ว.วิทย. มข. 39(3) 375-386 (2554) KKU Sci. J.39(3) 375-386 (2011)

ผลของโลหะหนักต่อสัตว์หน้าดินจำพวกหอย
Effect of Heavy Metals on Mollusk

ลำใย ณีรัตนพันธุ์[1]

บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ โดยสาเหตุเกิดจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สอดคล้องกับการเพิ่มของประชากรทั้งการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร การเพิ่มจำนวนของโรงงานอุตสาหกรรม และกระจายไปสู่ส่วนภูมิภาคต่าง ๆ ทำให้เกิดปัญหาตามมา มลพิษอันเกิดจากสารเคมีที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตลงสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้มีการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมจนเกินขีดความสามารถของธรรมชาติที่จะย่อยสลายได้ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรง และยากต่อการแก้ไข การรั่วไหลปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำเป็นปัญหาที่มีความสำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากโลหะหนักส่วนใหญ่เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่มโลหะทรานสิชั่น ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน และดินตะกอนที่อยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ รวมถึงสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะสัตว์ที่อาศัยอยู่อย่างถาวรในบริเวณนั้นๆ ด้วย การสะสมโลหะหนักดังกล่าวจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหาร (bioaccumulation in trophic level) และหากมีปริมาณมาก ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำนั้นๆ ตลอดจนผู้นำสัตว์น้ำนั้นไปเป็นอาหารด้วย

หอยเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่จัดอยู่ไฟลัมมอลลัสคา (phylum mollusca) (Barnes, 1986) และมีวงจรชีวิตส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณตะกอนดิน ซึ่งเป็นแหล่งสะสมของโลหะหนักได้เป็นอย่างดี สัตว์ในไฟลัมนี้มักมีเปลือกแข็งห่อหุ้มร่างกายเพื่อป้องกันอันตราย และป้องกันสภาพแวดล้อมที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิต ร่างกายของหอยโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนหัว ส่วนเท้า ส่วนอวัยวะภายใน (visceral mass) และแมนเทิล (mantle) จากลักษณะการมีเปลือกแข็งห่อหุ้มร่างกายเพื่อป้องกันอันตรายทำให้หอยเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีช่วงความทน (tolerant range) ต่อมลพิษในระบบนิเวศแหล่งน้ำค่อนข้างกว้าง และมีคุณสมบัติที่สามารถสะสมสารพิษและของเสียบางประเภทไว้ในเนื้อเยื่อได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถพบเห็นหอยทั้งหอยฝาเดียว (gastropod) และหอยสองฝา (bivalve) ได้ตามท่อระบายน้ำและแหล่งน้ำเสียทั่วไปอีกทั้งหอยยังเป็นอาหารที่นิยมของมนุษย์ด้วย ดังนั้นหากหอยที่

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
E-mail: hlamya@kku.ac.th

อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่ได้รับโลหะหนัก สิ่งมีชีวิตชนิดนี้ก็ย่อมได้รับผลของความเป็นพิษของโลหะหนักในแหล่งน้ำด้วย

บทความนี้จะได้กล่าวถึงผลของโลหะหนักต่อสัตว์หน้าดินจำพวกหอยที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยเริ่มจากการละลายของแร่ธาตุในระบบนิเวศแหล่งน้ำ แหล่งที่มาและชนิดของโลหะหนักที่ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษสูงในแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดินจำพวกหอย รวมถึงผลของโลหะหนักที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์ของสัตว์หน้าดินจำพวกหอย

การละลายของแร่ธาตุในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

เนื่องจากหอยเป็นสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่บริเวณตะกอนดินในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงควรทำความรู้จักว่าแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำมีที่ไปที่มาอย่างไร เพราะแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำนี้จะตกตะกอนสะสมอยู่ในตะกอนดินซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการที่น้ำมีคุณสมบัติพิเศษในการที่จะทำให้สารต่างๆ อยู่ในรูปของสารละลาย พร้อมทั้งมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาทางเคมีด้วย

สารเคมีที่ละลายอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำอาจจะได้มาจากดิน อากาศ และจากเมแทบอลิซึมของสิ่งมีชีวิต แม้แต่น้ำฝนนอกจากจะมีแร่ธาตุต่างๆ ปนอยู่ด้วยเล็กน้อยแล้ว ก็ยังมีก๊าซต่าง ๆ อีกด้วย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำได้ใช้พวกแร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้เองในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต สารบางประเภทถ้ามีปริมาณเหมาะสมก็จะทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตได้ดี แต่ถ้ามีปริมาณมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจทนอาศัยไม่ได้หรือหยุดชะงักการเจริญเติบโต และมีสารบางประเภทถ้าหากมีปรากฏในระบบนิเวศแหล่งน้ำก็อาจมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างการปนเปื้อนของโลหะหนักในระบบนิเวศแหล่งน้ำในปัจจุบัน ซึ่งมีรายงานการศึกษาของ Sawyer et al. (2003) พบว่าแบคทีเรียต้องการ โคบอลท์ ทองแดง แมงกานีส โมลิบดีนัม แวแนเดียม และสังกะสีในปริมาณที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่มากเกินไปจะสร้างสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านี้ ส่งผลให้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่าโลหะหนักดังกล่าวมีผลเสียต่อจุลินทรีย์ ดังนั้นหอยซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นตะกอนในระบบนิเวศแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักก็น่าจะได้รับพิษจากโลหะหนักด้วยเช่นกัน

ระบบนิเวศแหล่งน้ำได้รับมลสารจากหลายแหล่งกำเนิด มลสารหลายชนิดรวมถึงโลหะหนัก มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำ และเป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นตาย (Krenkle, 1975) สัตว์หน้าดินจำพวกหอยจึงกลายเป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัด (bioindicator) และตรวจสอบสภาพแวดล้อม (biomonitoring) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากสัตว์หน้าดินจำพวกหอยมีความอุดมสมบูรณ์ทั้งในระบบนิเวศบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำซึ่งทำให้ง่ายต่อการเก็บตัวอย่าง และการที่สัตว์หน้าดินจำพวกหอยมีความคงทนต่อมลสารและมีการสะสมมลสารในตัวสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะหนัก ตัวอย่างเช่น สัตว์หน้าดินจำพวกหอยที่อาศัยอยู่ในทะเลสามารถที่จะสะสมโลหะหนักและเป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักได้เป็นอย่างดี (Wang et al., 2005) ยิ่งไปกว่านั้นการสะสมของโลหะหนักในหอยสองฝาและหอยฝาเดียวซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความอุดมสมบูรณ์ในบริเวณชายฝั่งทะเลและมีบทบาทที่สำคัญในการเป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนัก (Serincano, 2000)

แหล่งแพร่กระจายของโลหะหนักสู่แหล่งที่อยู่อาศัยของหอย

ปัจจุบันมีการใช้โลหะหนักเป็นจำนวนมากทั้งในภาคเกษตร และอุตสาหกรรม ในด้านอุตสาหกรรมจะใช้โลหะหนักในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย สำหรับทางด้านการเกษตรจะใช้โลหะ

หนักเป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย ขณะเดียวกันทางการแพทย์ก็จะใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยา อุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง นอกจากนี้โลหะหนักอาจมาจากเครื่องใช้ในครัวเรือน ดังนั้นแหล่งแพร่กระจายของโลหะหนักสู่แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยจึงน่าจะมาจากสาเหตุการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ กระบวนการผลิต วัตถุดิบ และสารเคมีที่ถูกปล่อยเป็นของเสียออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น โรงงานผลิตแบตเตอรี่อุตสาหกรรมเหมืองแร่ (Allan, 1997) ซึ่งน้ำที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล่านี้มักจะปนเปื้อนด้วยโลหะหนักบางประเภทที่หากถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือภายนอกโรงงานโดยไม่มีการบำบัด ก็จะสร้างผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการบริโภคอาหาร หรือดื่มน้ำที่มีสารเหล่านี้ปนเปื้อนอยู่ โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโรงงานที่ขาดจิตสำนึก ซึ่งมักจะลักลอบเทของเสียลงดินหรือลงสู่แหล่งน้ำ หรือทำการกำจัดกากของเสียอย่างผิดวิธี ทั้งนี้เนื่องจากต้องการลดรายจ่าย โลหะหนักบางชนิดสามารถให้ทั้งคุณและโทษต่อสิ่งมีชีวิตขึ้นกับชนิดของสิ่งมีชีวิตและปริมาณที่ได้รับเข้าไป ตัวอย่างลักษณะของที่ตั้งโรงงานที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อมดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ลักษณะที่ตั้งโรงงานที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม

ชนิดของโลหะหนักที่ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษสูงในแหล่งที่อยู่อาศัยของหอย

ชนิดของโลหะหนักที่ทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยมีมลภาวะเป็นพิษสูง คือ ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม โดยรายละเอียดความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

ปรอท (Mercury)

ปรอทเป็นโลหะหนักในลำดับที่ 3 ของสารพิษจำนวน 20 อันดับแรกที่ประกาศโดย The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ได้จัดอันดับไว้ ว่ามักพบปนเปื้อนอยู่ในอากาศ น้ำ และดิน เป็นส่วนใหญ่ (Britt, 2009) สาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาขยะ ขยะผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตามบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารปรอท

เป็นวัตถุดิบ เช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โรงงานผลิตพลาสติก โรงงานผลิตเภสัชภัณฑ์หรือโรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน นอกจากนี้ พบสารปรอทได้ในเครื่องสำอางและอาหาร โดยเฉพาะอาหารทะเลพบมากในสัตว์ทะเลตัวใหญ่ เช่น ฉลาม ทูน่า โลมา วาฬ เนื่องจากมีช่วงชีวิตที่ยืนยาวและกินปลาเล็กเป็นอาหาร จึงมีโอกาสสะสมสารปรอทอยู่ในตัวค่อนข้างมาก ซึ่งจะเรียกกระบวนการนี้ว่า Biomagnifications ดังนั้นความเชื่อที่ว่าหูฉลามเป็นอาหารมีคุณค่าก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นเช่นนั้นเสมอไป ซึ่งการปนเปื้อนของสารปรอทจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีสาเหตุมาจากโรงงานอุตสาหกรรมมักปล่อยสารปรอทออกมากับน้ำทิ้งของโรงงานนั่นเอง

ปรอท เป็นโลหะหนักที่เป็นของเหลวระเหยเป็นไอได้ง่ายในภาวะปกติ ไอปรอทเป็นพิษต่อมนุษย์มาก โดยอาการเป็นพิษมี 2 ลักษณะคือ พิษเฉียบพลัน เกิดจากการได้รับสารปรอทครั้งเดียวปริมาณมาก และพิษเรื้อรัง เกิดจากการได้รับสารปรอทสะสมทีละน้อยเป็นระยะเวลานาน อวัยวะเป้าหมายหลักที่ปรอทเข้าไปทำปฏิกิริยา คือ สมองและไต ปรอทที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ มีความเป็นพิษสูงที่สุด เพราะร่างกายสามารถดูดซึมในทางเดินอาหารได้ถึงร้อยละ 95 - 98 และขับออกมาในรูปของเสียได้น้อยมาก ตัวอย่างเช่นในพืชน้ำจะได้รับผลจากปรอทที่อยู่ในน้ำที่ระดับความเข้มข้นประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำโดยทั่วไปในระยะตัวอ่อนจะมีความไวต่อปรอทมากกว่า (WHO, 1991) แววตา ทองระอา และสมพงษ์ ดุลยจินดาชบาพร (2530) ได้ทำการศึกษาผลของปรอทต่อสิ่งมีชีวิต โดยศึกษาผลของปรอทและแคดเมียมที่มีต่อการตายของลูกปูจาก พบว่า ปรอทมีพิษต่อลูกปูจากมากกว่าแคดเมียม 26.15 เท่า ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของปรอทและแคดเมียมต่อลูกปูจากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.78-1.95 และ 20.4-51.0 ส่วนในพันล้านส่วน ตามลำดับ นอกจากนี้ระดับความเป็นพิษของปรอทจะมีผลจากอุณหภูมิ ความเค็ม การละลายของออกซิเจน และความกระด้างของน้ำในระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นๆ ดังตัวอย่างการศึกษาของ Verlcar et al. (2007) ศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสะสมของปรอทในหอยชนิด *Perna viridis* นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Gagnaire et al. (2004) พบว่าปรอทมีผลโดยตรงต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในหอยนางลม

เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสารปรอทครั้งรุนแรงมากที่สุดคือ ที่เมืองมินามาตะ ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2496 ทำให้เกิด **"โรคมินามาตะ"** สาเหตุมาจากการบริโภคปลาที่จับมาจากอ่าวมินามาตะซึ่งปนเปื้อนสารปรอททำให้ผู้ป่วยจำนวนมากมีอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง และเด็กมีอาการทางสมอง จากเหตุการณ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร โดยสารอินทรีย์ปรอทที่มีผลต่อระบบสิ่งมีชีวิตจะอยู่ในรูป MeHg (Monomethyl mercury) ซึ่งจะละลายในเลือดและมีผลต่อสมอง (Weil et al., 2005) ความเป็นพิษของปรอทที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ดังการศึกษาของ Boening (2000), Morel et al. (1998), Goyer and Clarkson (2001) และ National Academy of Sciences (NAS, 2000)

ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะหนักในลำดับที่ 2 ของสารพิษจำนวน 20 อันดับแรกที่ประกาศโดย The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ได้จัดอันดับไว้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก ในทุกๆ ปีมีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตประมาณ 2.5 ล้านตันทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในแบตเตอรี่ การหุ้มสายเคเบิล และกระสุน นอกจากนี้ยังพบในเม็ดสี พลาสติกพีวีซี ดินสอ และยาฆ่าแมลง (Britt, 2009) จึงมีการปลดปล่อยตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วทั้งในดิน แหล่งน้ำ และอากาศ ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร

ทางการหายใจ และทางผิวหนัง อวัยวะเป้าหมายหลักที่ตะกั่วเข้าไปทำปฏิกิริยา คือ กระดูก สมอง และต่อมไทรอยด์ นอกจากนี้ ตะกั่วยังมีผลต่อตับ หัวใจ และเส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโมโซม และเป็นสารชักนำให้เกิดโรคมะเร็งรวมทั้งความพิการแต่กำเนิด

สำหรับมนุษย์มีโอกาสได้รับสารตะกั่วโดยตรงจากการบริโภคอาหาร น้ำดื่ม หรือหายใจเอาสารตะกั่วเจือปนเข้าไป กลุ่มผู้เสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่ว ได้แก่ คนงานที่ทำเหมืองตะกั่ว โรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ โรงงานผลิตสี โรงงานผลิตสารพิษกำจัดศัตรูพืช และคนที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณโรงงานหลอมตะกั่วหรือใกล้โรงงานที่มีการใช้สารตะกั่วเป็นวัตถุดิบ ตำรวจจราจร และคนที่อยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นเป็นเวลานาน เด็กอาจได้รับสารตะกั่วจากการหยิบสิ่งที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนเข้าปาก หรือรับจากน้ำนมแม่ที่มีสารตะกั่ว แม้แต่ทารกในครรภ์ก็สามารถรับสารตะกั่วจากมารดาได้ทางสายสะดือสารตะกั่วมีพิษมากโดยเฉพาะเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการ ส่วนผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ

ความเป็นพิษของตะกั่วมีผลต่อพืชน้ำในระดับที่อาจจะพบทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ซึ่งตะกั่วมีความเป็นพิษแบบเฉียบพลันต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในระบบนิเวศแหล่งน้ำที่ระดับความเข้มข้น 0.1- 40 มิลลิกรัมต่อลิตรในแหล่งน้ำจืด และ 2.5-500 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำทะเล (WHO, 1989) ดังการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในบริเวณแหล่งน้ำใกล้เหมืองแร่ที่กำลังดำเนินการและเหมืองแร่ร้าง พบว่าชนิดของสัตว์หน้าดินในบริเวณดังกล่าวลดจำนวนลง (Humphrey and Lister, 2004; Lister and Humphrey, 2005) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Reinhold et al. (1999) พบว่า การปนเปื้อนของตะกั่วในแหล่งน้ำส่งผลกระทบต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่โดยทำให้สังคมสิ่งมีชีวิตดังกล่าวลดลง

แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักในลำดับที่ 7 ของสารพิษจำนวน 20 อันดับแรกที่ประกาศโดย The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ได้จัดอันดับไว้ (Britt, 2009) แคดเมียมเป็นธาตุที่มีอยู่น้อยในสภาพตามธรรมชาติ แต่เป็นธาตุที่มีความเป็นพิษมากที่สุดตัวหนึ่งของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (UNEP, 1978; Nriagu, 1980) โดยทั่วไปจะพบแคดเมียมในระดับความเข้มข้นไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วน แคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสภาวะแวดล้อมจากอุตสาหกรรมหลายประเภท อาจเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ คือ ทางอากาศโดยการหายใจ ทางอาหาร น้ำ เมื่อได้รับเนื่องจากการสูดดมหรือการหายใจเอาควัน ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเข้าไปเล็กน้อยจะมีอาการแบบเฉียบพลันอย่างอ่อนที่เกิดขึ้นคือ คอแห้ง ระคายคอ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ เมื่อได้รับมากขึ้นจะมีอาการหายใจไม่ออก ไอไม่หยุด ถ้ายังคงสูดหายใจเข้าไปอีกก็อาจตายได้ ยิ่งไปกว่านั้นแคดเมียมมีความเป็นพิษที่สูงมากต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช แม้ว่าจะได้รับในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม (Benavidies et al., 2005) ส่วนอาการที่เกิดจากการกินอาหารหรือน้ำที่มีแคดเมียมเจือปน คือ อาเจียนและท้องร่วง การได้รับพิษเรื้อรังที่เรียกว่า โรคอิไต - อิไต ทำให้ผู้ได้รับพิษได้รับความเจ็บปวดทรมานมาก เพราะเกิดอาการกระดูกและไตพิการ แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจะทำความเสียหายต่อระบบต่างๆ ภายในร่างกายได้แก่ ไต กระดูก ปอด ตับ หัวใจและการทำงานของเอนไซม์ สำหรับความเป็นพิษของแคดเมียมที่มีต่อสภาพแวดล้อม เช่นการศึกษาของ Sriyaraj and Shutes (2001) พบว่ามีการปนเปื้อนของแคดเมียมในแหล่งน้ำบางแห่งในประเทศอังกฤษ จนทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงและทำให้องค์ประกอบทางชีวภาพลดลงด้วย และความเป็นพิษ

ของแคดเมียมที่มีต่อสัตว์หน้าดินจำพวกหอย ดังเช่น ตัวอย่างการศึกษาของ Bebianno and Langston (1998) ทำการศึกษาพิษของแคดเมียมต่อเนื้อเยื่อของหอยฝาเดียวชนิด Littorina littorea พบว่าแคดเมียมมีผลต่อเหงือกและไตของหอย ยิ่งไปกว่านั้น Ivanina et al. (2008) ได้ทำการศึกษาความไวของแคดเมียมต่อเซลล์ไมโทรคอนเดรียในหอยแมลงภู่ชนิด *Crassostrea virginica* พบว่าแคดเมียมมีผลไปลดกิจกรรมของไมโทรคอนเดรียในเซลล์

ความเป็นพิษของโลหะหนักที่เกิดกับสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป

ความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดจะเห็นว่ามีความรุนแรงมาก หากได้รับในปริมาณที่สูงก็จะยิ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นจึงสามารถที่จะบอกได้ว่าความเป็นพิษของโลหะหนักที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปก็น่าจะมีความเป็นพิษเหมือนกับที่มนุษย์ได้รับ โดยความเป็นพิษของโลหะหนักจะมีผลต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย และจะมีผลไปรบกวนการทำงานของระบบเอ็นไซม์ของเซลล์ หลังจากนั้นจะจับยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป โลหะหนักบางชนิดมีผลต่อสมบัติทางด้านโครงสร้างหรือเคมีไฟฟ้าของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความเป็นพิษของโลหะหนัก ขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนังของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำนั้นๆ โดยผลของความเป็นพิษของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตเกิดจากกลไกระดับเซลล์ 5 แบบ คือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
3. เป็นตัวชักนำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม ซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโลหะหนัก

ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับโลหะหนักจะมีการศึกษาคุณภาพน้ำควบคู่ไปด้วยซึ่งได้มีหลายหน่วยงานที่ดำเนินการศึกษาดังกล่าว เช่น สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่วนการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยมีทั้งการศึกษาในประเทศและต่างประเทศอีกมากมาย เช่น Katarzyna (1997) พบการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และทองแดงในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำ Moore and Ramamoorthy (1984) ทำการศึกษาระบบเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักในธรรมชาติ

นอกจากจะมีการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินดังกล่าวแล้ว ยังมีงานวิจัยอีกจำนวนมากที่พยายามตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ประเภทต่างๆ โดยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) เช่น Relon (1996) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาบางชนิดในประเทศฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ Katarzyna (1997) ได้ศึกษาการสะสมของ แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง ในพืชน้ำ ปลากินพืช ปลากินสัตว์ ในระบบนิเวศทะเลสาบ และมีการศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักหลายชนิดในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของหอยน้ำเค็ม เช่น Le Pennec and Le Pennec (2001) และ Sud et al. (2001) เป็นต้น จากตัวอย่างงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักเริ่มต้นศึกษาในระบบสิ่งแวดล้อมไปจนถึงการสะสมในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศหรือระบบสิ่งแวดล้อม

ผลของโลหะหนักต่อกลุ่มสัตว์หน้าดิน จำพวกหอย

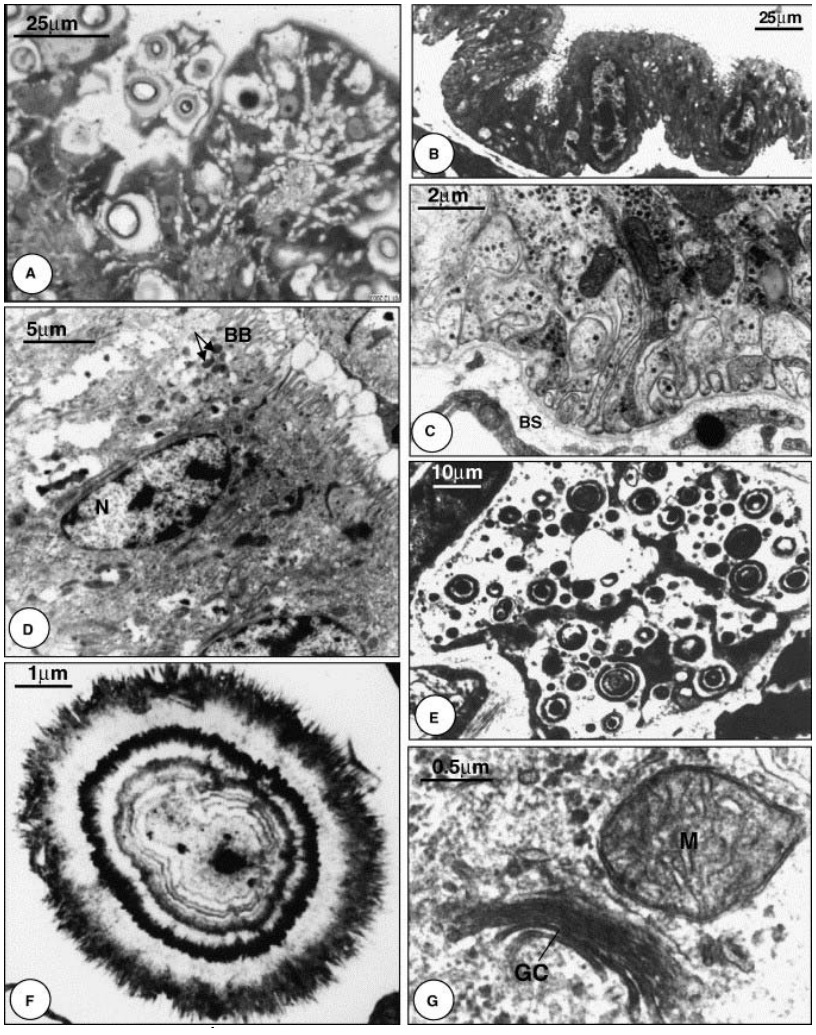
หอย เป็นสัตว์อีกกลุ่มหนึ่งที่นำมาใช้ในการศึกษาการสะสมของสารพิษในแหล่งน้ำ เช่น สารกำจัดศัตรูพืช และโลหะหนัก เป็นต้น ด้วยเหตุที่หอยจัดเป็นสัตว์หน้าดิน (benthos) และอาศัยอยู่ตามพื้นตะกอนของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสิ่งปนเปื้อนและมีสารอินทรีย์ปริมาณมาก ประกอบกับหอยเป็นสัตว์ที่มีความทนต่อสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์สูง มีความสามารถในการสะสมสารพิษในเนื้อเยื่อได้ดี เนื่องจากเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่กับที่ เคลื่อนที่ช้า และที่สำคัญคือหอยยังเป็นที่นิยมนำมาเป็นอาหารอีกด้วย หอยจึงเป็นสัตว์หน้าดินที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมของสารพิษต่างๆ ค่อนข้างมาก จากเหตุผลดังกล่าวสามารถที่จะระบุได้ว่า หอยเป็นดัชนีทางชีวภาพที่บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำได้ดีกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่นที่เคลื่อนที่ได้

ผลของความเป็นพิษของโลหะหนักที่มีต่อสัตว์หน้าดินจำพวกหอย พบว่ามีผลในระดับเซลล์ ดังตัวอย่างการศึกษาของ ลำใย ฉีรัตนพันธุ์ และชิตชล ผลารักษ์ (2551) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินและหอยกินได้ที่บึงโจด จังหวัดขอนแก่น พบว่าการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยมีปริมาณสูงกว่าในตะกอนดิน แสดงให้เห็นว่าสัตว์หน้าดินจำพวกหอยที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ได้รับการปนเปื้อนของโลหะหนักจะมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับโลหะหนัก นอกจากนี้ Chelomin et al. (1995) ทำการศึกษาการเหนี่ยวนำของแคดเมียมโดยใช้โลหะหนัก (ทองแดง สังกะสีและเหล็ก) ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหอยสแกลลอป ช่วยเหนี่ยวนำแคดเมียมเข้าไปในเนื้อเยื่อหอย พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในเนื้อเยื่อหอยสูงมากในอวัยวะของหอย โดยพบสูงมากในไต เหงือก และอวัยวะสืบพันธุ์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแคดเมียมมีการสะสมในเซลล์ไตหอยมากกว่าอวัยวะส่วนอื่น อาจเนื่องจากไตหอยเป็นอวัยวะที่ช่วยในการขับของเสียออกจากร่างกาย ยิ่งกว่านั้น Desouky (2006) ได้ทำการศึกษาผลของแคดเมียมที่มีต่อเซลล์ไตของหอย โดยเลี้ยงหอยเป็นเวลา 30 วันในน้ำที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ซึ่งพบว่า เมื่อเซลล์ไตได้รับแคดเมียมในระดับหนึ่งจะมีผลทำให้ไมโทรคอนเดรียของเซลล์ไตหอยโตขึ้นผิดปกติดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะทำให้มีผลต่อการทำงานของไตหอย

นอกจากนี้ Neeratanaphan (2009) ทำการศึกษาผลของโลหะหนักที่มีต่อเซลล์ไตหอยในสภาพธรรมชาติ โดยศึกษาหอยในแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งน้ำที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าปริมาณของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อหอยสูงกว่าในตะกอนดิน โดยพบโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย คือ แคดเมียม 0.14 - 0.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว 0.48 - 2.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปรอท 0.29 - 0.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อศึกษาในระดับเซลล์ไตหอย พบว่าลักษณะของไมโทรคอนเดรียในเซลล์ไตหอยมีลักษณะที่โตผิดปกติ ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Desouky (2006) ดังแสดงในรูปที่ 3

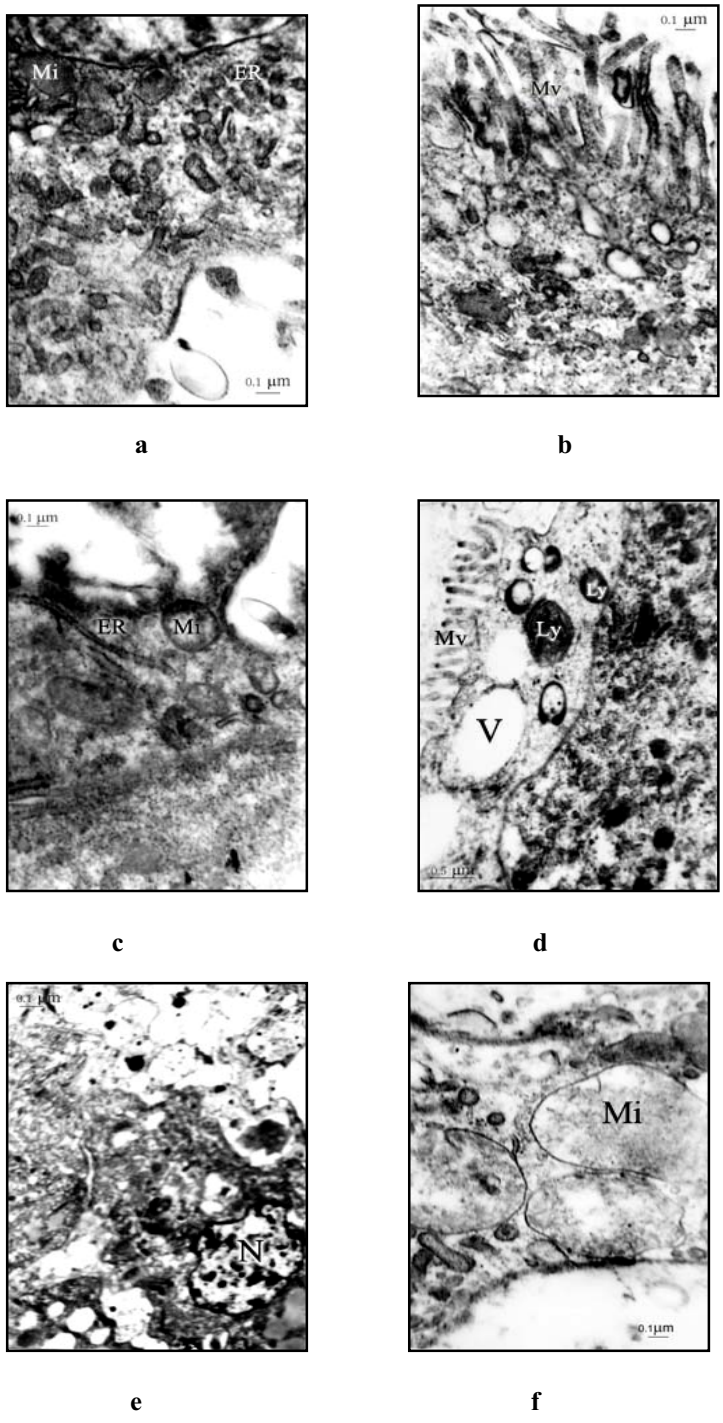
บทสรุป

โลหะหนักมีแหล่งแพร่กระจายส่วนใหญ่มาจากการเกษตรและอุตสาหกรรม รวมถึงจากชุมชนหรือครัวเรือน โดยความเป็นพิษที่เกิดขึ้นจะเริ่มต้นจากการที่โลหะหนักละลายอยู่ในน้ำ และสะสมอยู่ในตะกอนดิน ซึ่งการศึกษาโดยส่วนใหญ่จะพบโลหะหนักในตะกอนดินมากที่สุดเนื่องจากโลหะหนักตกทับถม และเกาะกับตะกอนดินได้เป็นอย่างดี สิ่งมีชีวิตชนิดที่กินเศษซากเป็นอาหาร และมีวงจรชีวิตส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณตะกอนดินในระบบนิเวศแหล่งน้ำจะได้รับโลหะหนักก่อนสิ่งมีชีวิตอื่น หลังจากนั้นโลหะหนักจะถูกถ่ายทอดต่อไปในระบบห่วงโซ่อาหารและส่งต่อมาสู่มนุษย์ในที่สุด เช่นเดียวกับสัตว์หน้าดินจำพวกหอยซึ่งมีวงจรชีวิตส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณตะกอนดินและมีการเคลื่อนที่ช้า จึงมีโอกาสได้รับพิษ



รูปที่ 2 ลักษณะของเซลล์ไตหอยที่ได้รับแคดเมียม ภาพ A-C เป็นลักษณะปกติของเซลล์ไตหอย ภาพ D-G เป็นลักษณะความผิดปกติของเซลล์ไตหอยหลังจากได้รับแคดเมียม ภาพ G แสดงให้เห็นถึงลักษณะความผิดปกติที่แคดเมียมมีผลทำให้ไมโทรคอนเดรียโตผิดปกติ (Desouky, 2006)

จากโลหะหนักที่สะสมอยู่ในตะกอนดินสูง การศึกษาในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าในร่างกายหอยที่อาศัยในแหล่งน้ำที่มีโลหะหนักปนเปื้อนจะมีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่สูงมาก โดยที่ความเป็นพิษของโลหะหนักเหล่านั้นจะแสดงความเป็นพิษต่อหอยในระดับเซลล์มากกว่าระดับโครงสร้างภายนอก



รูปที่ 3 ลักษณะของเซลล์ไตหอยที่ได้รับโลหะหนัก ภาพ (a), (b), (c) แสดงให้เห็นลักษณะเซลล์ไตหอยจากแหล่งน้ำที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงาน และภาพ (d), (e), (f) แสดงให้เห็นลักษณะของเซลล์ไตหอยจากแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงาน (ER= Endoplasmic Reticulum, Ly= Lysosomes, Mv= Microvilli, Mi= Mitochondria, N= Nucleus, V= Vacuole) (Neeratanaphan, 2009)

เอกสารอ้างอิง

แววตา ทองระอา และ สมพงษ์ ดุลยจินดาชบาพร. (2530). ผลของปรอทและแคดเมียมที่มีต่อการตายของลูกปูจาก *Varuna litterata* (Fabricius). สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางเสน.

ลำใย ณีรัตนพันธุ์ และชิตชล ผลารักษ์. (2551). คุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินและหอยกินได้ที่บึงโจด จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัย มข. ปีที่ 13 (ฉบับที่ 2): 197-207.

Allan, R. (1997). Mining and metals in the environment. J. Geochem. Explor. 58: 95-100.

Barnes, R. D. (1986). Invertebrate Zoology. Gettysburg College, Pennsylvania, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, USA.

Bebianno, M. J. and Langston, W. J. (1998). Cadmium and metallothionein turnover in different tissues of the gastropod *Littorina littorea*. Talanta. 46: 301-313.

Benavidies, M. P., Gallego, S. M., and Tomaro, M. L. (2005). Cadmium toxicity in plants. Braz. Journal of Plant Physiology. 17: 21-34.

Boening, D. W. (2000). Ecological effects, transport and fate of mercury; a general review. Chemosphere. 40: 1335-1351.

Britt E. Erickson. (2009). An Obscure Agency Under Fire. Chemical & Engineering News 87 (13): 27. http://pubs.acs.org/isubscribe/journals/cen/87/i13/html/8713gov2.html.

Chelomin, V. P., Bobkova, E. A., Lukyanova, O. N. and Chekmasova N. M. (1995). Cadmium-induced alterations in essential trace element homoeostasis in the tissues of scallop *Mizuhopecten yessoensis*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C. 110(3): 329-335.

Desouky, M. M. A. (2006). Tissue distribution and subcellular localization of trace metals in the pond sail *Lymnaea stagnalis* with special reference to the role of lysosomal granules in metal sequestration. Aquatic Toxicology. 77: 143-152.

Gagnaire, B., Thomas-Guyon, H. and Renault, T. (2004). In vitro effects of cadmium and mercury on Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), haemocytes. Fish & Shellfish Immunology. 16: 501-512.

Goyer, R. A. and Clarkson, T. W. (2001). Toxic effects of Metals. In: Klaussen CD, editor. Casarett and Dull's toxicology: the basic science of poisons. New York: McGraw-Hill. 811-867.

Humphrey, S. and Lister, K. B. (2004). Biological assessment Study: Indian Creek and Courtois Creek, Washington County, 2001-2002. Missouri Department of Natural Resources. Jefferson City. MO.

Ivanina, A. V., Habinck, E. and Sokolova I. M. (2008). Differential sensitivity to cadmium of key mitochondrial enzymes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin (Bivalvia: Ostreidae). Comparative Biochemistry and Physiology Part C. 148: 72-79.

Katarzyna, L. (1997). The Accumulation of Cd, Pb and Cu in the Aquatic Food Chains in Three Lakes Differing in the Trophic Condition. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 517-519.

Krenkle, P. A. (1975). Heavy Metal in the Aquatic Environment. Proceedings of the International Conference held in Nashvill, Tennessee, December 1973, p. 352.

Neeratanaphan, L. (2009). Accumulation and Toxicity of Heavy Metals on Edible Mollusks from Bueng Jode Wetland in Khon Kaen Province. PhD. Thesis in Environmental Science, Chiang Mai University, Thailand. 146 p.

Le Pennec G. and Le Pennec M. (2001). Acinar Promary Cell Culture from the Digestive Gland of *Pecten maximus* (L.): an Original Model for Ecotoxicological Purposes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 256: 171-187.

Lister, K. B. and Humphrey, S. (2005). Biological assessment and fine sediment study: Big River (lower): Irondale to Washington State Park, St Francois, Washington and Jefferson Counties, Missouri. Missouri Department of Natural Resources, Jefferson City, MO.

Moore J. W. and Ramamoorthy R. (1984). *Heavy* Metals in Natural Waters Applied Monitoring and Impact. New York: USA. Assess. Verlag New York Inc.

Morel, F. M. M., Krraepiel, A. M. L. and Amoyt, M. (1998). The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. Ann. Rev. Ecolog. Syst. 29: 543-566.

National Academy of Sciences (NAS). (2000). Toxicological Effects of Methylmercury. Washington D.C., 2000. Online. Available HTTP: <http://nap.edu/book/0309071402/ html> (accessed 1 June 2007).

Nriagu, J. O. (1980). Production, uses and properties of cadmium. In: Nriagu, J.O. (Ed.), Cadmium in the Environmental. Part I. New York: Ecological Cycling. John Wiley and Sons. 35-70.

Reinhold-Dudok van Hell, H.C. and Den Besten, P.J. (1999). The relation between macroinvertebrate assemblages in the Rhine Meuse delta (The Netherlands) and sediment quality. Aquatic Ecosystem Health and Management. 2 (1): 19-38.

Relon, M. L. (1996). Total Mercury of Selected Fish Species from Laguna De Bay. Department of Science, De La Salle University, Phillipines.

Sawyer, C., McCarty, P. and Parkin, G. (2003). Chemistry for environmental engineering and science. 5th ed., McGrawhill, Singapore.

Sericano, J. L. (2000). The Mussel Watch approach and its applicability to global chemical contamination monitoring programmers. In: Conti ME, Botre F, editors. The control of marine pollution: current status and future trends. Int J. Environmental Pollution, vol. 13 (1-6). Milton Keynes, UK: Interscience Enterprises Ltd: 340-350.

Sriyaraj, K. and Shutes, R. B. E. (2001). An assessment of the impact of motorway runoff on a pond, wetland and stream. Environmental International. 26: 433-439.

Sud D., Doumenc D., Lopez E. and Milet C. (2001). Role of Water-Soluble Matrix Fraction, Extracted from the Nacre of *Pinctada maxima*, in the Regulation of Cell Activity in Abalone Mantle Cell Culture (*Haliotis tuberculata*). Tissue&Cell. 33(2): 154-160.

United States Environmental Protection Agency (UNEP). (1978). Reviews of the environmental effects of pollutants: IV. Cadmium. US Environmental Protection Agency. ONRL/EIS-106. EPA-600/1-78-026.

Verlecar, X. N., Jena, K. B. and Chainy, G. B. N. (2007). Biochemical markers of oxidative stress in *Perna viridis* expose to mercury and temperature. Chemico-Biological Interreactions. 167: 219-226.

Wang, Y., Liang, L., Shi, J. and Jiang, G. (2005). Study on the contamination of heavy metals and their correlation in mollusks collected from coastal sites along Chinese Bohai Sea. Environmental International. 31: 1103-1113.

Weil, M., Bressler, J., Parsons, P., Bolla, K., Glass, T. and Schwartz, B. (2005). Blood mercury levels and neurobehavior function. JAMA. 293: 1875-1882.

WHO. (1991). Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury. Geneva, World Health Organization.

WHO. (1989). Environmental Health Criteria 85: Lead-Environmental Aspects, Geneva, World Health Organization.

❑❑❑❑❑