หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

หอยนางรมปากจีบ (Crassostrea commercialis) เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำจนถึงชายฝั่งทะเลซึ่งได้รับผลกระทบจากมลพิษต่าง ๆ เช่นโลหะหนักและสารพิษตกค้างจากยาฆ่าแมลง ในปัจจุบันนี้ปริมาณโลหะหนักในน่านน้ำไทยมีปริมาณสูง เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ทะเล (Menasveta and Swangwong, 1978) โลหะหนักในน้ำทิ้งนี้มักมีปริมาณสูงกว่าปกติในน้ำ ถ้าโลหะหนักเหล่านี้มีความเข้มข้นมากจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ นอกจากน้ำทิ้งดังกล่าวแล้วยังมีน้ำเย็นหล่อเครื่องจักร(Cooling water) ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงและมีผลเกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ การหายใจ ตลอดจนการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำด้วย (Wood, 1973; Tinsman and Maurer, 1974; Macqueen and Preston, 1983). Allen (1969) รายงานว่าอุณหภูมิน้ำที่เพิ่มขึ้นจากน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งถูกปล่อยออกมาจากโรงงานไฟฟ้าปรมาณูนั้นจะมีผลทางด้านชีววิทยาของสัตว์น้ำ ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวไม่เหมาะต่อการวางไข่ของสัตว์ทะเลและมีผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและยังมีผลในการลดขนาดของสัตว์ที่โตเต็มวัยแล้ว (Naylor, 1965) ส่วน MacInnes and Calabrese (1977) รายงานว่าความเป็นพิษของโลหะหนักจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่นอุณหภูมิและความเค็ม

ในการศึกษาความเป็นพิษของโลหะหนักที่มีต่อสัตว์ทะเลนั้นมักทำกับสัตว์ที่โตเต็มวัย แต่การใช้สัตว์ที่โตเต็มวัยในการศึกษาความเป็นพิษของโลหะหนักนั้นอาจไม่ใช่วิธีการวัดผลกระทบของโลหะหนักที่สมบูรณ์แบบเนื่องจากสัตว์ในช่วงอายุต่างกันจะมีความทนทานต่อโลหะหนักต่างกัน โดยระยะที่เป็นเอมบริโอจะทนต่อความเป็นพิษของโลหะหนักได้น้อยที่สุด (Davis and Chanley, 1956; Cairns et al, 1965; Wisely and Blick, 1967; Bryan, 1971; Calabrese et al, 1974, 1977 b; Hrs-Brenko et at, 1977). Okubo and Okubo ในปี 1962 อ้างตาม วัฒนา ไวยนิยา (2523) สรุปว่าไข่ที่ถูกผสมแล้วของหอยล่องฝาและหอยเม่นเหมาะสม

ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษต่าง ๆ Mileikovsky (1970) รายงานว่าในการศึกษาความเป็นพิษของมลภาวะที่มีต่อสัตว์ทะเลนั้นควรศึกษาถึงผลของมันที่มีต่อเอมบริโอหรือตัวอ่อนควบคู่ไปกับสัตว์ที่โตเต็มวัย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อความเป็นพิษของโลหะหนักบางชนิดต่อเอมบริโอของหอยนางรมปากจีบเปรียบเทียบกับความเป็นพิษต่อหอยนางรมปากจีบที่โตเต็มวัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการของหอยนางรมปากจีบจากไข่ที่ผสมแล้วจนเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped ที่อุณหภูมิ 23.5, 28.0 และ 32.5 องศาเซลเซียส

2. เพื่อศึกษาผลของทองแดง แคดเมียมและตะกั่วที่มีต่อพัฒนาการของหอยนางรมปากจีบจากไข่ที่ผสมแล้วจนเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped ที่อุณหภูมิ 23.5, 28.0 และ 32.5 องศาเซลเซียส

3. เพื่อหาพิษเฉียบพลันของทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ที่มีต่อหอยนางรมปากจีบที่โตเต็มวัยที่อุณหภูมิ 23.5, 28.0 และ 32.5 องศาเซลเซียส

4. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเพิ่มหรือลดความเป็นพิษของทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ที่มีต่อหอยนางรมปากจีบ

5. เพื่อเปรียบเทียบพิษเฉียบพลันของโลหะหนักบางชนิด (ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว) ที่มีต่อหอยนางรมวัยอ่อนและที่โตเต็มวัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาทดลองทำให้ทราบถึงพิษเฉียบพลันของทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ที่มีต่อหอยนางรมปากจีบวัยอ่อนและที่โตเต็มวัย ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งถึงความเป็นพิษที่จะเกิดกับสัตว์ทะเลและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำ โดยจำกัดว่าในแหล่งน้ำหนึ่ง ๆ ควรมีปริมาณโลหะหนักอยู่ในปริมาณเท่าใดโดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และเป็นการวางมาตรการ ควบคุมปริมาณโลหะหนักที่ออกมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อันเป็นการ

อนุรักษ์ธรรมชาติให้อยู่ในสภาพที่อุดมสมบูรณ์ทางหนึ่ง นอกจากนี้การผสมเทียมหอยนางรมปากจีบตลอดจนการเพาะฟักลูกหอยก็มีประโยชน์ในด้านการเพาะเลี้ยงซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตของลูกหอยในธรรมชาติให้มีมากขึ้น

## การสำรวจเอกสาร

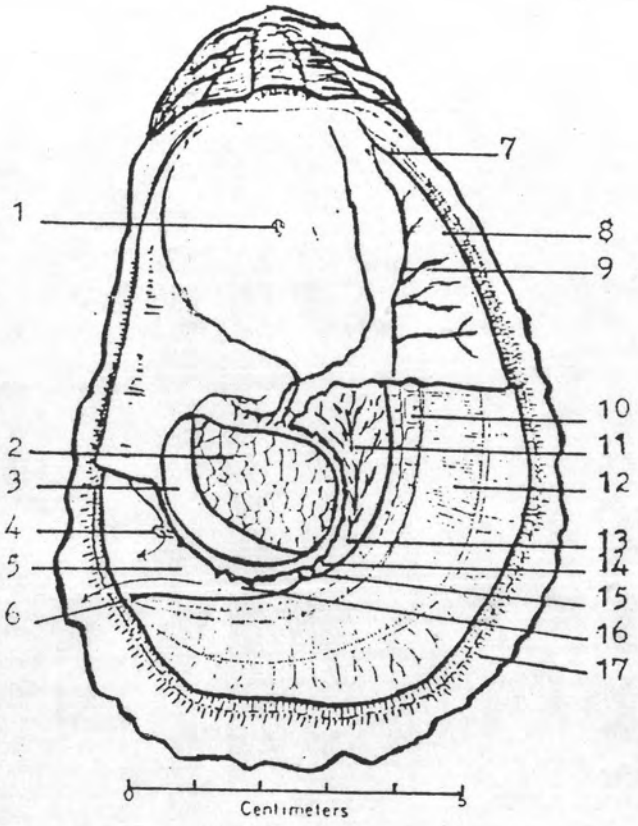
### ก. ชีววิทยาบางประการของหอยนางรม

#### 1. ลักษณะทั่ว ๆ ไป

หอยนางรมปากจีบ (Crassostrea commercialis, Iredale and Roughley) เป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่บริเวณหาดหินทั้งในอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน พบชุกชุมมากที่จังหวัดชลบุรี จันทบุรี และระยอง หอยนางรมอาศัยติดอยู่กับหินไม้หรือเปลือกหอยชนิดต่าง ๆ เปลือกทั้งสองข้างไม่เท่ากัน เปลือกทางซ้ายซึ่งอยู่ด้านล่างจะมีลักษณะโค้งเว้าคล้ายถ้วยติดอยู่กับวัสดุ ส่วนเปลือกทางขวาซึ่งอยู่ด้านบนมีขนาดเล็กกว่าและค่อนข้างเรียบทำหน้าที่เปิดปิดให้น้ำและอาหารผ่านเข้าออกได้ ส่วนปลายสุดด้านบานพับมีลักษณะค่อนข้างแหลม ด้านริมหรือขอบเป็นรอยหยัก บางตัวอาจมีขอบเรียบขึ้นอยู่กับอายุ ขนาด และสภาพแวดล้อมที่หอยอาศัยอยู่ (ไพโรจน์ พรหมานนท์, 2505; Galtsoff, 1964) เมื่อเปิดฝาข้างขวาออกจะพบเยื่อบาง ๆ สีขาวที่ขอบมีสีน้ำตาลหรือดำและปกคลุมอวัยวะภายในทั้งหมด มีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางทำหน้าที่เปิดปิดฝาหอย มีเหงือก 2 คู่ยาวเกือบตลอดลำตัว ทำหน้าที่กรองอาหาร ช่วยในการหายใจและขับถ่ายของเสีย ลำตัวเป็นเนื้ออ่อนนุ่มเป็นที่รวมของอวัยวะระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบย่อยอาหาร ระบบประสาท ระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบขับถ่ายของเสียและระบบสืบพันธุ์ (Medcof, 1963) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 1

#### 2. เพศ ฤดูกาลผสมพันธุ์และการวางไข่ของหอยนางรม

การสังเกตเพศอย่างหยาบสำหรับหอยนางรมสกุล Crassostrea sp. นั้นพิจารณาจากสีของบริเวณที่มีไข่และสเปิร์มกับเยื่อบุภายในฝาตอนที่อยู่ใกล้กับบานพับ ถ้าเป็นตัวเมียบริเวณดังกล่าวจะมีสีครีมแต่ในตัวผู้จะมีสีขาว การตรวจเพศที่แน่นอนทำโดยตรวจไข่และสเปิร์มด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งในตัวเมียจะพบไข่มีรูปร่างค่อนข้างกลมขนาดประมาณ 40 -




รูปที่ 1 แสดงอวัยวะภายในของหอยนางรม

1. rudimentary Quenstedt's muscle
2. adductor muscle
3. adductor muscle, white part
4. anus
5. cloaca
6. fusion of gills and mantle
7. circumpallial nerve
8. circumpallial artery
9. blood vessels
10. Water tubes of the gills
11. gonoducts
12. gills
13. opening of the urinogenital vestibule
14. visceral ganglion
15. pyloric process
16. epibranchial chamber of the gills
17. tentacles

(จาก Galtsoff, 1964)

50 ไมครอน ส่วนตัวผู้จะพบสเปร์มที่มีขนาดเล็กมาก (มาโนช หงษ์พร้อมญาติ, 2510) การผสมพันธุ์และวางไข่ของหอยนางรม (Crassostrea sp.) เป็นพวกที่ออกลูกเป็นไข่ (Oviparous species) คือไข่และสเปร์มที่ถูกปล่อยออกมาจะปฏิสนธิกันในน้ำทะเล (External fertilization) หอยนางรมสกุลนี้เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์หอยแต่ละตัวจะแยกเพศเป็นตัวผู้และตัวเมีย แต่หลังจากฤดูผสมพันธุ์ไปแล้วหอยบางตัวอาจเปลี่ยนเป็นเพศตรงข้ามได้ (Galtsoff, 1964)

ไพโรจน์ พรหมานนท์ (2505) รายงานว่าฤดูการวางไข่ของหอยนางรม (Crassostrea vitrefacta) ที่ตำบลแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี มีอยู่ตลอดทั้งปีแต่ชุกชุมมากในเดือนเมษายน - มิถุนายน และอีกช่วงหนึ่งในเดือนกันยายน - พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิ ความเค็มและปัจจัยอื่น ๆ เช่นอาหาร น้ำขึ้นน้ำลง ความกดดันและความถ่วงจำเพาะของน้ำเหมาะสมที่สุด ไพโรจน์ พรหมานนท์ (2510) พบว่าหอยนางรมพันธุ์เล็กมีการวางไข่สูงสุด 2 - 3 ครั้งในรอบปี ช่วงแรกประมาณเดือนมีนาคม - เมษายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนที่อุณหภูมิของน้ำทะเลจะขึ้นสูงที่สุดเล็กน้อย ช่วงที่สองในเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม เป็นช่วงที่ความเค็มของน้ำทะเลเริ่มลดต่ำลง ส่วนช่วงที่สามในเดือนกันยายน - ตุลาคม เป็นช่วงที่ความเค็มของน้ำทะเลเริ่มสูงขึ้นสู่ระดับปกติ ไพโรจน์ พรหมานนท์ (2511) พบว่าหอยนางรม (Crassostrea commercialis) ที่ตำบลแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี จะอ้วนในเดือนเมษายน - พฤษภาคม และอีกครั้งในเดือนกันยายน - ตุลาคม และผอมในเดือนกรกฎาคม - เมษายน

มาโนช หงษ์พร้อมญาติ (2510) รายงานว่าลูกหอยนางรม (Crassostrea sp.) ในบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีการลงเกาะทุกเดือน แต่พบมากที่สุดในเดือนธันวาคม ไพเราะ เคาคิรกุล (2518) พบว่าจำนวนประชากรของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea commercialis) ที่ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี มีมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และมีน้อยในช่วงฤดูฝน

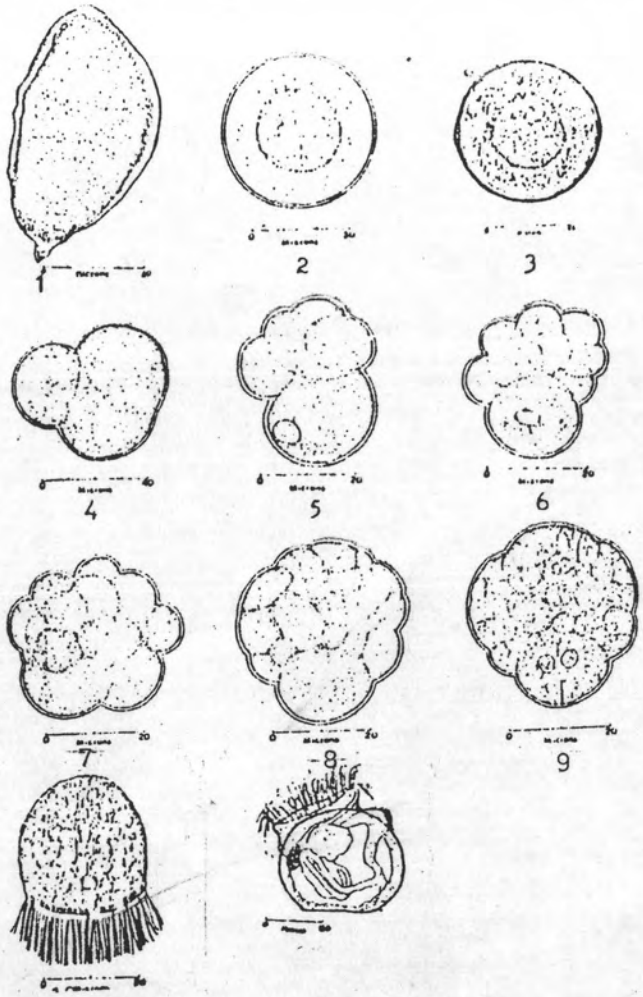
โดยสรุปจากผลงานวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าฤดูการวางไข่ของหอยนางรมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลา สถานที่และสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษา

3. การพัฒนาการของไข่หอยนางรม

เมื่อไข่และสเปิร์มถูกปล่อยออกมาจากหอยนางรมเพศเมียและเพศผู้แล้วจะเกิดการปฏิสนธิกัน ไข่ที่ถูกผสมแล้วจะมีพัฒนาการเป็นลำดับขั้น ซึ่ง Galtsoff (1964) ได้ศึกษาถึงพัฒนาการของไข่หอยนางรม (Crassostrea virginica) ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง (23 - 25 องศาเซลเซียส) ที่ Woods Hole ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าไข่เมื่อได้รับการผสมแล้วจะมี polar body เกิดขึ้นภายในเวลาประมาณ 25 - 65 นาที จากนั้นเจริญต่อไปเป็นระยะ first cleavage ในเวลาประมาณ 45 นาที และระยะ second cleavage ในเวลาประมาณ 52 - 120 นาที ส่วนระยะ third cleavage ใช้เวลาประมาณ 55 - 195 นาที แล้วเจริญต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะ moving blastula ภายใน 6 ชั่วโมง ระยะนี้มี cilia เล็ก ๆ ช่วยในการเคลื่อนที่ ต่อมาประมาณ 8 - 9 ชั่วโมงหลังปฏิสนธิจะเจริญเป็น trochophore larvae และเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped stage หรือ Straight-hinge stage ที่สมบูรณ์ภายในเวลาประมาณ 32 - 48 ชั่วโมง (รูปที่ 2)

สำหรับการศึกษาพัฒนาการของไข่หอยนางรมในประเทศไทยนั้น เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ (2522) ได้รายงานระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของหอยนางรม (Crassostrea lugubris) จากไข่ที่ผสมแล้วจนเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped ที่อุณหภูมิ 23.5, 28.0 และ 32.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 48 - 60, 48 และ 36 ชั่วโมง ตามลำดับ สุวราภรณ์ ลิ้มแย้มปิ่น (2525) ศึกษาพัฒนาการของไข่หอยนางรมปากจีบ (Crassostrea commercialis) ตั้งแต่ปฏิสนธิจนเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped ใช้เวลาประมาณ 17 - 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 24.8 - 26.0 องศาเซลเซียส

ส่วนผลของความเค็มที่มีต่อความทนทานของหอยนางรมปากจีบ (Crassostrea commercialis) นั้น ณัฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และอมลิน อภิจิต (2523) รายงานว่าพิกัดของความเค็มที่เหมาะสมสำหรับไข่หอยนางรมปากจีบที่ถูกผสมแล้วและพัฒนาได้เป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped อยู่ในช่วง 30 - 35 ส่วนในพันส่วน ส่วนพิกัดของความเค็มที่เหมาะสมสำหรับหอยนางรมที่โตเต็มวัยอยู่ในช่วง 25 - 35 ส่วนในพันส่วน




รูปที่ 2 พัฒนาการของหอยนางรมตั้งแต่ไข่ถึงระยะ D-shaped

1. ไข่ก่อนการปฏิสนธิ
2. ไข่หลังปฏิสนธิแล้ว
3. ระยะ Polar body
4. ระยะ First cleavage
5. ระยะ Third cleavage
6. ระยะ Fourth cleavage
7. ระยะ Fifth cleavage
8. ระยะ Sixth cleavage
9. ระยะ Sterroblastula
10. ระยะ Swimming blastula
11. ระยะ D-shaped stage

(จาก Galtsoff, 1964)

ข. การแพร่กระจายของโลหะหนักในน่านน้ำไทย

ปริมาณโลหะหนักในน่านน้ำไทยมีผู้ทำการศึกษาหลายท่านด้วยกัน เช่น ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ และคณะ (2521) รายงานว่าแคดเมี่ยมในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนอยู่ในช่วง 0.02 - 0.03 ส่วนในพันล้านส่วน และอ่าวไทยตอนล่างอยู่ในช่วง 0.02 - 0.05 ส่วนในพันล้านส่วน สำหรับตะกั่วในอ่าวไทยมีค่าเฉลี่ย 7.0 ส่วนในพันล้านส่วน Hungspreugs and Wattayakorn (1978) รายงานค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 3 ปีของแคดเมี่ยม ตะกั่ว และสังกะสีในอ่าวไทยตอนบนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำว่ายังอยู่ในระดับปกติ คือ 0.03, 0.01 - 6.0 และ 5.91 ส่วนในพันล้านส่วน ตามลำดับ ส่วนทองแดงมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.32 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งมีค่าสูงกว่าปกติเล็กน้อยแต่ยังไม่ถึงขั้นอันตราย Menasveta and Swangwong (1978) ศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างพบว่าความเข้มข้นของแคดเมี่ยม ตะกั่ว ปรอท ที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าสูงและสรุปว่าปริมาณโลหะเหล่านี้ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในบริเวณนั้น ส่วน Hungspreugs (1981) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนพบว่าความเข้มข้นของแคดเมี่ยม ตะกั่ว และทองแดง อยู่ในช่วง 0.01 - 0.11, 0.06 - 1.16 และ 0.50 - 2.00 ส่วนในพันล้านส่วน ตามลำดับ และได้อ้างถึง Polprasert et al ในปี ค.ศ. 1979 กับ Idthikasem et al ในปี ค.ศ. 1980 ที่ได้ศึกษาปริมาณแคดเมี่ยม ตะกั่ว และทองแดงบริเวณอ่าวไทยตอนบนว่ามีค่า 70.2 - 89.3, 430.7 - 560.2, 60.0 - 70.0 ส่วนในพันล้านส่วน และ 0.1 - 3.4, 2.0 - 38.0, 1.0 - 20.0 ส่วนในพันล้านส่วน ตามลำดับ Hungspreugs ได้สรุปค่าที่ได้ซึ่งต่ำกว่ารายงานของผู้วิจัยอื่น ๆ ว่า อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป อำไพ อิทธิเกษมและคณะ (2524) ศึกษาปริมาณโลหะในอ่าวไทยตอนบนพบว่าปริมาณโลหะสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลหะในน้ำทะเลของโลกยกเว้นทองแดง กล่าวคือ ตะกั่วอยู่ในช่วง 2 - 28 ส่วนในพันล้านส่วน แคดเมี่ยม 0.2 - 0.12 ส่วนในพันล้านส่วน และทองแดงอยู่ในช่วง 1.4 - 5.7 ส่วนในพันล้านส่วน เจริญ วัชระรังสี และคณะ (2524) สำรวจความสกปรกของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทย พบว่าปริมาณปรอทและตะกั่วในบริเวณที่มีประชาชนและอุตสาหกรรมหนาแน่นมีปริมาณสูงกว่าน้ำทะเลปกติที่อยู่ในระยะห่างออกไปจากฝั่ง แสดงว่าปริมาณดังกล่าวต้องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ในแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งท่องเที่ยวเป็นส่วนใหญ่

ค. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสัตว์ทะเล

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและมีผลต่อการแพร่กระจายของสัตว์เป็นอย่างมาก (Gunter, 1957; Kinne, 1963; Weihe, 1973) อุณหภูมิมีผลต่อขบวนการเมตาโบลิซึม การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ในพวกปลาและสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (Mihursky, 1967; Hedgpeth and Gonor, 1969) นอกจากนี้ Wood (1973) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อมและมีผลต่อขบวนการทางชีววิทยาในระยะเวลาสั้น ๆ แต่จะยับยั้งขบวนการอื่น ๆ ในระยะเวลายาวนาน Hynes (1963) รายงานว่าน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงที่ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำและทะเลถ้าทำให้อุณหภูมิในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ขบวนการทางชีววิทยาเกิดเร็วขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างมาก เช่น 5 - 10 องศาเซลเซียสจะเป็นอันตรายต่อสัตว์ในบริเวณนั้น Naylor (1965) พบว่าน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีผลต่อสัตว์ในเขตร้อนมากกว่าสัตว์ในเขตหนาว เนื่องจากสัตว์ในเขตร้อนอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ทำให้สัตว์ตาย (Lethal temperature) ดังนั้นจำนวนชนิดของสัตว์ที่อาศัยอยู่จึงมีน้อยและมันต้องปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่วนสัตว์ในเขตหนาวจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงทำให้ฤดูการเจริญเติบโตยาวนานขึ้น (Ansell et al, 1964) นอกจากนี้ Edgren and Notten (1980) และ Huisman et al (1980) รายงานว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิต การรับสารพิษเข้าสู่ร่างกายตลอดจนการเปลี่ยนแปลงความเป็นพิษของสารพิษต่าง ๆ เช่น โลหะหนักและยาฆ่าแมลงที่มีต่อสัตว์ทะเลอีกด้วย Tinsman and Maurer (1974) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดำรงชีวิตของหอยนางรม (Crassostrea virginica) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการกรองน้ำ การหายใจ การกิน-อาหาร การเก็บกักอาหาร การพัฒนาการของอวัยวะรังไข่ (gonad) ตลอดจนการวางไข่ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ขบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายเพิ่มขึ้น

ส่วนผลของอุณหภูมิที่มีต่อตัวอ่อนของสัตว์ทะเลนั้น Kobayashi ในปี ค.ศ. 1971 และปี ค.ศ. 1973 อ้างตามวัฒนา ไวยนิยา (2523) ได้สรุปว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 องศาเซลเซียส ของอุณหภูมิปกติในฤดูร้อนจะมีผลต่อการสืบพันธุ์ของสัตว์ทะเลโดยลดอัตราการปฏิสนธิและการแบ่งเซลระยะ cleavage ของไข่หอยเม่น (Anthocidaris crassispina)

และทำให้เกิดการแบ่งเซลที่ผิดปกติเป็นจำนวนมาก ซึ่งเซลพวกนี้จะสลายตัว (cytolysis) ในเวลาต่อมา Diaz (1973) ศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่มีต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea virginica) พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว 10 องศาเซลเซียส หรือ 15 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอย แต่การเพิ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะเป็นอันตรายต่อตัวอ่อนและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นด้วย Helm and Millican (1977) ศึกษาผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และระยะเวลาในการเปลี่ยนน้ำที่ใช้เลี้ยงตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea gigas) โดยใช้เวลาในการเลี้ยง 6 - 10 วันหลังจากปฏิสนธิ พบว่าตัวอ่อนหอยนางรมเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน และการเปลี่ยนน้ำที่ใช้เลี้ยงตัวอ่อนทุก ๆ 48 ชั่วโมง จะทำให้ตัวอ่อนหอยเจริญเติบโตเร็วขึ้นเพราะได้น้ำและอาหารใหม่ แต่ถ้าเปลี่ยนน้ำบ่อยกว่านี้จะทำให้ตัวอ่อนหอยเจริญได้ช้าลงอาจเป็นเพราะกรรมวิธีในการเปลี่ยนน้ำซึ่งมีผลทำให้ตัวอ่อนบอบช้ำได้ เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ (2522) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตของหอยนางรมวัยอ่อน (Crassostrea lugubris) พบว่าการพัฒนาการจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้เพาะฟักมีค่าสูงขึ้น และค่า $LT_{50}$ ที่ 24 ชั่วโมง ของตัวอ่อนระยะ D-shaped ที่อุณหภูมิ 23.5, 28.0 และ 32.5 องศาเซลเซียส มีค่า 34.5, 37.45 และ 37.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า $LT_{50}$ ที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงมีค่าสูงขึ้น

ง. ผลของโลหะหนักต่อสัตว์ทะเล

ในปัจจุบันโลหะหนักในแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเลมีปริมาณสูงขึ้น (Mileikovsky, 1970; Helz et al, 1975; Pesch et al, 1979) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำได้ Glickstein (1978) ศึกษาผลของปรอทต่อเอมบริโอของหอยนางรม (Crassostrea gigas) โดยการเติมปรอทลงในน้ำทะเลที่มีไข่หอยนางรมในช่วงเวลา 0, 2 และ 8 ชั่วโมง แล้วเลี้ยงต่อไปจนไข่เจริญเป็นตัวอ่อนระยะ D-shaped ปรากฏว่าเปอร์เซ็นต์พัฒนาการที่ผิดปกติของเอมบริโอไม่แตกต่างกันและพบว่าเอมบริโอของหอยนางรมทนต่อความเป็นพิษของโลหะหนักได้น้อยที่สุด Wisely and Blick (1967) ศึกษาผลของสังกะสีที่มีต่อเอมบริโอของหอยนางรม (Crassostrea virginica) ได้ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับ 0.31 ส่วนในล้านส่วน Brereton et al (1973) ศึกษา

ผลของสังกะสีที่มีต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea gigas) พบว่าความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตของตัวอ่อนลดน้อยลง อัตราการตายสูงขึ้นและตัวอ่อนมีพัฒนาการที่ผิดปกติมากขึ้น กล่าวคือ เอมบริโอที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเข้มข้นของสังกะสี 0.25 ส่วนในล้านส่วนเป็นเวลา 2 วัน จะทำให้ตัวอ่อนมีการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติหรือไม่สามารถสร้างเปลือกมาหุ้มตัวได้ ซึ่งเขาสรุปว่า สังกะสีน่าจะมีผลในการห้ามระบบการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งสอดคล้องกับ Mileikovsky (1970) ที่ว่าโลหะหนักมีผลต่อเอนไซม์ของตัวอ่อนของสัตว์ทะเล Calabrese et al (1977a) รายงานค่า $LC_{50}$ ของปรอท, เงิน, ทองแดง และนิเกิล ของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea virginica) เท่ากับ 0.012, 0.025, 0.033 และ 1.2 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ส่วนตัวอ่อนของ Mercenaria mercenaria มีค่า $LC_{50}$ ของปรอท, เงิน, ทองแดง และนิเกิล เท่ากับ 0.015, 0.032, 0.016 และ 5.70 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

สำหรับผลของโลหะหนักที่มีต่อหอยที่โตเต็มวัยนั้น Brungs (1969) รายงานว่าหอยที่โตเต็มวัยสามารถสะสมโลหะหนักได้ในปริมาณสูงโดยที่มันไม่ตาย Segar et al (1971) พบว่าโลหะหนักที่สะสมในหอยนั้นพบในกล้ามเนื้อและเปลือกในระดับต่ำ ที่ mantle เหงือกและอวัยวะรังไข่ในระดับปานกลางและที่กระเพาะกับลำไส้ในปริมาณสูง Thurberg et al (1975) พบว่า เงินสะสมที่เหงือกของหอย (clam) มากกว่าเนื้อเยื่ออื่น ๆ ถึง 4 เท่า Greig, Nelson and Nelson (1975) ศึกษาการถ่ายทอดโลหะหนัก เช่น เงิน แคดเมี่ยม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี จากหอยนางรม (Crassostrea virginica) ที่โตเต็มวัยไปยังไข่ พบว่าปริมาณโลหะหนักจะถูกถ่ายทอดไปยังไข่ในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่และไม่ขึ้นกับปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในตัวหอยนางรมที่โตเต็มวัย Cairns et al (1975a) รายงานว่าโลหะหนักมีผลต่อเอนไซม์, ขบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ และมีผลทำให้การแลกเปลี่ยนสารภายในร่างกายหยุดชะงัก เช่น ห้ามการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เหงือกปลาซึ่งจะมีผลมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น Dorn (1976) พบว่า methyl mercury acetate มีผลต่อการกินอาหารของหอยแมลงภู่ (Mytilus edulis) ซึ่งปรอทมีผลต่อระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของ cilia บนเนื้อเยื่อส่วนเหงือก

1. ความเป็นพิษของทองแดง

ทองแดงเป็นโลหะหนักที่มีพิษต่อสัตว์ทะเล (Spraque, 1964; Wisely and Blick, 1967; Portman, 1968) Riley (1965) พบว่าทองแดงในน้ำทะเลตามปกติมีค่าตั้งแต่ 1 - 20 ส่วนในพันล้านส่วน Pesch et al (1977) รายงานว่าทองแดงที่มีอยู่ในแหล่งน้ำส่วนใหญ่ได้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทอผ้า โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานไฟฟ้า สีกันเพรียงตลอดจนของเสียจากบ้านเรือนเป็นต้น ซึ่งมักปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณของทองแดงที่พบในแหล่งน้ำสูงกว่าปกติ

สำหรับผลของทองแดงที่มีต่อตัวอ่อนของสัตว์ทะเลนั้น Okubo and Okubo ในปี ค.ศ. 1962 อ้างตาม วัฒนา ไวยนิยา (2523) ได้สรุปว่าทองแดงที่ความเข้มข้น 0.10 ไมโครกรัม-ต่อกรัม มีผลกระทบต่อพัฒนาการของไข่หอยนางรม (Crassostrea gigas). Makee and Wolf (1963) รายงานว่าทองแดงที่ความเข้มข้น 0.065 ส่วนในล้านส่วน ไม่มีผลต่อการปฏิสนธิและการแบ่งเซลระยะ cleavage ของไข่หอยเม่น แต่ทองแดงที่ความเข้มข้น 0.16 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดความผิดปกติได้ และทองแดงที่ความเข้มข้น 0.05 - 0.16 ส่วนในล้านส่วน จะเป็นพิษต่อตัวอ่อนหอยนางรม Wisely and Blick (1967) ศึกษาผลของทองแดงที่มีต่อตัวอ่อนหอยแมลงภู่ (Mytilus edulis) พบว่าตัวอ่อนของหอยแมลงภู่ตาย 50% ภายใน 2 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 35.3 ส่วนในล้านส่วน และการที่หอยทนต่อความเป็นพิษได้สูงเนื่องมาจากความสามารถในการปิดเปลือกของหอยเพื่อไม่ให้พิษเข้าภายในตัวหอยได้ Calabrese et al., (1973) รายงานว่าทองแดงที่ความเข้มข้น 0.13 ส่วนในล้านส่วน ทำให้เอมบริโอของหอยนางรม (Crassostrea virginica) ตาย 100% Prytherch (1931) รายงานว่าทองแดงเป็นโลหะที่จำเป็นในการลงเกาะ การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของหอยนางรม ซึ่งสอดคล้องกับ Engel and Fowler (1979) ที่ศึกษาผลของทองแดงที่มีต่อตัวอ่อนหอยนางรม พบว่าทองแดงมีผลต่อรูปร่างของเซลเนื้อเยื่อ สรีระวิทยา ตลอดจนการดำรงชีวิต และตัวอ่อนหอยนางรมสามารถลงเกาะและเจริญเติบโตได้อย่างปกติที่ความเข้มข้นของทองแดง 0.6 ส่วนในล้านส่วน ส่วนวัฒนา ไวยนิยา (2523) ศึกษาผลของทองแดงที่มีต่อตัวอ่อนของหอยเม่น (Temnopleurus toreumaticus) พบว่าทองแดงที่ความเข้มข้น 0.38 ส่วนในล้านส่วน ทำให้ตัวอ่อนหอยเม่นมีพัฒนาที่ผิดปกติโดยเฉลี่ย 22.57%

ส่วนผลของทองแดงที่มีต่อสัตว์ทะเลที่โตเต็มวัยนั้น Brooks and Rumsby (1965) พบว่าสัตว์ทะเลต้องการทองแดงในปริมาณน้อยมากสำหรับการเจริญเติบโตที่เป็นปกติ แต่สัตว์ก็สามารถสะสมทองแดงไว้ในเนื้อเยื่อได้ถึง $10^3$ - $10^4$ เท่า ของทองแดงที่มีอยู่ในน้ำในบริเวณที่ไม่มีมลภาวะ Noddack and Noddack (1940) รายงานว่าความสามารถในการสะสมทองแดงจากน้ำทะเลสำหรับสิ่งมีชีวิตในทะเลนั้นมีค่าสูงถึง 7,500 เท่า โดยทองแดงจะรวมตัวกับโปรตีนเป็น Chromoprotein haemocyanin ซึ่งพบในสัตว์ทะเลหลายชนิด เช่น หอยและ Arthopods ส่วน Mandelli (1975) พบว่าทองแดงที่สะสมอยู่ในหอยนางรม (Crassostrea virginica) จะรวมตัวกับโปรตีนเก็บไว้ในเนื้อเยื่อซึ่งถูกกำจัดออกจากตัวหอยโดยวิธี Self - cleaning mechanism นอกจากนี้ปริมาณของทองแดงที่สะสมในตัวมาก ๆ จะยับยั้งขบวนการสร้างเซลเพศและการวางไข่ สำหรับการสะสมทองแดงในเนื้อเยื่อของหอย Bay scallop (Argopecten irradians) นั้นจะขึ้นอยู่กับสรีระวิทยาของหอยและความเข้มข้นของทองแดงในน้ำทะเล ซึ่ง Calabrese et al. (1977a) พบว่าถ้าน้ำทะเลมีทองแดงในปริมาณสูง หอยจะสะสมไว้ได้มากแต่ถ้าน้ำทะเลมีทองแดงในปริมาณน้อยหอยจะสะสมไว้ได้น้อย McLeese (1974) อ้างถึง Fujiya ในปี ค.ศ. 1960 ที่ได้ศึกษาผลของทองแดงที่มีต่อหอยนางรมพบว่าค่า $LC_{50}$ ที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 1.9 ส่วนในล้านส่วน Okazaki (1976) ศึกษาผลของทองแดงที่มีต่อหอยนางรม (Crassostrea gigas) โดยมีค่า $LC_{50}$ ที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 0.56 ส่วนในล้านส่วน Manley and Davenport (1979) พบว่าทองแดงที่ความเข้มข้น 0.085 $\pm$ 0.125 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้หอยนางรม (Crassostrea gigas) มีพฤติกรรมในการเปิดปิดฝาหอยที่ผิดปกติเมื่อเทียบกับการเปิดปิดฝาหอยในอ่างเปรียบเทียบ

สำหรับความเป็นพิษของทองแดง ระยะเวลาและอุณหภูมิที่มีต่อหอยสองฝาบางชนิดแสดงในตารางที่ 1

2. ความเป็นพิษของแคดเมี่ยม

แคดเมี่ยมที่พบในน้ำทะเลส่วนใหญ่ได้มาจากของเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานกระดาษ โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานทำ Cadmium plating และของเสียจากบ้านเรือนเป็นต้น(Preston, 1973) ซึ่งของเสียที่ปล่อยออกมานี้ทำให้ปริมาณแคดเมี่ยมในน้ำมีค่าสูงกว่าปริมาณปกติในน้ำ Waterman ในปี

ตารางที่ 1 ความเป็นพิษของโลหะหนัก (ทองแดง แคดเมี่ยม และตะกั่ว) ที่มีต่อหอยสองฝา

| สัตว์ | อุณหภูมิ (°ซ.) | เวลาที่ใช้ในการทดลอง | $LC_0$ (ppm.) | $LC_{50}$ (ppm.) | $LC_{100}$ (ppm.) | ผู้รายงาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ทองแดง | | | | |
| Crassostrea virginica embryo | 26 ± 1 | 48 ชั่วโมง | 0.08 | 0.103 | 0.13 | Calabrese et al., (1973) |
| Crassostrea virginica embryo | 20 | 48 ชั่วโมง | - | 0.015 | - | MacInnes and Calabrese (1978) |
| Crassostrea gigas embryo | 14 - 16 | 48 ชั่วโมง | - | 0.011 | - | Coglianese and Martin (1981) |
| Crassostrea gigas embryo | 22 - 23 | 48 ชั่วโมง | - | 0.180 | - | Watling ในปี ค.ศ. 1981 อ้างตาม Watling (1982) |
| Crassostrea cucullata embryo | 22 - 23 | 48 ชั่วโมง | - | 0.130 | - | Watling ในปี ค.ศ. 1981 อ้างตาม Watling (1982) |
| Crassostrea margaritacea embryo | 22 - 23 | 48 ชั่วโมง | - | 0.160 | - | Watling ในปี ค.ศ. 1981 อ้างตาม Watling (1982) |
| Crassostrea virginica larvae | - | - | - | - | >1.25 | Prytherch (1931) |
| Crassostrea virginica larvae | 25 ± 1 | 12 วัน | - | 0.0328 | - | Calabrese et al., (1977) |
| Crassostrea gigas larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.080 | - | Watling (1982) |
| Crassostrea cucullata larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.060 | - | Watling (1982) |
| Crassostrea margaritacea larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.060 | - | Watling (1982) |
| Mytilus edulis planulatus larvae | 26 | 2 ชั่วโมง | - | 35.3 | - | Wisely and Blick (1967) |
| Mercenaria mercenaria larvae | 25 ± 1 | 8 - 10 วัน | - | 0.0164 | - | Calabrese et al., (1977) |
| Crassostrea virginica adult | - | 96 ชั่วโมง | - | 1.90 | - | Mckee and Wolf (1963) |
| Crassostrea gigas adult | | 96 ชั่วโมง | - | 1.90 | - | Fujiya ในปี ค.ศ. 1960 อ้างตาม Okazaki (1976) |
| Crassostrea gigas adult | 13 ± 1 | 96 ชั่วโมง | - | 0.56 | - | Okazaki (1976) |
| Crassostrea madrasensis adult | 27 ± 0.5 | 96 ชั่วโมง | - | 0.088 | - | Kumaragura and Ramamoorthi (1978) |
| Mytilus edulis adult | - | 96 ชั่วโมง | - | 0.20 | - | Scott and Major (1972) |
| Mytilus edulis adult | - | 10 วัน | - | - | 0.045 | Adema ในปี ค.ศ. 1972 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Mytilus edulis adult | - | 19 วัน | - | 0.025 | - | Adema ในปี ค.ศ. 1972 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Mytilus edulis adult | - | 30 วัน | 0.012 | - | - | Adema ในปี ค.ศ. 1972 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Mytilus edulis adult | - | 96 ชั่วโมง | - | 0.25 | - | Davenport (1977) |
| Mya arenaria adult | - | 2-3 กิโลตาห์ | - | - | ≥0.02 | Pringle et al., ในปี ค.ศ. 1968 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 96 ชั่วโมง | 0.025 | 0.039 | 0.100 | Eisler (1977) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 168 ชั่วโมง | 0.025 | 0.035 | 0.050 | Eisler (1977) |
| Meretrix casta adult | 27 ± 0.5 | 96 ชั่วโมง | - | 0.57 | - | Kumaragura, Selvi and Venugopalan (1980) |
| Argopecten irradians adult | 9.5-15.0 | 96 ชั่วโมง | - | 0.31 | - | Pesch et al., (1979) |
| Donax faba adult | 27 - 32 | 96 ชั่วโมง | - | 0.93 | - | ปรีชา ก่มลฉี (2522) |
| Cardium edule adult | - | 48 ชั่วโมง | - | 1.0 | - | Portman ในปี ค.ศ. 1968 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Rangia cuneata adult | - | 48 ชั่วโมง | - | 14.7 | - | Olson and Harrel (1973) |

ตารางที่ 1 ต่อ

| สัตว์ | อุณหภูมิ (°ซ.) | เวลาที่ทำให้ในการทดลอง | $LC_0$ (ppm.) | $LC_{50}$ (ppm.) | $LC_{100}$ (ppm.) | ผู้รายงาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | แคดเมียม | | | |
| Crassostrea virginica embryo | 26 ± 1 | 48 ชั่วโมง | 1.0 | 3.8 | 6.0 | Calabrese et al., (1973) |
| Mya arenaria embryo | - | 48 ชั่วโมง | - | 2.2 | - | Nelson (1971) |
| Crassostrea gigas larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.085 | - | Watling (1982) |
| Crassostrea cucullata larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.080 | - | Watling (1982) |
| Crassostrea margaritacea larvae อายุ 3 วัน | 22 - 23 | 96 ชั่วโมง | - | 0.075 | - | Watling (1982) |
| Argopecten irradians juvenile | 20 ± 1 | 96 ชั่วโมง | - | 1.48 | - | Nelson et al., (1976) |
| Mytilus edulis adult | 20 | 96 ชั่วโมง | - | 25.0 | - | Eisler (1971) |
| Mytilus edulis adult | 18.5 | 96 ชั่วโมง | - | 1.62 | - | Ahsanullah (1976) |
| Mya arenaria adult | - | 96 ชั่วโมง | - | 2.2 | - | Eisler (1971) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 96 ชั่วโมง | 0.50 | 0.85 | 1.5 | Eisler (1977) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 168 ชั่วโมง | 0.05 | 0.15 | 1.5 | Eisler (1977) |
| Donax faba adult | 27 - 32 | 96 ชั่วโมง | - | 0.91 | - | ปรีชา ศิมมณี (2522) |
| Cardium edule adult | - | 96 ชั่วโมง | - | 2.0 | - | Portman and Wilson ในปี ค.ศ. 1971 อ้างตาม Maddock and Taylor (1980) |
| | | | ตะกั่ว | | | |
| Crassostrea virginica embryo | 26 ± 1 | 48 ชั่วโมง | 0.50 | 2.45 | >6.0 | Calabrese et al., (1973) |
| Mercenaria mercenaria embryo | 26 ± 1 | 48 ชั่วโมง | 0.40 | 0.78 | 1.20 | Calabrese and Nelson (1974) |
| Mercenaria mercenaria adult | - | 20 สัปดาห์ | 0.20 | - | - | Shuster and Pringle ในปี ค.ศ. 1968 อ้างตาม Eisler (1977) |
| Mytilus edulis adult | - | 96 ชั่วโมง | - | >500 | - | Portman and Wilson ในปี ค.ศ. 1971 อ้างตาม Maddock and Taylor (1980) |
| Cardium edule adult | - | 48 ชั่วโมง | - | 500 | - | Portman and Wilson ในปี ค.ศ. 1971 อ้างตาม Maddock and Taylor (1980) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 96 ชั่วโมง | 15.0 | 27.0 | 50.0 | Eisler (1977) |
| Mya arenaria adult | 22 ± 0.5 | 168 ชั่วโมง | 5.0 | 8.8 | 15.0 | Eisler (1977) |

009441
i17693926

ค.ศ. 1937 อ้างตามวัฒนา ไวยนิยา (2523) ได้เสนอว่าแคดเมี่ยมที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ จะมีผลในการลดขนาดของ blastula และ gastrula ของหอยเม่น(Arbacia punctulate) วัฒนา ไวยนิยา (2523) ศึกษาผลของแคดเมี่ยมที่มีต่อตัวอ่อนของหอยเม่น (Temnopleurus toreumaticus) พบว่าแคดเมี่ยมที่ความเข้มข้น 27.56 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้ตัวอ่อนหอยมีพัฒนาที่ผิดปกติ 18% Zaroogian and Morrison (1981) ศึกษาผลของแคดเมี่ยมที่มีต่อจำนวนไข่และการอยู่รอดของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea virginica) พบว่าน้ำทะเลที่มีแคดเมี่ยม 5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จะไม่เป็นอันตรายต่อเอมบริโอและการเจริญเติบโตของตัวอ่อนตลอดจนจำนวนไข่ของหอยนางรมที่โตเต็มวัย แต่น้ำทะเลที่มีแคดเมี่ยม 15 ไมโครกรัม-ต่อกิโลกรัม จะมีผลต่อเซลเพศ (gamete) ของหอย ทำให้เอมบริโอมีพัฒนาการที่ช้าลงและจำนวนตัวอ่อนที่อยู่รอดจะลดลงด้วย

สัตว์ที่โตเต็มวัยสามารถสะสมแคดเมี่ยมไว้ในร่างกายได้ในปริมาณสูง ซึ่ง Noddack and Noddack (1940) รายงานว่าสัตว์ทะเลบางชนิดสามารถสะสมแคดเมี่ยมจากน้ำทะเลได้สูงถึง 4,500 เท่า Zaroogian and Cheer (1976) พบว่าหอยนางรม (Ostrea virginica) สามารถสะสมแคดเมี่ยมในช่วงฤดูร้อนได้มากกว่าในฤดูหนาวถึง 2 เท่า Engel and Fowler (1979) อ้างถึง Shuster and Pringle ในปี ค.ศ. 1969 ว่าแคดเมี่ยมที่สะสมอยู่ในตัวหอยนางรม (Crassostrea virginica) มากกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้หอยตายได้และจากการวัดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อส่วนเหงือกซึ่งทดลองโดยใช้แคดเมี่ยมความเข้มข้น 0.1 - 1.0 ส่วนในล้านส่วน พบว่าแคดเมี่ยมมีผลต่อการหายใจของเนื้อเยื่อส่วนเหงือกน้อยมาก Eisler (1971) รายงานว่าสัตว์ทะเลมีค่า $LC_{50}$ ที่ 96 ชั่วโมง ของแคดเมี่ยมอยู่ในช่วง 0.32 - 55.0 ส่วนในล้านส่วน ส่วน Nelson et al (1976) ศึกษาผลของแคดเมี่ยมที่มีต่อหอย (Argopecten irradians) พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อแคดเมี่ยมมีความเข้มข้นสูงขึ้น

ส่วนผลของแคดเมี่ยมที่มีต่อสัตว์ชนิดอื่น ๆ นั้น Gardner and Yevich (1970) พบว่าแคดเมี่ยมสามารถกระตุ้น RNAase, acid phosphatase และ hepatic enzymes ในปลา ส่วน Sugano et al (1975) พบว่าแคดเมี่ยมทำให้เกิดการแยกตัวของ ribosomal subunits และทำให้ RNAase activity เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้เซลไม่สามารถสร้างโปรตีนได้

Rathore et al. (1979) รายงานว่าแคดเมี่ยมมีผลต่อการสร้างโปรตีนและ nucleic acid ในหนูและทำให้ปริมาณโปรตีนในร่างกายลดลง ส่วน Douglas and Wilson (1972) พบว่าแคดเมี่ยมทำให้เกิดโรค Itai-Itai ในคน

ความเป็นพิษของแคดเมี่ยมที่มีต่อหอยล่องฝาบางชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 1

3. ความเป็นพิษของตะกั่ว

ในปัจจุบันตะกั่วในน้ำทะเลมีปริมาณสูงเนื่องจากมีการใช้ tetramethyl lead และ tetraethyl lead เติมลงในน้ำมันเพื่อเพิ่ม octane โดยใช้ตะกั่ว 1.54 กรัมต่อแกลลอน (Pagenkope and Neuman, 1974) นอกจากนี้ตะกั่วยังได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทอผ้า โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานทำแบทเตอรี่ โรงงานทำสายเคเบิ้ล โรงงานกระดาษ และการทำเหมืองแร่ ซึ่งทำให้ปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลมีค่าสูงกว่าปริมาณปกติในน้ำ Mekee and Wolf (1963) รายงานว่าตะกั่วในเตรทที่ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน ทำให้เกิดความผิดปกติในไข่หอยเม่น และตะกั่วคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ มีผลทำให้การเจริญของไข่หอยเม่นช้าลง Zaroogian et al. (1979) รายงานว่าตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea virginica) ที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีตะกั่วกับน้ำทะเลที่ไม่มีตะกั่วนั้นมีการพัฒนาการตลอดจนการดำรงชีวิตไม่แตกต่างกัน นั่นคือตะกั่วไม่มีผลต่อขบวนการสืบพันธุ์ (Reproductive process) นั่นเอง ส่วนวัฒนา ไวยนิยา (2523) ศึกษาผลของตะกั่วที่มีต่อตัวอ่อนหอยเม่น (Temnopleurus toreumaticus) พบว่าตะกั่วที่ความเข้มข้น 5.44 ส่วนในล้านส่วน ทำให้ตัวอ่อนหอยเม่นมีพัฒนาที่ผิดปกติ 18.3% Maddock และ Taylor (1980) รายงานว่าพิษเฉียบพลันของตะกั่วที่มีต่อสัตว์น้ำจืดมีค่า 96-h. $LC_{50}$ อยู่ในช่วง 1 - 10 ส่วนในล้านส่วน ส่วนสัตว์ทะเลมีค่า 96-h. $LC_{50}$ อยู่ในช่วง 300 - 500 ส่วนในล้านส่วน

Noddack and Noddack (1940) รายงานว่าสัตว์ทะเลบางชนิดสามารถสะสมตะกั่วจากน้ำทะเลได้สูงถึง 1,400 เท่า โดยไม่เป็นอันตราย Davies et al. (1975) พบว่าตะกั่วมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์ทะเลโดยยับยั้งปฏิกิริยาทางเคมีในขบวนการเมตาโบลิซึมและการรับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย ส่วน Somero and Phillip, (1977) และ Wastfall (1945) รายงานว่าตะกั่วจะรวมตัวกับเมือกที่ถูกขับออกมาเกิดเป็นแผ่นฟิลม์

ปกคลุมลำตัวและเหงือกของสัตว์ทะเลทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลงมีผลทำให้สัตว์ตายได้ นอกจากนี้ตะกั่วยังมีผลต่อรูปร่างและสรีระวิทยาของ mitochondria และลด succinoxidase enzyme activity อีกด้วย (Rathore et al, 1979) ส่วน Laws (1981) อ้างถึง EPA ในปี ค.ศ. 1972 ว่าหอยนางรมที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของตะกั่ว 0.1 - 0.2 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จะทำให้ mantle และอวัยวะสืบพันธุ์เกิดการเปลี่ยนแปลง

ความเป็นพิษของตะกั่วที่มีต่อหอยสองฝาบางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 1

จ. <u>ผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก</u>

ความเป็นพิษของโลหะหนักจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ สารพิษและเกลือของสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ตลอดจนช่วงชีวิตและชนิดของสัตว์ (Doudoroff and Katz, 1953; Hynes, 1963; Naylor, 1965; Calabrese et al, 1977 a; Edgren and Notter, 1980; Huisman et al, 1980) MacInnes และ Calabrese (1977) ศึกษาผลของโลหะหนักบางชนิด (ทองแดง ปรอท เงิน และสังกะสี) ที่มีต่อพัฒนาการของตัวอ่อนหอยนางรม (<u>Crassostrea virginica</u>) ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเป็นพิษของโลหะหนักมีค่าน้อยกว่าที่ 20 และ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความผิดปกติของตัวอ่อนหอยที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 4.3, 2.3 และ 11.6% ตามลำดับ วัฒนา ไวยนิยา (2523) ศึกษาผลของอุณหภูมิและโลหะหนักบางชนิดที่มีต่อการเจริญของตัวอ่อนระยะพลูเทียสของหอยแมลงภู่ (<u>Temnopleurus toreumaticus</u>) พบว่าปรอทมีพิษมากที่สุด รองลงมาคือ ทองแดง สังกะสี ตะกั่วและแคดเมี่ยม ตามลำดับ และความเป็นพิษของโลหะหนักจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

Shuster and Pringle ในปี ค.ศ. 1968 อ้างตาม Engel and Fowler (1979) ได้สรุปว่าอุณหภูมิ ความเค็ม ความเข้มข้นของโลหะหนัก สรีระวิทยาของหอยและช่วงเวลาที่หอยสัมผัสกับโลหะหนักจะมีผลต่อการรับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับ Llyod and Herbert (1962); Szeto and Nyberg (1979); MacLeod and Pessah (1973) และ Heit and Fingerman (1977) ที่ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขบวนการเมตาโบลิซึม

โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ metabolic rate เพิ่มขึ้นและมีผลทำให้สารพิษเข้าสู่ร่างกายของสัตว์ได้มากขึ้น ซึ่ง Portman (1972) และ Cairns et al. (1975 b) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของสารเพิ่มขึ้น