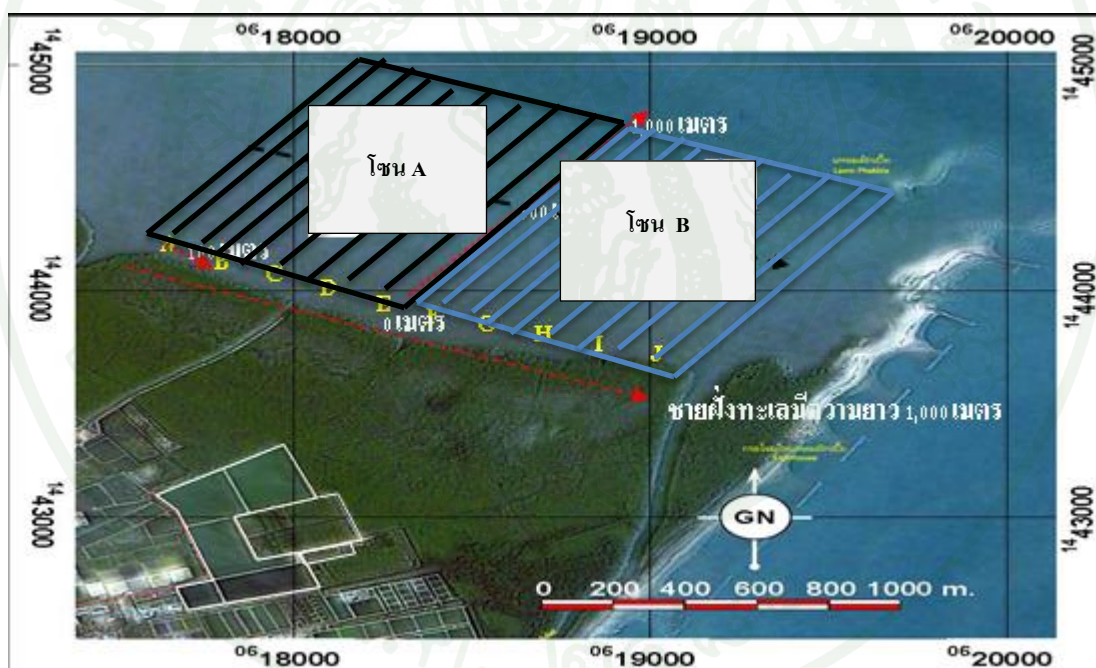
ดัชนี	โลหะหนัก					
	สารหนู (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยตลับ (mg/kg, wet wt)	0.01125	0.00061	0.00066	0.00009	0.00256	0.00060
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวหอยตลับ (mg/L)	0.00571	0.00005	0.00017	0.00001	0.00083	0.00009
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยตลับต้ม (mg/kg, wet wt)	0.01331	0.00148	0.00161	0.00033	0.00669	0.00248
ค่าเฉลี่ยน้ำต้มหอยตลับ (mg/L)	0.00274	0.00005	0.00015	0.00005	0.00008	0.00122
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยแช่น้ำทะเล (mg/kg, wet wt)	0.01468	0.00092	0.00079	0.00048	0.00419	0.00116
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวหอยแช่น้ำทะเล (mg/L)	0.00460	0.00005	0.00019	0.00002	0.00064	0.00014
ค่ามาตรฐาน						
กระทรวงสาธารณสุข* (mg/kg, wet wt)	2	2	2	0.5		1
Department of Health**		3		1		4

หมายเหตุ * กระทรวงสาธารณสุข พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98

** Department of Health (South Africa)

4.2 ปริมาณโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*)

การศึกษาโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) นั้น จะทำการศึกษาโลหะหนักในหอยตลับตามพฤติกรรม คือ โลหะหนักในหอยตลับ, โลหะหนักในน้ำในตัวหอยตลับ, โลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม, โลหะหนักในน้ำต้มหอยตลับ, โลหะหนักในหอยตลับแช่น้ำ และโลหะหนักในน้ำแช่หอยตลับ โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นโซน จำนวน 2 โซน ดังภาพที่ 20 คือ โซน A (รวมโซน A และ โซน B เข้าด้วยกัน เนื่องจากว่า หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีปริมาณน้อย) และ โซน B (รวมโซน C และ โซน D เข้าด้วยกัน เนื่องจากว่า หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีปริมาณน้อย) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2555) และ ช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556) ทำการศึกษาโลหะหนักจำนวน 6 ตัว คือ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr),ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb)



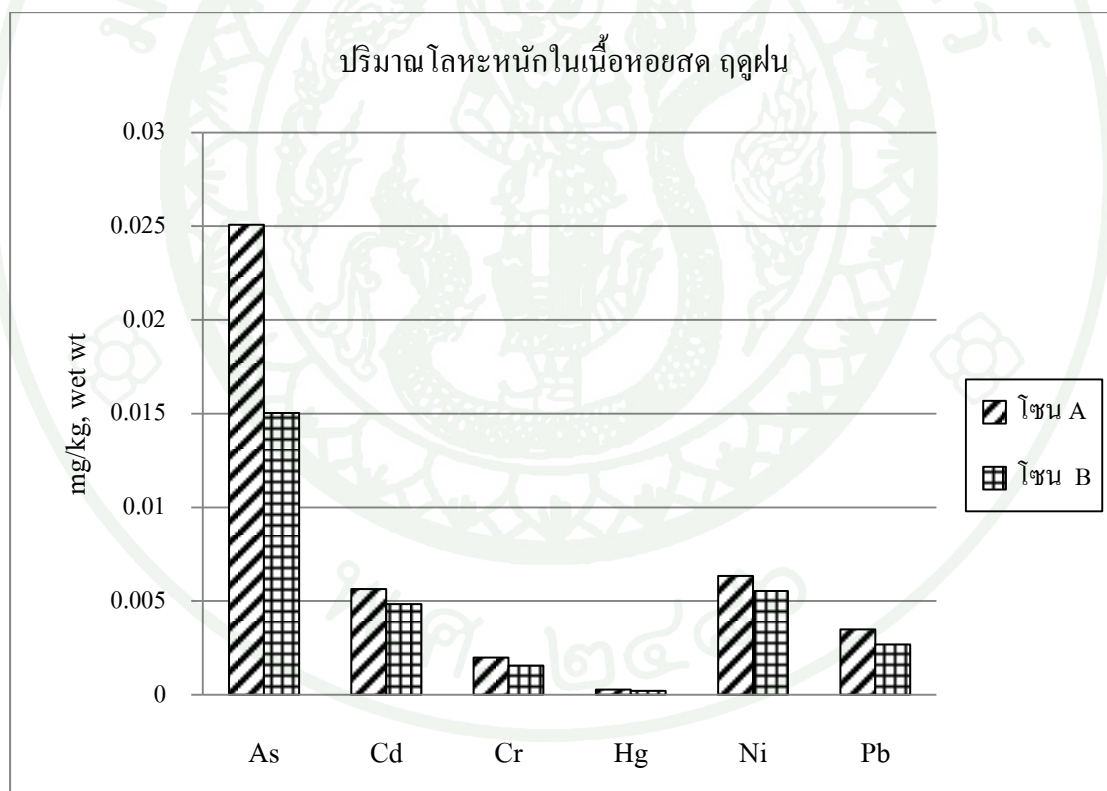
ภาพที่ 20 การแบ่งโซนในการเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix meretrix*)

4.2.1 เนื้อหอยสด

1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.02508, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00563, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00198, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00028, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00634 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00348 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01503, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00438, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00156, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00020, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00554 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00269 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 21

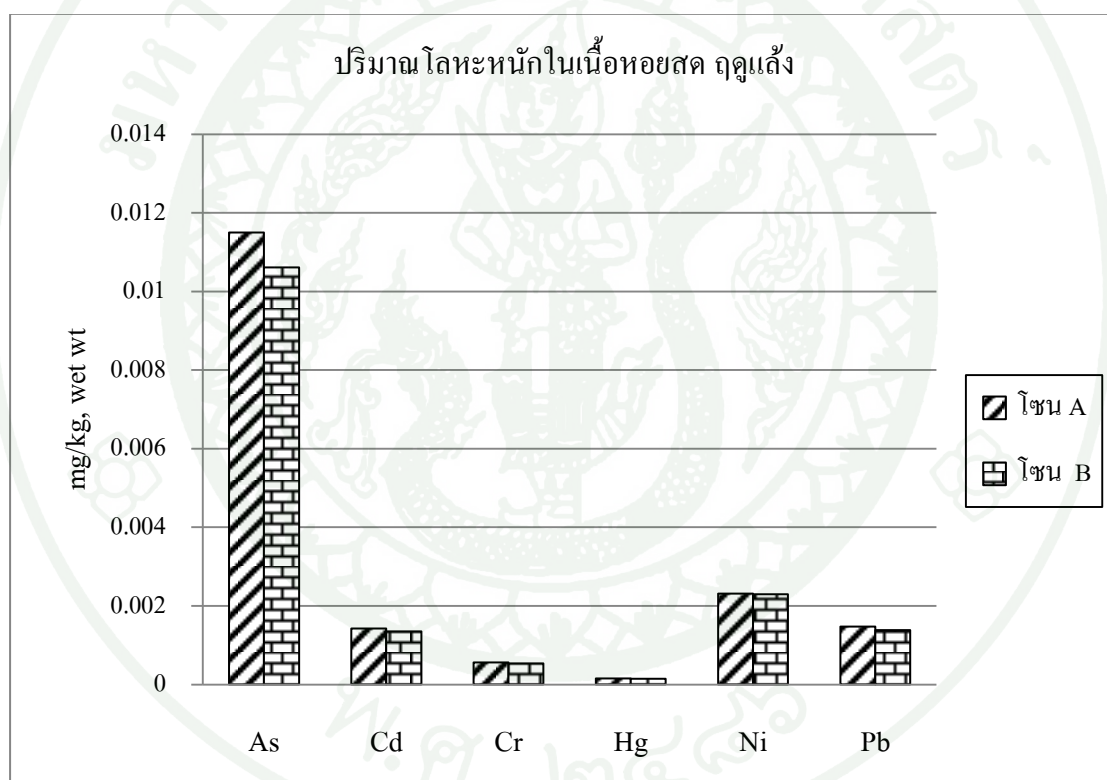


ภาพที่ 21 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด ถูฝุ่น

2) ฤดูแล้ง

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01150, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00142, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00056, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00015, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00231 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00147 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01061, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00135, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00053, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00014, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00229 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00138 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 22



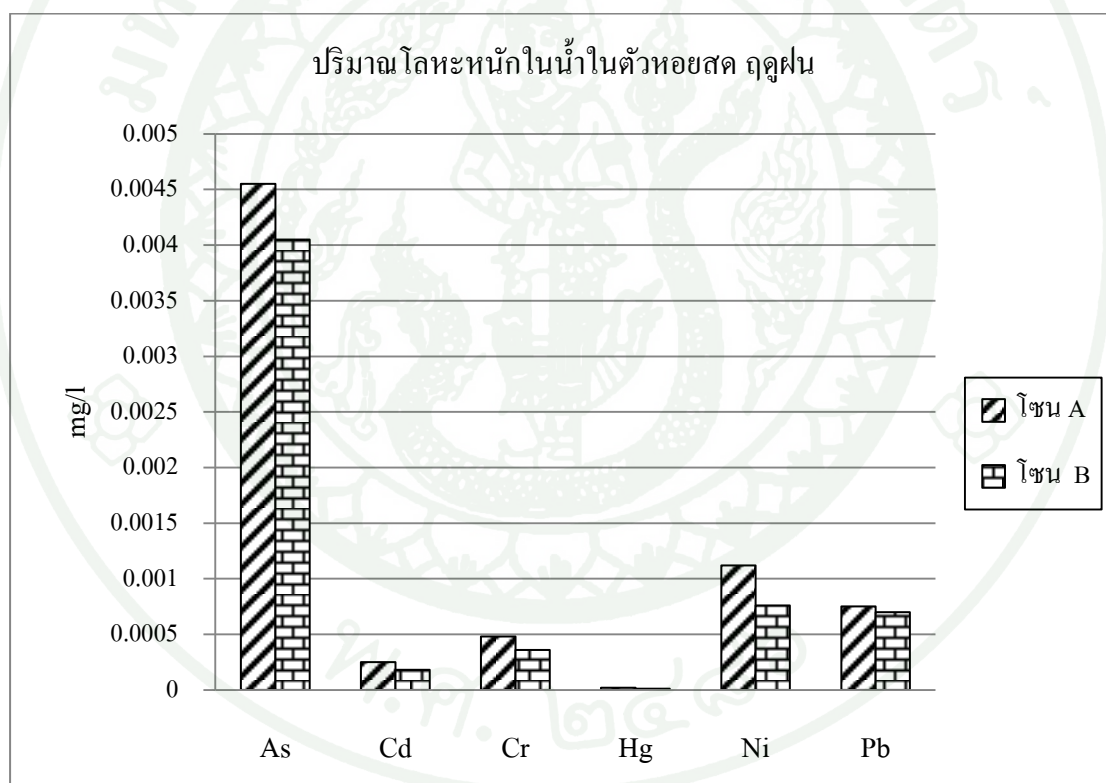
ภาพที่ 22 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยสด ฤดูแล้ง

4.2.2 น้ำในหัวหอยสด

1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00455, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00025, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00048, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00112 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00075 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในหัวหอยสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00405, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00018, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00036, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.0001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00075 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00070 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 23

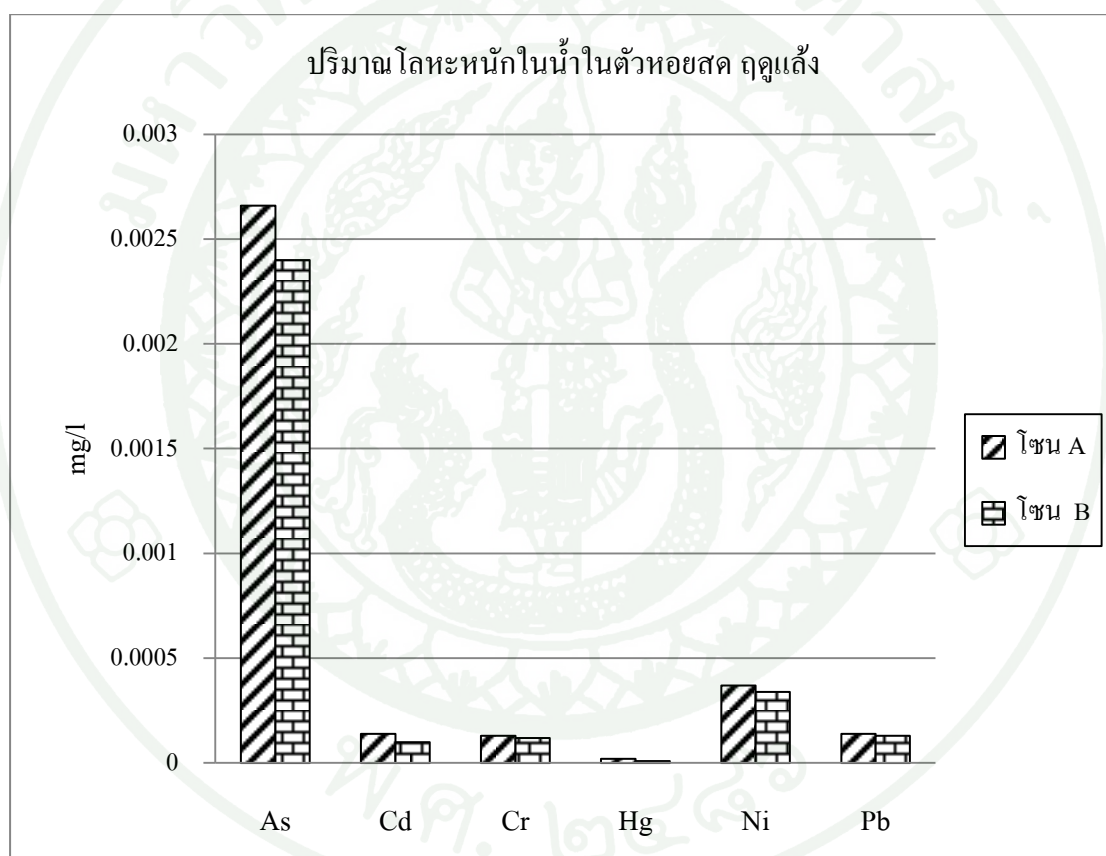


ภาพที่ 23 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในหัวหอยสด ถูฝุ่น

2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00266, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00014, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00013, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00037 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00014 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างสด ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00240, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00010, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00012, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00034 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00013 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 24



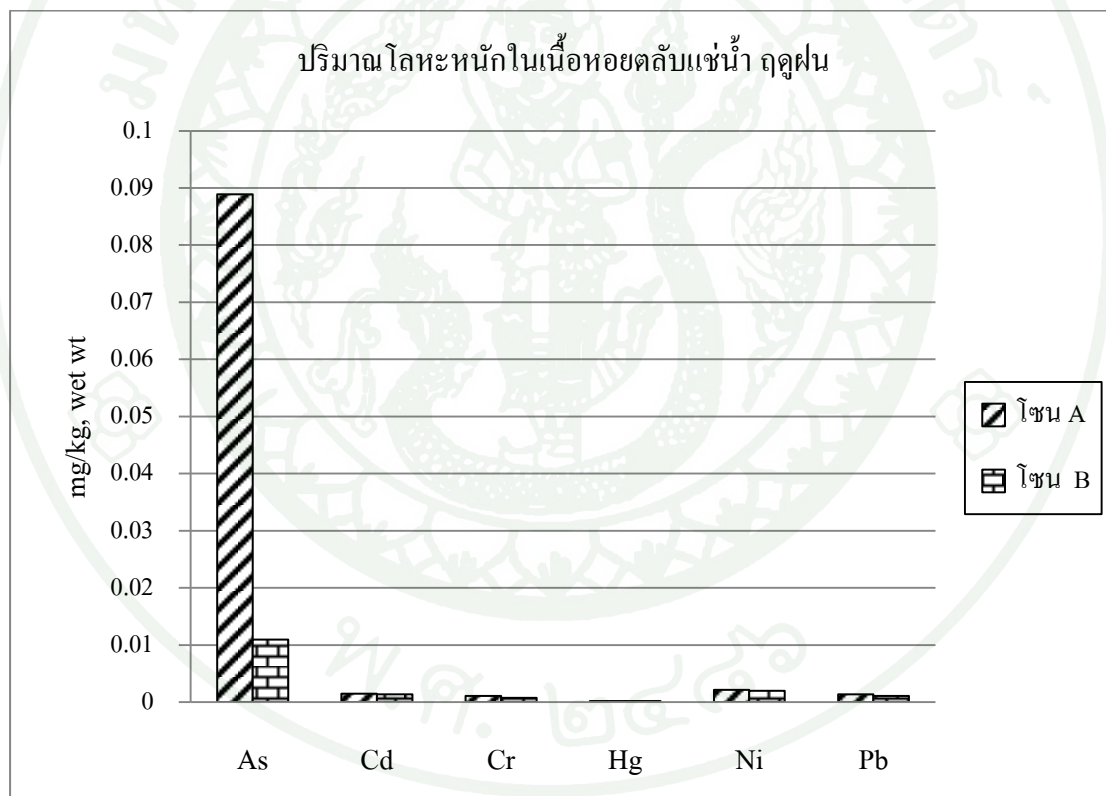
ภาพที่ 24 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างสด ฤดูแล้ง

4.2.3 เนื้อหอยตลับแช่น้ำ

1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.08890, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00143, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00108, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00017, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00215 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00137 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01090, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00134, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.0007, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00015, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00195 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00109 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ
 ดังภาพที่ 25

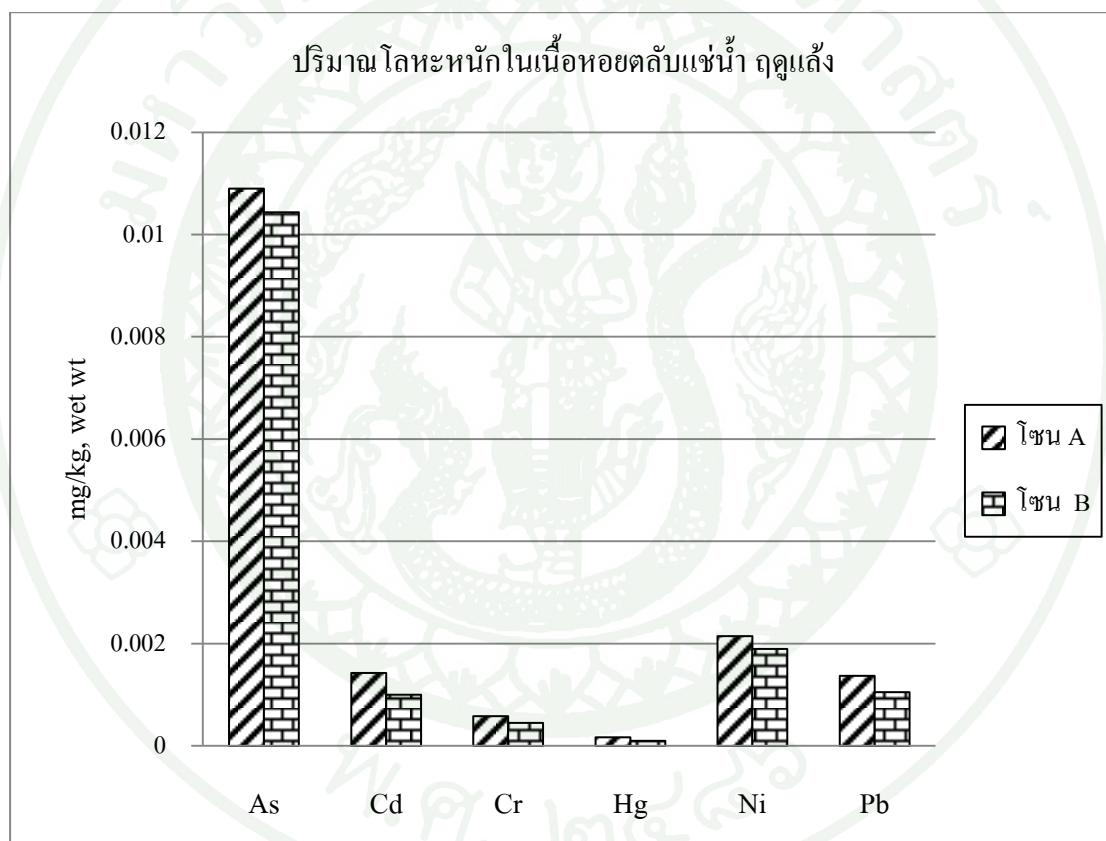


ภาพที่ 25 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ถูฝุ่น

2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01090, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00143, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00058, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00017, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00215 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00137 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01044, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00100, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00045, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00010, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00190 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00105 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 26



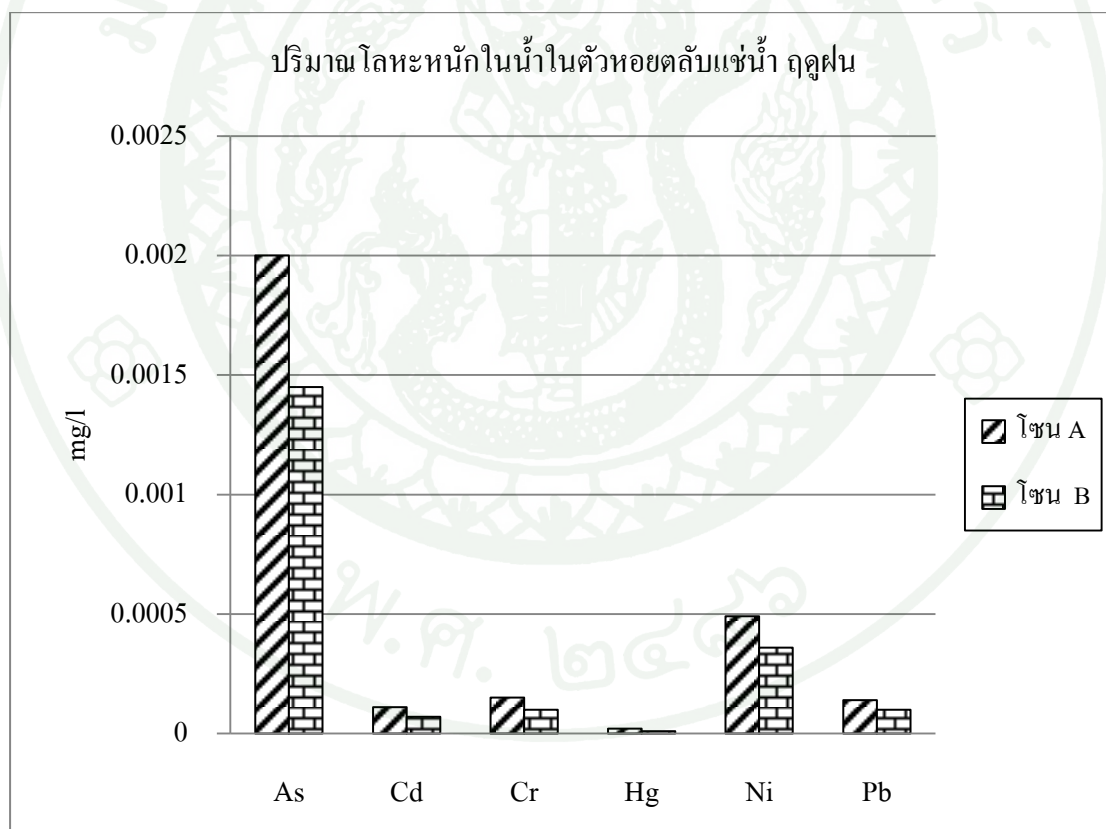
ภาพที่ 26 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับแช่น้ำ ฤดูแล้ง

4.2.4 น้ำในตัวอย่างดินแช่น้ำ

1) ฤดูฝน

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดินแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00200, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00011, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00015,ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00049 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00014 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างดินแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00145, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00007, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00010, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00036 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00010 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 27

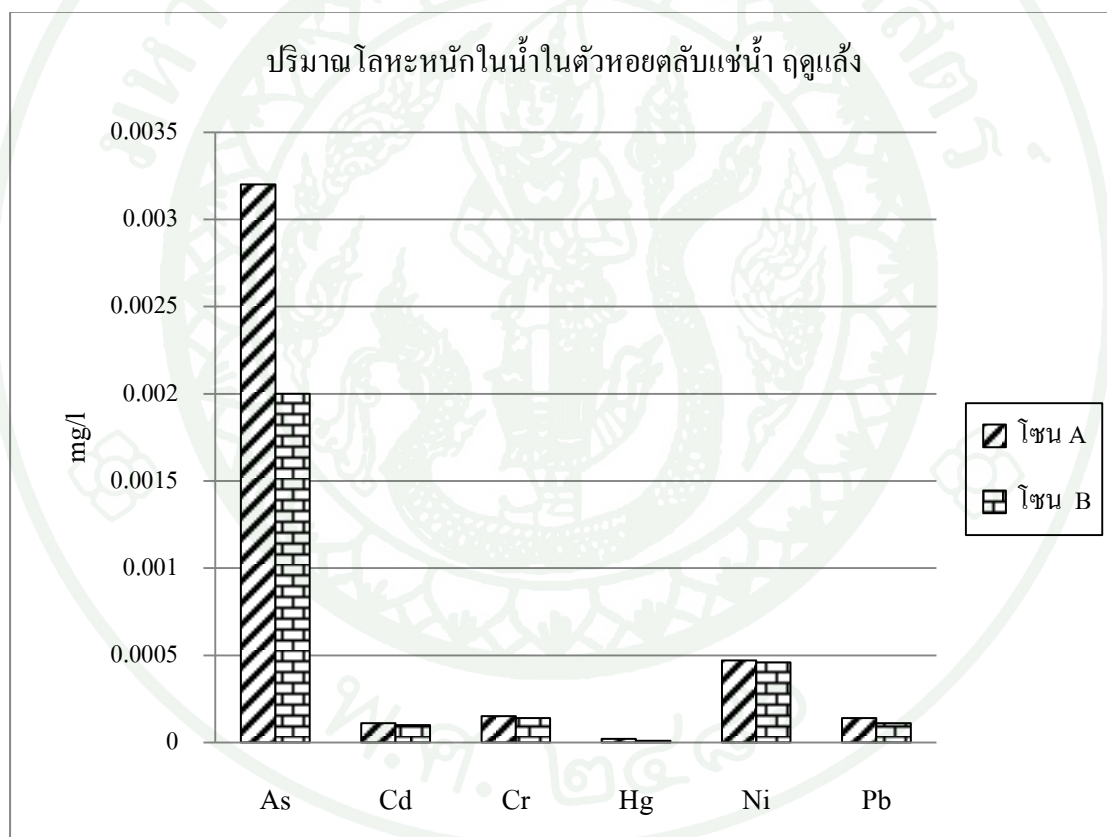


ภาพที่ 27 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างดินแช่น้ำ ฤดูฝน

2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00320, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00011, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00015, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00047 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00014 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำในตัวอย่างตลับแช่น้ำ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00200, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00010, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00014, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00046 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00011 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 28



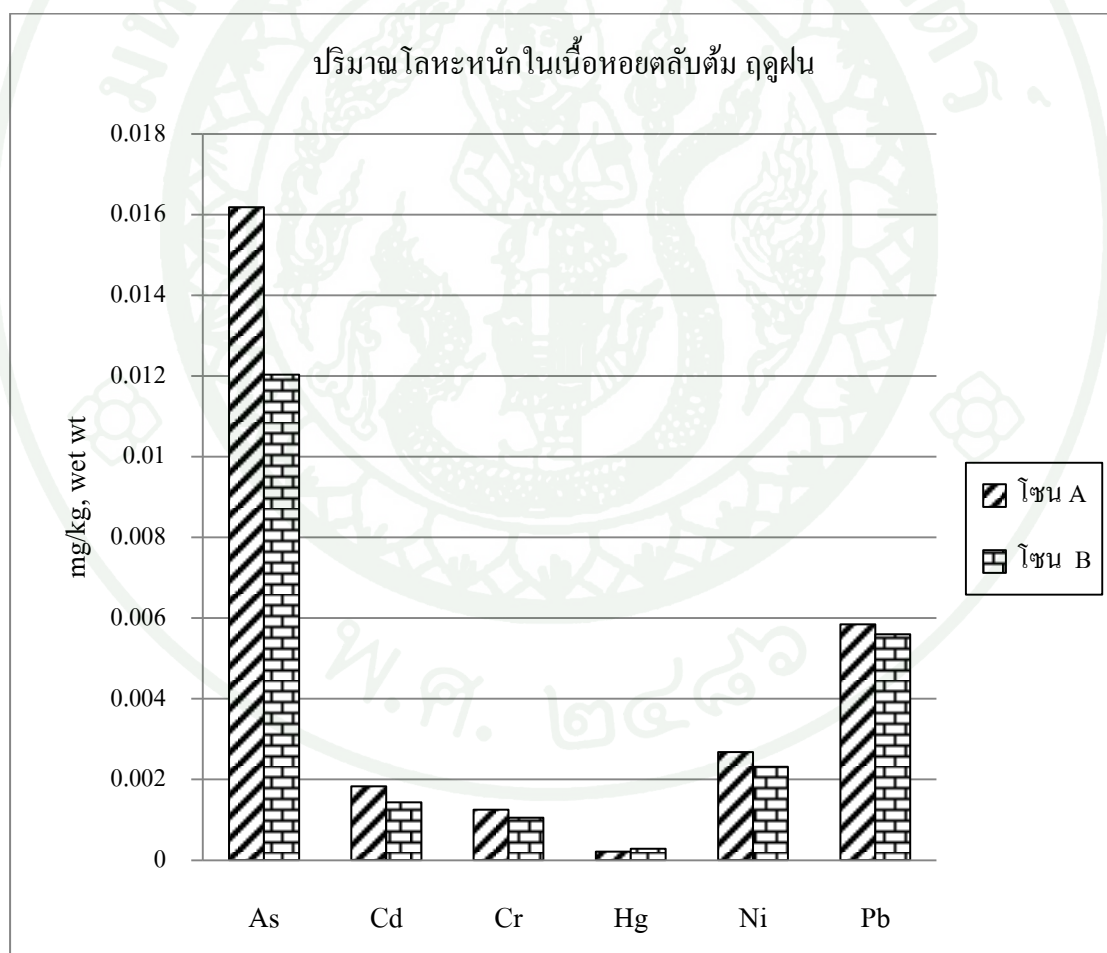
ภาพที่ 28 ปริมาณโลหะหนักในน้ำในตัวอย่างตลับแช่น้ำ ฤดูแล้ง

4.2.5 เนื้อหอยตลับต้ม

1) ถูฝุ่น

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01618, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00183, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00125, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00021, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00268 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00584 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยตลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.01203, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00143, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00105, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00028, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00231 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00560 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ ดังภาพที่ 29



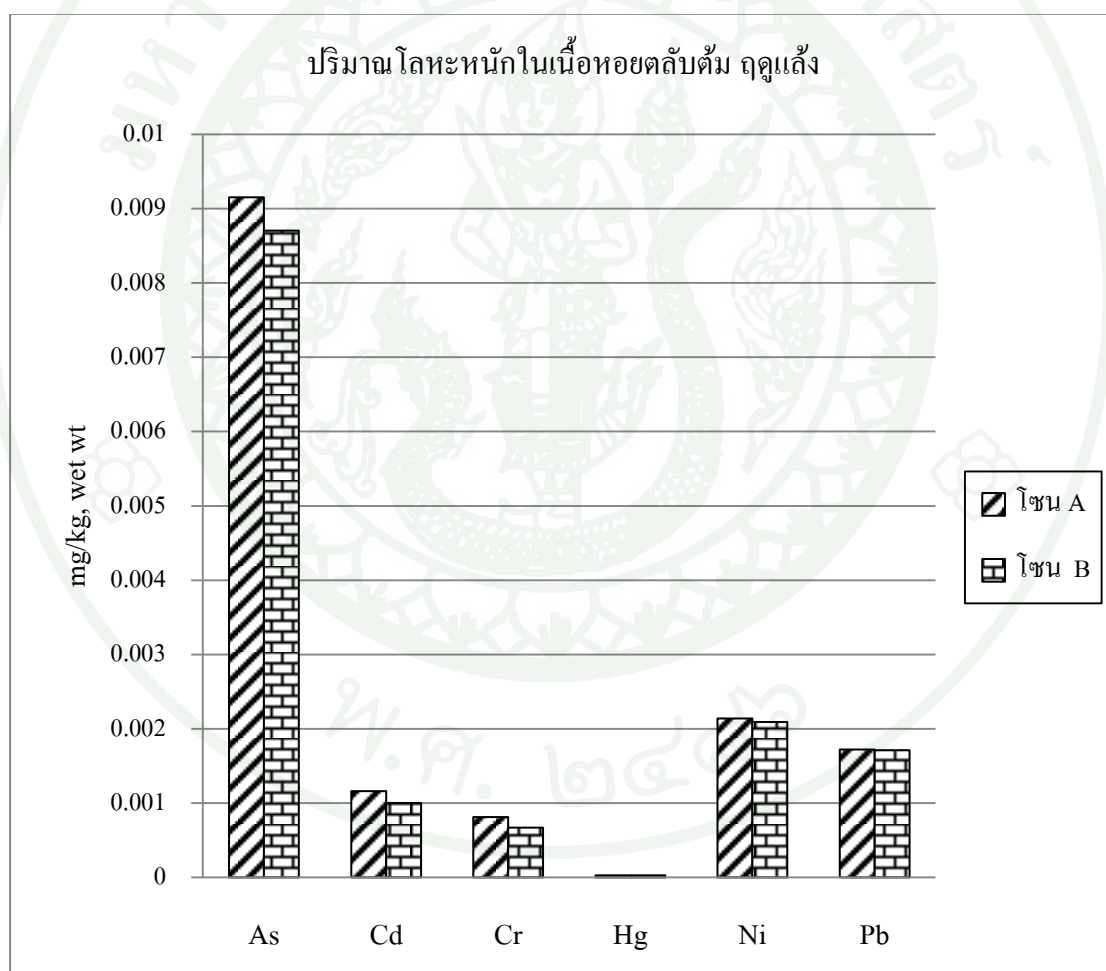
ภาพที่ 29 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยตลับต้ม ถูฝุ่น

2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต๋ม ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00915, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00116, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00081, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00003, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00214 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00172 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อหอยต๋ม ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00870, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00100, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00067, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00003, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00209 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00171 (mg/kg, wet wt) ตามลำดับ

ดั่งภาพที่ 30



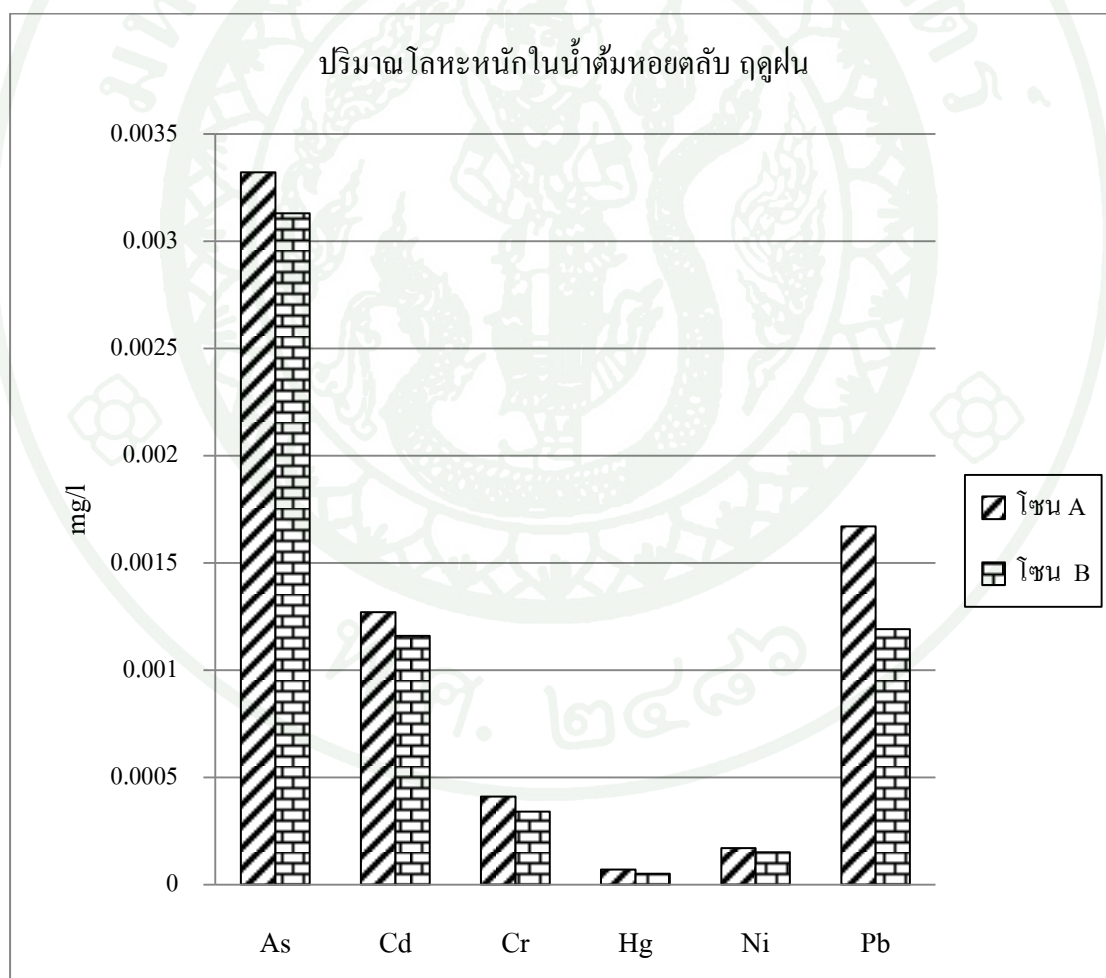
ภาพที่ 30 ปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยต๋ม ฤดูแล้ง

4.1.6 น้ำดื่มหอยดัลับ

1) ฤดูฝน

(1) โซน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยดัลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00332, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00127, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00041, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00007, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00017 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00167 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โซน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยดัลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00313, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00116, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00034, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00005, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00015 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00119 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 31

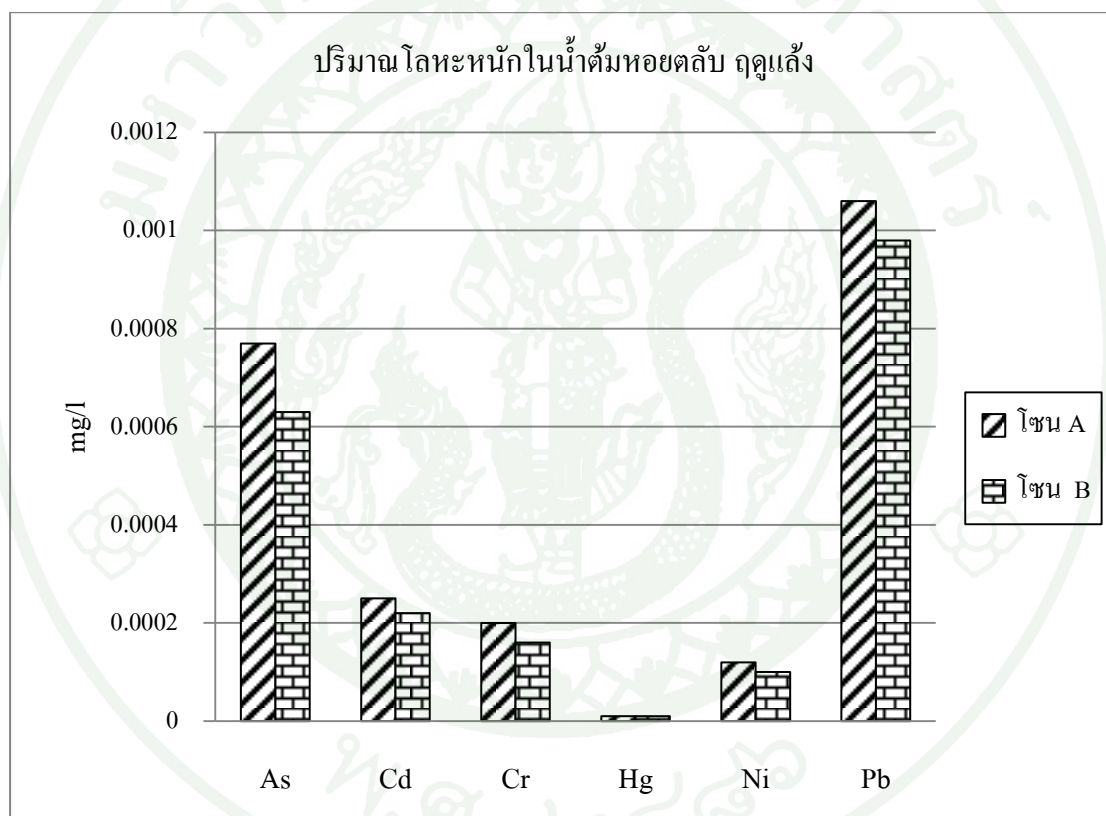


ภาพที่ 31 ปริมาณโลหะหนักในน้ำดื่มหอยดัลับ ฤดูฝน

2) ฤดูแล้ง

(1) โชน A มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00077, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00025, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00020, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00012 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00106 (mg/l) ตามลำดับ

(2) โชน B มีปริมาณโลหะหนักสะสมในน้ำดื่มหอยตลับ ดังนี้ สารหนู (As) เท่ากับ 0.00063, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00022, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00016, ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00010 และ ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00098 (mg/l) ตามลำดับ ดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ปริมาณโลหะหนักในน้ำดื่มหอยตลับ ฤดูแล้ง

โดยค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย พื้นที่ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ถือว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่เกินค่ามาตรฐาน สามารถรับประทานได้ ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) บริเวณหาดแหลมผักเบี้ย

ดัชนี	โลหะหนัก					
	สารหนู (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยตลับ (mg/kg, wet wt)	0.01556	0.00331	0.00116	0.00019	0.00412	0.00226
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวหอยตลับ (mg/L)	0.00341	0.00017	0.00027	0.00002	0.00065	0.00043
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยตลับต้ม (mg/kg, wet wt)	0.01152	0.00135	0.00094	0.00014	0.00231	0.00372
ค่าเฉลี่ยน้ำต้มหอยตลับ (mg/L)	0.00212	0.00073	0.00028	0.00035	0.00013	0.0010
ค่าเฉลี่ยเนื้อหอยแช่น้ำทะเล (mg/kg, wet wt)	0.03028	0.00130	0.000705	0.00015	0.00204	0.00122
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวหอยแช่น้ำทะเล (mg/L)	0.002165	0.0001	0.00014	0.00002	0.00045	0.000125
ค่ามาตรฐาน						
กระทรวงสาธารณสุข* (mg/kg, wet wt)	2	2	2	0.5		1
Department of Health**		3		1		4

หมายเหตุ * กระทรวงสาธารณสุข พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98

** Department of Health (South Africa)

วิจารณ์

1. การศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) โดยศึกษาเนื้อหอยตลับธรรมชาติ เนื้อหอยตลับต้ม และเนื้อหอยตลับแช่น้ำ พบว่า มีปริมาณ สารหนู (As) มากที่สุด โดยตามธรรมชาติสารหนูเกิดขึ้นจากการสึกกร่อนของพื้นผิวโลก หรือเปลือกโลก จะพบปริมาณมากขึ้นในเขตแหล่งแร่ของดิน แร่ sulfide แม้ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนด้วยสารหนู มาก่อนก็จะพบได้ในปริมาณ 0.2 – 4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอากาศและน้ำจะพบอนุภาคของ สารหนูทั้งในรูปแบบของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ สารประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำชนิด arsenite (trivalent salt) จะมีความเป็นพิษสูงกว่าพวก arsenite (pentavalent) ปริมาณสารหนูบนพื้นผิวโลกจะมีปริมาณ 1.5 – 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งนับว่ามากเป็นอันดับ 20 เมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ Bowen (1966) พบว่าในดินทั่วไปมักจะพบสารหนูปะปนอยู่ประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ย

2. การศึกษาโลหะหนักในน้ำ พบว่า ในฤดูฝน พบนิเกิล (Ni) มากที่สุด คือ 0.88 ไมโครกรัมต่อลิตร และในฤดูแล้งพบ สารหนู (As) มากที่สุด คือ 0.16 ไมโครกรัมต่อลิตร นิเกิลมีอยู่ทั่วไปในเปลือกโลกในสภาพสินแร่ peritlandite, pyrrhotite อยู่ในรูปของซัลไฟด์ของเหล็กและนิเกิล $(\text{NiFe})_x\text{S}_y$ สินแร่ amierite (Ni, Mg) - $\text{NiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ หรือสินแร่ของ arsenide (NiAs) (McNeely, 1979; Berman, 1980; Hammond และ Beliles, 1980) ในดินทั่วไปมักจะพบนิเกิลอิสระปะปนอยู่ประมาณ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ย (Bowen, 1966) นอกจากนี้ยังพบในพืช สัตว์ (Schroeder, 1962) นิเกิลในแหล่งน้ำธรรมชาติจากรายงานของ McNeely และคณะ (1979) พบว่าความเข้มข้นในแหล่งน้ำจืดของอเมริกาเหนือเป็น 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำทะเลมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.005-0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร การแพร่กระจายของนิเกิลสู่สิ่งแวดล้อม โดยการกัดเซาะ พังทลายของเปลือกโลก กิน ดิน และสินแร่ การทำเหมือง กระบวนการผลิตและกระบวนการใช้ในอุตสาหกรรมที่มีนิเกิลเป็นองค์ประกอบ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แล้วแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและลงสู่แหล่งน้ำ (Stokinger, 1963; Maneely และคณะ, 1979; Berman, 1980) ความเข้มข้นของนิเกิลในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอยู่ระหว่าง 2.73-27.3 ไมโครกรัมต่อลิตร (Onodera, 1985) ความเข้มข้นของนิเกิลในดินตะกอนของอ่าวจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 4.8-15.4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Hungspreugs, 1988)

3. การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินตะกอน พบว่า ตะกั่ว (Pb) มีปริมาณมากที่สุด คือ 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งตะกั่วมีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ทั้งในดิน ในน้ำ ในอากาศ และในสิ่งมีชีวิต ตะกั่วสามารถเกาะรวมตัวกับดินตะกอน ได้ทั้งชนิด sand silt และ clay แต่จะอยู่ในรูป clay มากที่สุด โดยทั่วไปจะมีปริมาณตะกั่วปะปนในดินตะกอนเสมอ เนื่องจากพื้นที่รองรับแหล่งน้ำประกอบไปด้วยดิน หิน และแร่ธาตุ ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบโดยธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อมีการชะล้างพังทลายของดินและหิน ตะกั่วก็จะถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ เกิดการตกตะกอนรวมตัวในแหล่งน้ำ



สรุปและข้อเสนอแนะ

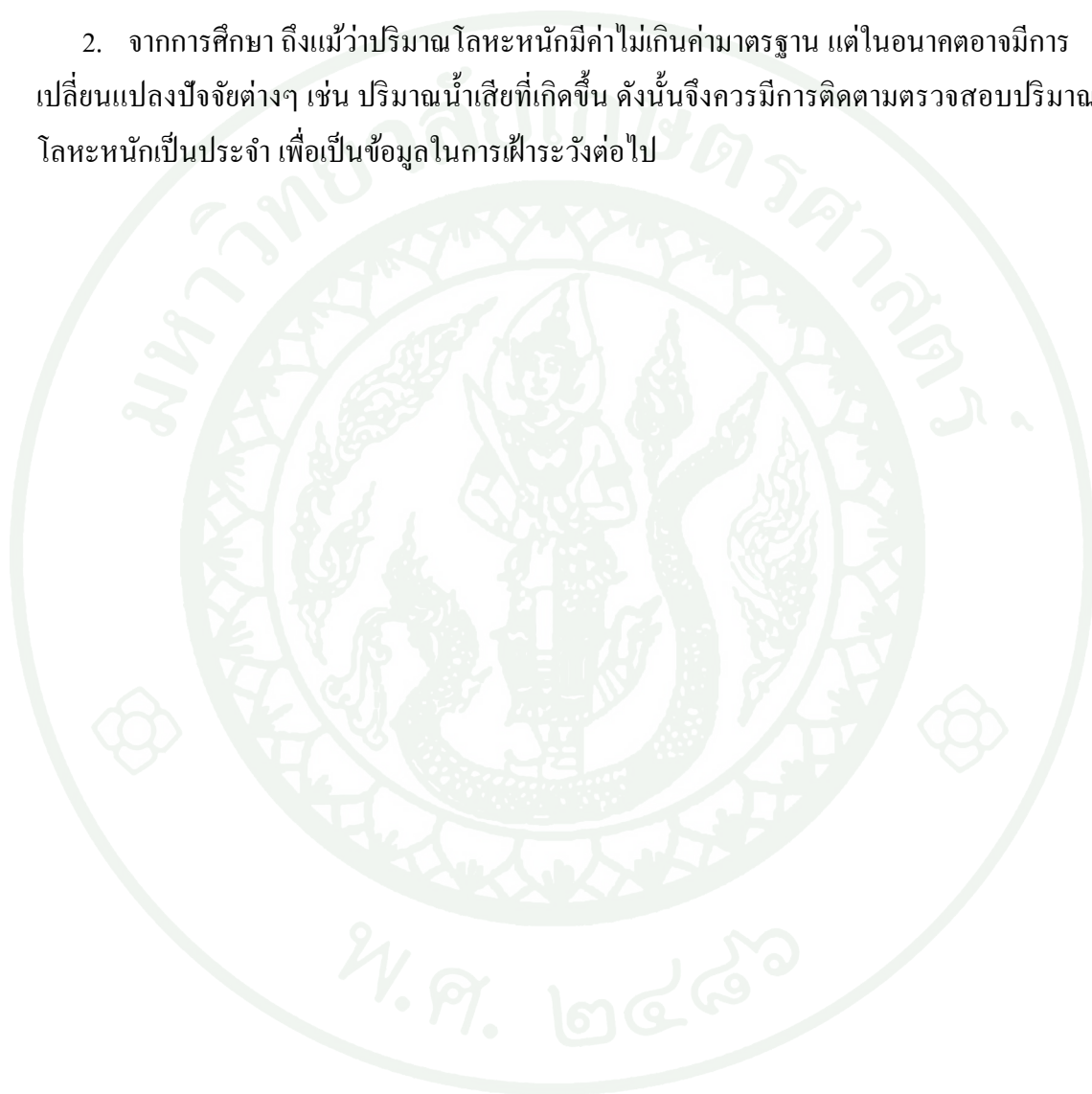
สรุป

จากการศึกษาโลหะหนัก 6 ชนิด ในน้ำ ในดินตะกอน และในหอยตลับ บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบว่าปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด แต่ในปัจจุบันมีกิจกรรมจากชุมชนที่สามารถก่อให้เกิดปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำ ในดินตะกอนได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมต่อไป และนอกจากนี้สามารถนำผลการศึกษาไปเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ แก่ประชาชนที่อาศัยอยู่รอบๆ โครงการฯ ที่ได้รับทราบข้อมูลการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจว่าน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน และสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลน รวมถึงบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย โดยเฉพาะหอยตลับ ซึ่งสามารถนำมาบริโภคได้ตามปกติ โดยสรุปผลการศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาการสะสมโลหะหนักในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) โดยศึกษาเนื้อหอยตลับธรรมชาติ เนื้อหอยตลับต้ม และเนื้อหอยตลับแช่น้ำ พบว่า มีปริมาณสารหนู (As) มากที่สุด
2. การศึกษาโลหะหนักในน้ำทะเลพบว่า ในฤดูฝน พบนิเกิล (Ni) มากที่สุด คือ 0.88 ไมโครกรัมต่อลิตร และในฤดูแล้งพบ สารหนู (As) มากที่สุด คือ 0.16 ไมโครกรัมต่อลิตร
3. การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินตะกอน พบว่า ตะกั่ว (Pb) มีปริมาณมากที่สุด คือ 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการสะสมโลหะหนักในสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพแวดล้อมบริเวณชายหาดแหลมผักเบี้ย
2. จากการศึกษา ถึงแม้ว่าปริมาณโลหะหนักมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการติดตามตรวจสอบปริมาณโลหะหนักเป็นประจำ เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังต่อไป



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรณีการ สิริสิงห์. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. โรงพิมพ์ประยูรวงศ์, กรุงเทพฯ.

กระทรวงสาธารณสุข. พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข.

ฉบับที่ 98; 2529

เกษม จันทร์แก้ว. 2547. การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2551. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 7. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. ดินตะกอน. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์. 2540. คู่มือการวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ปราณี พันธุมสินชัย. 2537. คู่มือการดำเนินงานควบคุมปัญหาน้ำเสียของภาครัฐบาลองค์การบริหาร และสุขภาพ. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 69 น.

วุฒิชัย ชูตินันทกุล. การแพร่กระจายของธาตุอาหารและโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงชัย สหวัชรินทร์, คมนัน ศิลปาจารย์, สุทธิโต ลิ้มสุรัตน์ และ สมพงษ์ กลางณรงค์. 2530. การเพาะพันธุ์หอยตลับ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 47/2530. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง.

มนูวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 329 น.

ลำไย หงส์สิงห์. 2546. การกระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในป่าชายเลนหลังการใช้บำบัดน้ำเสีย บริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิชัย ชูตินันทกุล. การแพร่กระจายของธาตุอาหารและโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรณ์ บุตรสันดี และเกษม จันทร์แก้ว. 2557. ความชุกชุมของหอยตลับบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. ใน รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนันท์ ทวยเจริญ และ ประนอม พรหมผาย. 2534. สภาวะแฉะลื้อมบางประการที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ของหอยตลับ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 11/2534. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสมุทรสาคร, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.

อชิษฐาน ทิมแย้มประเสริฐ. 2544. ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในตะกอนดินบริเวณป่าชายเลนที่รองรับน้ำทิ้ง จากระบบบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abdullah, M. H., J. Sidi and A. Z. Aris. 2007. Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in *Meretrix Meretrix* Röding, Water and Sediments from Estuaries in Sabah, North Borneo. **International Journal of Environmental and Science Education**. 2(3): 69-74.

APHA, AWWA and WPCF, 1989. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17th edition. American Public Health Association, Washington, D.C.

Cajaraville, M. P., M. J. Bebianno, J. Blasco, C. Porte, C. Sarasquete and A. Viarengo. 2000.

The Use Of Biomarkers to Assess the Impact of Pollution in Coastal Environments

of the Iberian Peninsula: A Practical Approach. Science of the Total Environment. 247: 295-311.

Department of Health (South Africa). **Regulation Relating to Maximum Levels for Metals in Foodstuffs: Amendment.** No. R 358. 14 March 2003; 2003.

Funes, V., J. Alhama, J. I. Navas J., López-Barea and J. Peinado. 2006. Ecotoxicological Effects Of Metal Pollution in two Mollusc Species from the Spanish South Atlantic littoral. **Environmental Pollution** 139: 214-223.

Linnaeus, C. 1758. **Systema Naturae per Regna tria Naturae.** Tomus I. Editio Decima, Reformata.

Poutiers, J. M. 1998. **Bivalves (Acephala, Lamellibrachia, Polecypoda) in The Living Marine Resources of the Western Central Pacific Vol. 1 Seaweeds, Corals, Bivalves and Gastropods.** Kent E. Carpenter, editor. Rome : Food and Agriculture Organization of The United Nations.

Taras, Michael J. 1971. **Standard Methods of The Examination of water and Wastewater.** Washington D.C. American Public Health Association, Washington, D.C.

Tetsuaki, K. 1965. **Shells of the Western Pacific in Color** Vol.1. Hoikusha Publishing Co., Ltd., Japan. 175 – 178.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสิริภัทธา พลกล้า
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 27 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศูนย์อนามัยแม่และเด็ก อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดยโสธร