

การทดสอบแนวทางวิธีวิทยาของทฤษฎีการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
ตะกอนแขวนลอย ความเค็ม และปริมาณของแอมโมเนีย

นางสาวปิยวรรณ ไทณะเอิบค

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-493-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BRT 5390 38

An 44



โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย

c/o ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี

กรุงเทพฯ 10400

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
ตะกอนแขวนลอย ความเค็ม และปริมาณทองแดง

นางสาวปิยวรรณ ไหมละเอียด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539
ISBN 974-636-493-6
ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF CORAL BORING BIVALVES TO CHANGES IN SUSPENDED
SEDIMENT SALINITY AND COPPER CONCENTRATION**

MISS PIYAWAN MAILA-IAD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE SCIENCE

GRADUATE SCHOOL

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 1996

ISBN 974-636-493-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อการเปลี่ยนแปลง
 ปริมาณตะกอนแขวนลอยความเค็ม และปริมาณทองแดง
โดย นางสาวปิยวรรณ ไหมละเอียด
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เติมศักดิ์ จารยะพันธุ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ณีฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพล สุตารา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เติมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ณีฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กำธร ชีรคุปต์)

ปิยวรรณ ไหมละเอียด : การตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอย ความเค็ม และปริมาณทองแดง (Physiological responses of coral boring bivalves to changes in suspended sediment, salinity and copper concentrations) อ.ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เณติมศักดิ์ จารยะพันธุ์ อ.ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ณีฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ 101 หน้า ISBN 974-636-493-6

การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอย ความเค็ม และปริมาณทองแดง หอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ทำการศึกษาคือ *Lithophaga malaccana* *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis* การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ นิเวศวิทยา ชีววิทยา และสรีรวิทยา ในส่วนของนิเวศวิทยาได้ทำการศึกษากิจกรรมการกระจาย และแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยเจาะปะการังที่พบโดยการนับจำนวนรูจากสถานีศึกษา 3 สถานีรอบเกาะกังกาว พบจำนวนเฉลี่ยรวมของหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดที่พบในสถานี A เท่ากับ 5 ตัว/ตารางเมตร สถานี C เท่ากับ 2 ตัว/ตารางเมตร และสถานี D เท่ากับ 1 ตัวต่อตารางเมตร หอยเจาะปะการังที่พบในบริเวณแตกต่างกันคือ *Lithophaga* spp. พบในปะการังมีชีวิตหลายชนิดและปะการังตาย ส่วน *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* นั้นพบได้เฉพาะในปะการังตายหรือในส่วนที่ตายของปะการังมีชีวิต

การศึกษาในส่วนของชีววิทยาของหอยเจาะปะการังโดยเฉพาะการศึกษาสัณฐานวิทยาแสดงให้เห็นว่าที่ขนาดของความยาวเปลือกเท่ากันนั้น *L. malaccana* จะมีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ *G. cuneiformis* และ *S. mytiloides* ในการหาอัตราส่วนเพศของหอยเจาะปะการังพบว่าอัตราส่วนระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียมีค่าใกล้เคียง 1 ต่อ 1 หอยทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า BCI (Body Condition Index) ในระยะเวลา 6 เดือนระหว่างเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคมต่างกันกล่าวคือ *L. malaccana* ค่า BCI มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนค่า BCI ของ *S. mytiloides* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลา และ *G. cuneiformis* ค่า BCI มีแนวโน้มว่าจะลดลง

ในส่วนของการศึกษาทางสรีรวิทยานั้นหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดมีการตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็น 2 ลักษณะคือมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและมีอัตราการกรองลดลงใน *G. cuneiformis* และ *S. mytiloides* ส่วน *L. malaccana* มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นแต่อัตราการกรองไม่เปลี่ยนแปลงในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม 3 ระดับคือ 16 ppt, 24 ppt. และ 32 ppt. นั้น พบว่า ที่ความเค็มต่ำจะทำให้ค่าขอบเขตการเติบโตของ *L. malaccana* และ *S. mytiloides* ลดต่ำลงมากกว่าที่ความเค็มสูง ในการตอบสนองต่อสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 0 ไมโครกรัม/ลิตร 10 ไมโครกรัม/ลิตร และ 20 ไมโครกรัม/ลิตร ผลการศึกษาพบว่า ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/ลิตรมีค่าขอบเขตการเติบโตของหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดสูงสุด ผลการตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ร่วมกับค่าความเข้มข้นของสารละลายทองแดงพบว่าผลรวมของการลดความเค็มและการเพิ่มความเข้มข้นของทองแดงจะมีลักษณะเสริมกัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครกรัม/ลิตรและความเค็ม 16 ppt ทำให้ค่าขอบเขตการเติบโตของ *L. malaccana* และ *S. mytiloides* ลดลงต่ำที่สุด เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นค่าขอบเขตการเติบโตก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่าขอบเขตการเติบโตใน *G. cuneiformis* มีค่าเป็นลบในทุกชุดของการทดลองในส่วนการศึกษาทางสรีรวิทยาแสดงว่าหอยชนิดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมากที่สุด

จากผลการศึกษาการที่หอยเจาะปะการังมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่างกันั้นคือ *L. malaccana* มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมากที่สุดขณะที่ *G. cuneiformis* มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทางนิเวศวิทยาคือ *L. malaccana* พบเป็นจำนวนมากได้ในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย แต่ *G. cuneiformis* พบเฉพาะในปะการังตายหรือส่วนที่ตายของปะการังเท่านั้น ด้วยข้อแตกต่างของการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันนี้เองอาจนำไปพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแนวปะการังได้ดังนี้คือ *G. cuneiformis* นั้นเหมาะสมที่จะใช้ในการพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงในแนวปะการังที่เดียวกันแต่ระยะเวลาดังกัน เนื่องจากพบได้เฉพาะในปะการังตายโดยมีข้อแม้ว่าจำนวนของปะการังตายนั้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อย ส่วน *L. malaccana* นั้นพบได้ทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย จึงอาจนำไปพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังต่างบริเวณในเวลาเดียวกันได้ โดยต้องนำผลการศึกษาทางสรีรวิทยามาประกอบในการพิจารณาด้วย

C 726080 MAJOR : MARINE BIOLOGY
KEY WORD: BORING BIVALVE / PHYSIOECOLOGY

PIYAWAN MAILA-IAD : PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF CORAL BORING BIVALVES TO
CHANGES IN SUSPENDED SEDIMENT, SALINITY AND COPPER CONCENTRATION
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PADERMSAK JARAYABHAND, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR
ASSOC. PROF. NITTHARATANA PAPHAVASIT ,101 pp. ISBN 974-636-493-6

Physiological responses of coral boring bivalves to changes in suspended sediment, salinity and copper concentration were carried out in three coral boring bivalves found around coral reef of Khang Khao Island i.e. *Lithophaga malaccana*, *Spengleria mytiloides* and *Gastrochaena cuneiformis*. In this study the three major aspects of ecology, biology and physiology were investigated. The density, distribution pattern and natural habitats were studied. Average density of coral boring bivalves in stations A, C and D were 5.2 and 1 bivalves/m² respectively. *Lithophaga* spp. were found in many species of living corals and dead corals. *S. mytiloides* and *G. cuneiformis* were found only in dead coral or dead part of coral.

The biological results showed that at the same shell length, the highest weight was *L. malaccana*. In declining order were *G. cuneiformis* and *S. mytiloides* respectively. The sex ratio recorded in the three bivalves were closed to 1:1. The values of BCI (Body Condition Index) altered during 6 months. The BCI of *L. malaccana* tended to increase whereas in *G. cuneiformis* tended to decrease. *S. mytiloides* did not showed significant variations in BCI during the study period.

The physiological responses of boring bivalves to suspended sediment demonstrated two different patterns. The first pattern was the increases in respiration while the clearance rate decreased as found in *G. cuneiformis* and *S. mytiloides*. The second pattern was increases in respiration but the clearance rate unchanged as in *L. malaccana*. The responses to salinity changes at three levels i.e. 16 ppt., 24 ppt. and 32 ppt. showed the same trends in the three boring bivalves with low scope for growth at low salinity. In the responses to copper concentrations i.e. 0 µg/l, 10 µg/l and 20 µg/l, the highest scope for growth occurred in the three bivalves was recorded at 10 µg/l. The responses to the combinations of salinity and copper concentrations showed synergistic effect. At salinity 16 ppt. and copper concentration 20 µg/l, the scope for growth for *L. malaccana* and *S. mytiloides* were lowest. The scope for growth increased with increasing salinity. The scope for growth of *G. cuneiformis* in all physiological experiments were minus. This may be concluded that this species was the most sensitive boring bivalve to environmental changes.

It can be concluded from the physiological responses of coral boring bivalves to environmental changes that *L. malaccana* was most tolerant species while *G. cuneiformis* was the most the most sensitive species. This correlated to the ecological study that *L. malaccana* was the most dominant speceis found in manyspecies of living and dead corals. *G. cuneiformis* was rare and limited its distribution only in dead corals or dead part of corals. Moreover these results can be applicable to the monitoring on the changes in coral reefs. *G. cuneiformis* can be used as the indicator species on the changes occurred at one location but of different time periods. It is on condition that the percent coverage of dead corals should not change over the time course. *L. malaccana* can be used to monitor the changes in coral reefs at different localities during the same period. However the physiological responses must also be considered.

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อนิสิตร ธีระพร วัฒนศิริ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ภาณุวัฒน์ ใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. เผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ณัฐรัตน์ ปภาสสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาในระดับปริญญาโทและการทำวิทยานิพนธ์รวมทั้งช่วยจัดหาทุนในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กำธร ชีรคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพหล สุตารา ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำชี้แนะและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ คุณสมภาพ รุ่งสุภา นักวิจัยและบุคลากรของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำและสถานีวิจัยสัตว์ทะเลอ่อนงศิลา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดช่วงเวลาในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณปิ่นสักก์ สุรัสวดี คุณพิญญา สารสาส คุณสัญญา สิริวิทยาปกรณ์ คุณปิยะนารถ ตุ่มวอน และคุณศักดิ์อนันต์ ปลาทอง ที่ช่วยเหลือในการหาข้อมูลและให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณ คุณศาสวัต หัสดี สำหรับความช่วยเหลือที่มีให้ในทุก ๆ ด้านและเป็นที่ปรึกษาที่ดีเสมอมา คุณอานุภาพ พานิชผลที่เอื้อเพื่อคอมพิวเตอร์และเป็นการกำลังสำคัญในการวิจัยภาคสนาม คุณรุ่งตะวัน ยมหล้า คุณวิโรจน์ หิรัญชัยพฤษ์ คุณอาภรณ์ โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ คุณภาวิณี พัฒนจันทร์ คุณชาญยุทธ สุดทองคง คุณสมบัติ อินทร์คง คุณปรีทัศน์ เจริญสิทธิ์ คุณธิฎา ไชยชัยไพศาล คุณถนอมศักดิ์ บุญภักดี ที่ให้การชี้แนะและช่วยเหลือ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติภายใต้โครงการความร่วมมือทางวิทยาศาสตร์ทางทะเลระหว่างไทย - สวีเดน : การจัดตั้งโครงการติดตามสภาพนิเวศในอ่าวไทย บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและโครงการการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจจนถึงวันนี้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง 3 ชนิด.....	33
3.2 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก น้ำหนักแห้ง และค่า BCI ในแต่ละช่วงของ หอยเจาะปะการัง 3 ชนิด.....	35
3.3 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของ หอยเจาะปะการัง 3 ชนิด.....	36
3.4 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดต่อ การเปลี่ยนแปลงความเค็ม.....	40
3.5 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดต่อ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายทองแดง.....	43
3.6 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการ เปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ <i>L. malaccana</i>	46
3.7 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการ เปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ <i>S. mytiloides</i>	48
3.8 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการ เปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ <i>G. cuneiformis</i>	50

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 อนุกรมวิธานของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ทำการศึกษา.....	6
1.2 เกาะสีชัง.....	14
1.3 หอยเจาะปะการัง 3 ชนิด.....	15
1.4 หอยเจาะปะการัง <i>Lithophaga malaccana</i>	15
1.5 หอยเจาะปะการัง <i>Spengleria mytiloides</i>	16
1.6 หอยเจาะปะการัง <i>Gastrochaena cuneiformis</i>	16
1.7 ลักษณะของรูหอยเจาะปะการังที่พบในปะการังตาย.....	17
2.1 เกาะค้างคาว.....	19
2.2 แผนการทดลองการตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยเจาะปะการัง.....	28
2.3 แผนการทดลองการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยเจาะปะการัง.....	28
2.4 แผนการทดลองการตอบสนองต่อสารละลาย Cu_2SO_4 ของหอยเจาะปะการัง.....	28
3.1 ความหนาแน่นของหอยเจาะปะการังในแต่ละสถานที่ที่ทำการศึกษา.....	31
3.2 ความลึกของสถานที่ที่ทำการศึกษาแต่ละสถานที่ของเกาะค้างคาว.....	32
3.3 ค่า BCI ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่เวลาต่าง ๆ.....	35
3.4 อัตราการหายใจของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดในชุดการทดลองที่มีและไม่มีตะกอน.....	37
3.5 อัตราการกรองของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดในชุดการทดลองที่มีและไม่มีตะกอน.....	37
3.6 ค่าขอบเขตการเติบโตของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ความเค็มต่าง ๆ.....	41
3.7 ค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ความเค็มต่าง ๆ.....	42
3.8 ค่าขอบเขตการเติบโตของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่สารละลายทองแดงความเข้มข้นต่าง ๆ.....	44
3.9 ค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่สารละลายทองแดงความเข้มข้นต่าง ๆ.....	45
3.10 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง <i>L. malaccana</i>	47
3.11 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง <i>S. mytiloides</i>	49
3.12 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง <i>G. cuneiformis</i>	51

บทที่ 1

บทนำ

การสึกกร่อนทางชีวภาพหรือที่รู้จักกันในภาษาอังกฤษว่า bioerosion ที่พบทั่วไปในปะการังนั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่มโดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่กันไปตามช่วงเวลา อาทิเช่น แบคทีเรีย สาหร่ายพวก endolithic algae รา ฟองน้ำ ไล้เตียนทะเล และหอยสองฝา เป็นต้น ซึ่งการสึกกร่อนทางชีวภาพของปะการังพบว่ากว่า 70 % จะถูกทำลายด้วยสาเหตุในลักษณะข้างต้นนี้ (Risk and MacGeachy, 1978) สำหรับกลุ่มของสัตว์เจาะฝังขนาดใหญ่ที่เป็นตัวการของการสึกกร่อนทางชีวภาพนั้น กลุ่มของหอยสองฝาที่เจาะฝังในปะการังจัดได้ว่าเป็นกลุ่มที่น่าสนใจในการทำการศึกษเป็นอย่างยิ่งกลุ่มหนึ่งทั้งนี้เนื่องจากจะมีบทบาทสำคัญในการสึกกร่อนทางชีวภาพในระยะสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงแทนที่ หอยสองฝากลุ่มนี้มีการเพิ่มจำนวนเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นและเป็นกลุ่มที่มีอายุยืนนาน สามารถอยู่ได้ทั้งบริเวณที่มีคลื่นและที่อับลม (Hutching *et al.*, 1992) พบได้ทั้งในปะการังที่มีชีวิตและปะการังที่ตาย โดยสามารถพบได้ตามแนวปะการังในหลายพื้นที่ อาทิเช่น Costa Rica, Florida, Barbados, Great Barrier Reef เป็นต้น รวมทั้งแนวปะการังที่พบในประเทศไทย (Moordee, 1987 Neilson, 1986 และ Tsuchiya *et.al*, 1986)

อ่าวไทยมีลักษณะเป็นอ่าวตื้นกึ่งปิดมีความลึกสุดประมาณ 80 เมตร แยกตัวออกจากทะเลจีนใต้โดยแนวสันเขาใต้ทะเล มีแม่น้ำหลัก 4 สาย อันได้แก่ แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และ แม่น้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยน้ำจืดลงสู่อ่าวไทยตอนบนโดยมีอัตราการน้ำจืดที่ไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณนี้โดยเฉลี่ยประมาณ 1.5×10^{10} ลูกบาศก์เมตรต่อปี (Piyakarnchana *et.al* 1990 อ้างถึง Bunpapong 1987) อ่าวไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงกันยายน มรสุมทั้ง 2 มีความเร็วและทิศทางคงที่ตลอดทั้งอ่าวไทย (Piyakarnchana *et.al* 1990 อ้างถึง Robinson 1974) ทำให้อ่าวไทยเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ ผลผลิตขั้นต้น (primary production) มีค่าอยู่ในปริมาณ 365 กรัม/ตารางเมตร/ปี (Palokangas and Karlsson 1995 อ้างถึง Ruyabhorn and Phantumvanit 1988) เกาะค้างคาวเป็นเกาะหนึ่งของหมู่เกาะสิขัง ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ $26^{\circ} 6' 35''$ เหนือถึง $12^{\circ} 7' 6''$

เหนือ และลองจิจูด $100^{\circ} 80' 20''$ ตะวันออกถึง $100^{\circ} 48' 50''$ ตะวันออก โดยอยู่ทางทิศใต้ของเกาะสีชัง มีพื้นที่ของเกาะประมาณ 0.25 ตารางกิโลเมตรความยาวชายฝั่งประมาณ 3 กิโลเมตร ชายฝั่งมี 2 ประเภท คือ หาดหินและหาดทราย หมู่เกาะสีชังนับเป็นหมู่เกาะแรกที่พบในอ่าวไทยตอนบนที่อยู่ใกล้กับบริเวณปากแม่น้ำมากที่สุดจึงได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดเป็นอย่างมาก และบริเวณรอบเกาะค้ำคาวมีระบบนิเวศปะการัง ซึ่งมีลักษณะเป็นชุมชนปะการังที่มีอายุน้อย โดยคาดว่าจะมีวิวัฒนาการต่อไปเรื่อย ๆ จนเป็นกลายเป็นแนวปะการังที่แท้จริงในอนาคต ปะการังที่จัดเป็นกลุ่มเด่น (dominant species) คือ ปะการังชนิด *Porites lutea* และ *Acropora formosa* (อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ สุรพล สุตารา 2525) จึงทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่น่าสนใจและเหมาะสมสำหรับการศึกษาต่าง ๆ ทางด้านชีววิทยาทางทะเล

เนื่องจากเกาะค้ำคาวและหมู่เกาะสีชังเป็นเกาะแรกที่พบในอ่าวไทยตอนบน ดังนั้นจึงได้รับผลกระทบโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ บริเวณชายฝั่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม หรือทำให้เกิดมลภาวะในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่

1. มลภาวะจากชุมชนแหล่งพักอาศัยที่อยู่บริเวณรอบอ่าวไทย เป็นน้ำทิ้งจากบ้านเรือน รวมถึงสารอินทรีย์และอนินทรีย์รูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีบางส่วนเป็นสารเคมีที่เป็นพิษด้วย

2. มลภาวะจากแหล่งอุตสาหกรรมในเขตตะวันออก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการเกษตรจนพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งเป็นส่วนใหญ่ของน้ำทิ้งในกลุ่มนี้ สารปนเปื้อนต่าง ๆ นั้นมีที่มาจากอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง โรงงานผลิตสุรา โรงฆ่าสัตว์ และอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง เป็นต้น

3. มลภาวะจากการเกษตร ได้แก่ การเพาะปลูกทำนาข้าวและทำฟาร์มเพาะเลี้ยงตามชายฝั่ง การเกษตรแบบพัฒนาทำให้เกิดการเพิ่มของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมและผลิตผลทางการเกษตร ส่วนการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงตามชายฝั่งนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ มีสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณมากรวมไปถึงสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามความต้องการก็เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณมากขึ้นเช่นกัน

4. มลภาวะที่เกิดจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล น้ำจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายปัจจัยคือ ทางด้านกายภาพอันเกิดจากการเพิ่มปริมาณของตะกอนแขวนลอย ปริมาณธาตุอาหาร ฟอสเฟต ไนเตรท โททอลไนโตรเจน ถ้ามีในปริมาณมากก็จะมีแนวโน้มทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ระบบสมดุลของระบบนิเวศ มีหลายกรณีที่เกิดเป็นพิษกับสัตว์ สารโลหะหนักหากได้รับในระยะยาวทำให้เกิดอาการเรื้อรังมีผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอินทรีย์และแบคทีเรีย ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) และฟีคอลแบคทีเรีย (faecal bacteria) (Mahabhol and Puwanattai, 1990)

มลภาวะดังที่กล่าวมาข้างต้นเหล่านี้เป็นปัญหาสำคัญที่อ่าวไทยตอนบนกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันและมีผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลที่อยู่ในอ่าวไทย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำการศึกษผลของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อมและสภาพมลภาวะที่มีต่อชุมชนปะการังในบริเวณเกาะค้างคาวเนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณนี้มีความหลากหลาย ปะการังกำลังมีการพัฒนาจากชุมชนปะการังอายุน้อยไปเป็นแนวปะการังแท้จริง จึงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในกระบวนการสักร่อนทางชีวภาพที่มีหอยสองฝาเจาะปะการังเป็นตัวการสำคัญในกลุ่มของสัตว์เจาะฝังขนาดใหญ่ ดังนั้นหากสามารถตรวจสอบและติดตามผลกระทบของมลภาวะที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตที่เลือกเป็นตัวแทนของบริเวณนี้ได้ ก็สามารถที่จะคาดการณ์และทำการป้องกันผลที่จะเกิดในทางรุนแรงขึ้นต่อไปได้

หอยสองฝาเจาะปะการังที่พบในบริเวณแนวปะการังของเกาะค้างคาวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นชนิดที่เจาะอยู่ในปะการังที่มีชีวิตได้แก่หอยสองฝาในครอบครัว Mytilidae คือ *Lithophaga teres*, *L. malaccana* และ *L. lima* หอยในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว เปลือกมีสีตั้งแต่สีเหลืองเข้มจนถึงสีน้ำตาล เพราะแตกง่ายในบางชนิดจะพบว่าการสะสมตัวของหินปูนที่บริเวณเปลือก ขนาดมีตั้งแต่ 40 มิลลิเมตรถึง 80 มิลลิเมตร (Moretzohn and Tsuchiya, 1992) กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่พบเจาะฝังในปะการังตายคือ *Gastrochaena cuneiformis* และ *Spengleria mytiloides* ทั้งสองชนิดนี้มีเปลือกสีขาวขุ่น เพราะแตกง่าย รูปทรงเป็นรูปกรวย ต่างกันตรงที่ตัวเต็มวัยของ *G. cuneiformis* มีเนื้อออกมาข้างนอกเปลือกหุ้มไม่มิด แต่ *S. mytiloides* มีเปลือกหุ้มเนื้อไว้ได้ทั้งหมด และนอกจากนี้ยังพบ *L. lima* อยู่ในปะการังตายด้วย (Moordee, 1987) การที่เลือกใช้หอยเจาะปะการังในการศึกษาถึงผลกระทบต่อมลพิษต่างๆนี้เนื่องจาก หอยเจาะปะการังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเครียดจากสิ่งแวดล้อมในขณะทำการศึกษได้ (Choi, 1983 อ้างตาม Hutching, 1986) หอยเจาะปะการังเป็นสัตว์ที่มีรูปแบบยึดติดกับพื้นที่ มีช่วงตัวเต็มวัยซึ่งดำรงชีวิตในระบบนิเวศเป็นช่วงเวลานานและมีเป็นจำนวนมาก สามารถแยกชนิดและนำมาเพื่อเป็นตัวแทนของบริเวณที่ทำการศึกษา สัตว์กลุ่มนี้ทนต่อการเคลื่อนย้ายเพื่อการทำการศึกษในห้องทดลอง นอกจากนี้ Widdow and Donkin (1984) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้หอยสองฝาโดยเฉพาะหอยในกลุ่มหอยแมลงภู่ (mussel) เป็นตัวแทนในการศึกษาสำหรับโปรแกรมสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ นั้น เนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือ มีการกระจายกว้างขวางในหลายพื้นที่ เป็นสัตว์ที่ไม่เคลื่อนที่ มีกิจกรรมน้อย มีความพร้อมต่อการเคลื่อนย้าย สามารถเปลี่ยนไปไว้ในบริเวณที่ต้องการศึกษาและติดตามผลต่อไปได้ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักและสารอื่นๆ ได้ดี (อ้างตาม De Zwaan and Eertman, 1996)

วิธีการที่จะตรวจวัดการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อสารมลพิษนั้นมีด้วยกันหลายวิธีซึ่งการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาก็เป็นวิธีการหนึ่งโดยสามารถวัดในรูปของการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต เช่น การหายใจ หรือกระบวนการการกิน (Phillips and Rainbow, 1993) เนื่องจากการรวบรวมการตอบสนองทั้งหมดต่อสิ่งแวดล้อมทั้งจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ค่าของการเติบโตจะแสดงถึงความแตกต่างระหว่างแต่ละตัวหรือกลุ่มประชากรภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกัน พลังงานที่รวมเข้าในการเติบโตและขอบเขตการเติบโต (Scope for Growth) เป็นดัชนีที่ใช้บอกสถานะเครียดของสัตว์ทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเติบโตและการสืบพันธุ์สามารถอธิบายได้โดยใช้สมดุลพลังงานของ Winberg (1960) (อ้างตาม Widdow, 1985)

$$P = A - (R + U)$$

โดยที่ P = พลังงานในการเติบโตและการสืบพันธุ์

A = พลังงานที่ดูดซึมได้จากอาหาร

R = พลังงานที่ใช้หายใจ

U = พลังงานที่ขับถ่ายออกมา

ค่าต่าง ๆ ข้างบนนี้สามารถวัดและแปลงให้อยู่ในรูปสมการสมดุลพลังงาน (energy equivalent) ค่าที่ได้มีตั้งแต่ค่าบวกคือมีพลังงานใช้ต่อไปในการเติบโต ถึงค่าเป็นลบเมื่อสัตว์ใช้พลังงานสะสมในร่างกายเพื่อการซ่อมแซมและรักษาสภาพร่างกายให้ดำเนินต่อไปได้

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นตัวอย่างของการศึกษาถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบนิเวศโดยมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มเนื่องจากน้ำจืดที่ไหลจากแผ่นดินในฤดูกาลต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่อรูปแบบการละลายของสารเคมีในน้ำทะเลและการรักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ในสัตว์ทะเล ปริมาณทองแดงจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมและสีกันเปรียงที่ใช้ทาเรือทำให้เกิดสารเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเป็นปริมาณมากและมีการสะสมตัวในสัตว์ทะเลหลายชนิดรวมทั้งที่เป็นนำมาเป็นอาหาร ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากการก่อสร้าง การทำเหมืองแร่และการกัดเซาะตามธรรมชาติมีผลโดยตรงต่อระบบนิเวศแนวปะการัง ซึ่งปริมาณตะกอนในปริมาณมากจะลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านในมวลน้ำ ตะกอนจะเกิดการฟุ้งกระจายและทับถมแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลงจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น การศึกษานี้เป็นการตรวจสอบติดตามผล (monitoring) ของประชากรของกลุ่มสิ่งมีชีวิตและของกระบวนการทางระบบนิเวศ ในด้านของการตรวจสอบผลกระทบ ที่เกิดจากการรบกวน

โดยกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์และผลพวงที่จะตามมาในระยะยาว โดยที่วิธีที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแนวคิดใหม่แบบการศึกษาบทบาทในระบบนิเวศ (functional approach) ซึ่งแตกต่างไปจากการศึกษาโครงสร้าง (structural approach) แบบเดิมที่นิยมใช้กันอยู่ในการทำการตรวจสอบติดตามผลทางนิเวศวิทยาในระยะยาว (long term ecological monitoring program) วิธีทางสรีรวิทยานี้จะใช้เวลาสั้นกว่าแต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและติดตามผลที่เกิดขึ้นได้ในระยะยาวได้ เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบและติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของประชากรหอยเจาะปะการังซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสักร่อนทางชีวภาพเมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการดำรงชีวิตและบทบาทของหอยเจาะปะการังในระบบนิเวศทางทะเลซึ่งสามารถนำไปเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศเดียวกันและทำนายผลที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้เมื่อมีการรบกวนดังกล่าวเกิดขึ้นได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นทางชีววิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดคือ *Lithophaga malaccana* , *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis*
2. เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่อภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อมอันได้แก่การเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอย ความเค็มและปริมาณทองแดง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

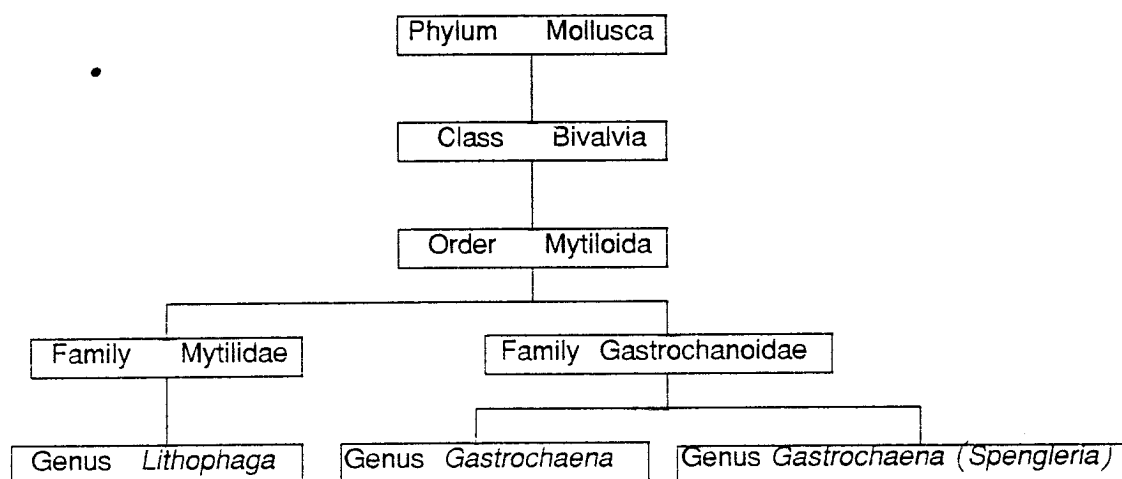
1. ทราบข้อมูลเบื้องต้นทางชีววิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดคือ *Lithophaga malaccana*, *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis* เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาและเข้าใจการดำรงชีวิตของหอยเจาะปะการังในระบบนิเวศแนวปะการัง
2. ทราบถึงผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อมอันได้แก่ปริมาณตะกอนแขวนลอย การเปลี่ยนแปลงความเค็มและปริมาณทองแดง และนำผลการศึกษาที่ได้มาใช้ในการพิจารณาถึงความรุนแรงและผลกระทบของสภาวะเครียดต่าง ๆ ที่มีต่อรูปแบบการดำรงชีวิตของหอยเจาะปะการัง
3. สามารถนำผลการศึกษา มาจัดลำดับความไวในการตอบสนองต่อมลพิษของหอยเจาะปะการังเพื่อใช้เป็นแนวทางการเลือกชนิดหอยเจาะปะการังสำหรับการนำไปทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อมลพิษในระดับต่อไป

การสำรวจเอกสาร

1.1 หอยเจาะปะการังกับการสีกกร่อนทางชีวภาพ

1.1.1 อนุกรมวิธาน

หอยเจาะปะการัง มีชื่อสามัญว่า Boring bivalve จากรายงานของ Kleeman (1980) Oliver (1992) และ Bussarawit (1995) ได้จัดอนุกรมวิธานของหอยเจาะปะการังบางกลุ่มที่พบในประเทศไทย คือ



รูปที่ 1.1 อนุกรมวิธานของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ทำการศึกษา

หอยเจาะปะการังในวงศ์ *Lithophaga* และ *Gastrochaena* ที่พบในประเทศไทยทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามันได้แก่ *L. malaccana*, *L. teres*, *L. lima*, *L. nasuta*, *L. obesa*, *L. hanleyana*, *L. divatival*, *G. cuneiformis* และ *Spengleria mytiloides* (Meretzohn and Tsuchiya, 1992, Neilson, 1986 และ Bussarawit, 1995)

1.1.2 ลักษณะทั่วไปของหอยเจาะปะการังที่ทำการศึกษา

หอยเจาะปะการังที่ใช้ในการศึกษานี้คือ *L. malaccana* , *G. cuneiformis* และ *S. mytiloides* แต่ละชนิดมีลักษณะดังต่อไปนี้คือ (Moretzohn and Tsuchiya, 1992)

1.1.2.1 *Lithophaga malaccana* (Reeve, 1858)

พบได้ทั่วไปในหินปูนและปะการังหินปูน *L. malaccana* สามารถยับยั้งการสะสมของหินปูนรอบ ๆ รูได้โดยใช้ท่อหน้าและสารที่ขับออกมาจากต่อมซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของ

หอยชนิดนี้ รูมีลักษณะเหมือนที่ยกน้ำหนัก (dumbell shape) พบมากในปะการังก้อน และแบบแผ่นบางชนิดเช่น *Montipora digitata* เปลือกมีขนาดกลาง บางเปราะ มีการสะสมตัวของหินปูนบริเวณเปลือกโดยเฉพาะในส่วน postero-dorsal รูของ *L. malaccana* จะมีการขับสารพวกหินปูนมาเคลือบไว้อีกชั้นหนึ่ง มีความยาวเป็นหนึ่งเท่าหรือหนึ่งเท่าครึ่งของความยาวตัว

1.1.2.2 *Gastrochaena cuneiformis* (Spengleria, 1783)

พบมากในปะการังก้อน รูของ *G. cuneiformis* มีลักษณะเป็นรูปเลข 8 มีขอบหินปูนหนา ส่วนของรูน้ำเข้าจะใหญ่กว่ารูน้ำออกเล็กน้อยและโดยกระบวนการของระบบท่อน้ำนี้ ร่วมกับการใช้สารเคมีทำให้ *G. cuneiformis* สามารถยับยั้งการปิดทับของปะการังได้ดี พบได้ทั่วไปในปะการังตาย และสามารถผลิตเมือกซึ่งเป็นสารเรืองแสงได้ (Habe and Kosuge, 1967 และ Okutani, 1987 อ้างตาม Moretzohn and Tsuchiya, 1992)

1.1.2.3 *Gastrochaena* (Spengleria) *mytiloides* (Lamarck, 1818)

จัดเป็นพวกที่เจาะฝังในปะการังตาย (dead coral borer) เนื่องจากจะอยู่เฉพาะส่วนที่ตายของปะการังเท่านั้น รูจะมีสารพวกหินปูนเคลือบอยู่ เปลือกหนาสีขาว เจาะฝังโดยใช้การเคลื่อนตัวของเปลือกเป็นส่วนใหญ่ร่วมกับสารเคมี ท่อทั้งสองแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ที่ปากรูจะมีลักษณะเป็นรูปวงกลม 2 รูปติดกัน มีขอบหนา

1.1.3 การกระจายของหอยเจาะปะการัง

การกระจายของหอยเจาะปะการังนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างสถานที่โดยจะพบได้ทุกบริเวณของแนวปะการัง (Clausade *et al.*, 1992 ; Hutching *et al.* 1992 และ Kiene and Hutching, 1994) Tsuchiya *et al.* (1986) ได้ทำการศึกษาการกระจายของสัตว์เจาะฝังบริเวณแนวปะการังรอบเกาะสีชัง พบว่าสัตว์เจาะฝังประกอบด้วยหลายกลุ่ม แต่กลุ่มที่มีความหนาแน่นมากที่สุดเขตแนวปะการังโดยเฉพาะในปะการังก้อนชนิด *Porites lutea* ซึ่งเป็นกลุ่มเด่นในบริเวณนี้คือหอยสองฝาเจาะปะการัง ซึ่งนอกจากจะพบในปะการังชนิดชนิด *P. lutea* แล้ว ยังพบหอยกลุ่มนี้ในปะการังชนิดอื่น เช่น *Favia* spp., *Montipora* spp., *Platygyra* spp., *Porites* spp., *Goniastrea* spp., *Acropora* spp., *Stylopora* spp., *Cyphastrea* spp. พบว่าหอยเจาะปะการังบางชนิดสามารถอยู่ได้ในปะการังตายด้วย โดยที่บางชนิดพบได้ทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตายเช่น *L. malaccana*, *G. hians* แต่บางชนิดพบได้เฉพาะปะการังตายเท่านั้นเช่น *Gastrochaena cuneiformis*, *G. laeviga*, *G. intearupta*, *L. antillarum*, *Spengleria mytiloides*, *G. ovata* และมีชนิดที่พบอยู่ในหินเช่น *L. lithophaga* (Bromley *et al.*, 1978, Scott, 1977 ; Scott, 1987 และ Fanelli *et al.*, 1994)

1.1.4 ชีวิตวิทยาของหอยเจาะปะการัง

หอยเจาะปะการังมีความเฉพาะตัวในการเลือกพื้นผิวของแต่ละชนิดที่ไม่เหมือนกันเช่น ในหินปูน คอนกรีต ปะการังมีชีวิตหลายชนิดและปะการังตายจึงทำให้พบหอยเจาะปะการังต่างชนิดกันในบริเวณที่ต่างกันโดยการเลือกพื้นผิวในการเจาะฝังนั้นมีผลโดยตรงกับกลไกการเจาะฝังของหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด ตัวอ่อนในระยะวิลิสเจอร์ (veliger) จะเลือกลงเกาะในพื้นที่ผิวของวัสดุที่เฉพาะตัวของแต่ละชนิดและมีภาวะเปลี่ยนโครงสร้าง (metamorphosis) เป็นตัวเต็มวัยในวัสดุนั้น ๆ ต่อไป แต่ในบางครั้งระยะเวลาในการลงเกาะอาจต้องมีการเลื่อนออกไปเนื่องจากยังไม่พบพื้นผิวที่เหมาะสม ซึ่งในปะการังแต่ละชนิดจะมีปัจจัยที่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหอยต่างชนิดกัน ปัจจัยเหล่านี้เช่น สารเคมีที่มีเฉพาะในปะการังนั้นอาจเป็นตัวกระตุ้น (Highsmith, 1980 ; Mokady et al., 1992 และ Sorokin, 1995 อ้างถึง Gohan and Soliman, 1963)

รูปแบบการเจาะฝังของหอยเจาะปะการังมีทั้งกระบวนการที่เกิดจากกลไกการเคลื่อนตัวเปลี่ยนตำแหน่งและการขับสารเคมีเพื่อย่อยสลายพื้นผิววัสดุที่เป็นหินปูนหรือเกิดจากทั้ง 2 วิธีร่วมกัน โดยวิธีการเจาะฝังที่อาศัยการเคลื่อนของท่อหายใจ (siphon) ร่วมกับแรงขับน้ำภายใน (Ansell and Nair, 1969 และ Fang and Shen, 1981)

หอยเจาะปะการังในกลุ่มนี้เป็นพวกที่กินอาหารโดยการกรอง (filter feeder) เหยือกแบบ lamellibrachs ของหอยจะทำการกรองอาหารที่มากับมวลน้ำและจะถูกจับโดยเมือกส่งไปยัง labial pulp และปาก เพื่อเข้าสู่ระบบย่อยอาหารต่อไป (Bayne, 1976 และ Barnes, 1994)

Scott (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ในหอยเจาะปะการัง *L. bisculata* ในเขตอินโดแปซิฟิกและทะเลแคริบเบียน พบว่าหอยชนิดนี้มีลักษณะแยกเพศ อัตราส่วนเพศระหว่างตัวผู้กับตัวเมียเท่ากับ 1:1 มีรอบการสืบพันธุ์ 1 ครั้งต่อปี

เนื่องจากหอยเจาะปะการังเป็นพวกกินอาหารโดยการกรองดังนั้นในบริเวณที่มีผลผลิตขั้นต้นค่อนข้างสูงจะสามารถใช้หอยกลุ่มนี้เป็นดัชนีเพื่อบ่งชี้ถึงการสึกกร่อนทางชีวภาพของปะการังได้ กล่าวคือ ปริมาณหอยเจาะปะการังจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณผลผลิตแพลงก์ตอนพืชในแนวปะการัง โดยผลผลิตแพลงก์ตอนพืชจะขึ้นกับปริมาณธาตุอาหาร หากธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเนื่องจากมลพิษที่เกิดโดยมนุษย์ก็จะทำให้ลำดับขั้นของการบริโภค (trophic condition) ของพวกที่กินอาหารโดยการกรองเพิ่มมากขึ้น ปะการังก็จะถูกทำลายมากขึ้นด้วย (Sorokin, 1993) เช่นในการศึกษาของ Highsmith (1980) ได้มีการจัดลำดับปริมาณหอยเจาะปะการังต่อหัวปะการังในแต่ละพื้นที่ดังต่อไปนี้คือ Eastern Pacific > Western Atlantic > Indian Ocean >

Western Pacific โดยที่การจัดลำดับต่อไปนี้มีความสัมพันธ์กับความแตกต่างของผลผลิตขั้นต้นในแต่ละพื้นที่จากการศึกษาของ Scott and Cope ในปี 1988 แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีตัวแปรถึงมลพิษในปริมาณสูง (P, N, BOD₅, O₂, Turbidity, Suspended solid) จะมีการสึกกร่อนทางชีวภาพโดยเฉพาะที่เกิดจาก *Lithophaga* spp. สูงขึ้นตามไปด้วย (อ้างตาม Scott et al. 1988)

1.2 ปัญหามลภาวะในทะเลและผลกระทบ

อุตสาหกรรมในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นกำลังอยู่ในช่วงของการพัฒนา ซึ่งการพัฒนานี้มีส่วนทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตทั้งในระยะสั้นและระยะยาวเช่น ปัญหาการทำลายระบบนิเวศป่าชายเลนและแนวปะการัง มลพิษจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรม • ปริมาณการตกตะกอนและตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการจัดการน้ำทิ้งหรือสารเคมีภายหลังจากการใช้ที่มีประสิทธิภาพดีพอ ปริมาณตะกอนที่มากจากการพังทลายของหน้าดิน การก่อสร้างหรือการทำเหมืองแร่ (Windom, 1992 และ Yap, 1992) มลภาวะจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน ซึ่งในที่นี้จะกล่าวในแง่ของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความเค็มเมื่อมีน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมาก การตกตะกอนและปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มมากขึ้น และการสะสมตัวของโลหะหนักในสัตว์ทะเลและสิ่งแวดล้อม

ปัญหามลภาวะทางทะเลกำลังเป็นปัญหาในอ่าวไทยตอนในซึ่งเป็นปัญหาที่น่าสนใจในการติดตามและศึกษาถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้แก่

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงความเค็ม

การเปลี่ยนแปลงความเค็มเนื่องจากน้ำจากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล (run off) มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาของระบบนิเวศบริเวณนั้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลผลิตขั้นต้น คุณภาพน้ำ และรูปแบบการกระจายของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะสัตว์ในกลุ่ม osmoconformer การเปลี่ยนแปลงความเค็มจะมีผลโดยตรงต่อรูปแบบการกระจายและสมบัติทางเคมีของสารประกอบต่าง ๆ (มนูดี หังสพฤกษ์ 2532)

1.2.2 ปริมาณตะกอนแขวนลอย

น้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากจะนำพาตะกอนชายฝั่งทะเลและสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมหรือแหล่งเกษตรกรรมไหลลงสู่ทะเลมากขึ้นตามไปด้วย (Drinkwater and Frank, 1994) * ตะกอนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลคือเพิ่มความขุ่นให้กับแหล่งน้ำทำให้ลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านในมวลน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อระบบนิเวศปะการังและหญ้าทะเล ดังนั้นตะกอนจึงเป็นปัจจัยจำกัดสำหรับการพัฒนาของปะการังและตะกอนที่เกิดขึ้นอาจเกิดการฟุ้งกระจายและทับถม

แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน (Windom, 1992) ถ้าหากเราพิจารณาจะพบว่ากว่าครึ่งหนึ่งของตะกอนพวกหินปูนนั้น มีต้นกำเนิดมาจากกระบวนการสึกกร่อนชีวภาพ (Hubbard, 1986 อ้างถึง Stern and Scoffin, 1977 ; Land, 1979 และ Hubbard *et al.* 1984) นอกจากนี้ตะกอนบางชนิดมีการสะสมตัวของโลหะหนักที่เกิดจากการรวมตัวหรือตกตะกอน ทำให้สะสมและเป็นพิษต่อสัตว์ทะเลหน้าดินได้ (Han *et al.*, 1995)

1.2.3 สารโลหะหนัก

สารมลพิษที่เพิ่มมากขึ้นในทะเลนั้นมาจากหลายแหล่งเช่น จากธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้คือ ธาตุอาหาร โลหะหนัก ธาตุกัมมันตรังสี organochlorine น้ำมัน ฯลฯ โดยที่สารมลพิษเหล่านี้กำลังเป็นปัญหาที่สำคัญในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนารวมทั้งประเทศไทย ซึ่งมีการเติบโตของอุตสาหกรรมและการขนส่งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แหล่งอุตสาหกรรมต่าง ๆ นี้เองที่ทำให้มีการปนเปื้อนของสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ โลหะหนักก็เป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้น แหล่งกำเนิดส่วนหนึ่งมาจากผลของกระบวนการทางธรณีเคมีและอีกส่วนหนึ่งคือมาจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ การแพร่กระจายและสะสมในระบบนิเวศในหลายรูปแบบ มีการสะสมตัวเป็นปริมาณสูงในสัตว์ทะเลโดยเฉพาะกลุ่มของ filter feeder, suspension feeder (Phillips and Rainbow, 1993) นักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการศึกษาปริมาณสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในเนื้อของสัตว์ทะเลที่นำมาบริโภคในประเทศไทยผลการศึกษาพบว่าค่าโลหะหนักที่ปนเปื้อนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยแต่มีการสะสมตัวในสัตว์ทะเลหลายชนิด เช่น หอยนางรม หอยแมลงภู่ หมึกสาย หมึกกล้วย และปลาหลายชนิด ฯลฯ โลหะหนักที่พบว่ามีสารสะสมตัวมากได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม สังกะสี และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นต่อไปในอนาคต (มนูวดี หังสพฤกษ์ 2537)

ในกลุ่มของโลหะหนักที่ตรวจพบในสัตว์ทะเลด้วยกันนั้น ทองแดงเป็นโลหะหนักที่น่าสนใจในการทำการศึกษานี้เนื่องจากเป็นธาตุปริมาณน้อยที่มีความจำเ็นต่อ respiratory protein oxydase ของสัตว์ (Elfwing, 1995 อ้างถึง Amiard-Triquet *et al.*, 1986) ซึ่งมีความจำเ็นต่อกระบวนการ metabolism จากรายงานของอรพินท์ จันทรผ่องแสง (2527) พบว่าการแพร่กระจายของโลหะทองแดงจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงศรีราชา คิดเฉพาะส่วนที่ละลายน้ำ มีค่าตั้งแต่ 0.88-10.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณที่พบมากอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน หลังจากนั้นปริมาณเริ่มลดลง ส่วนค่าต่ำ ๆ ที่พบอยู่ในราวเดือน มกราคม ซึ่งเป็นฤดูแล้ง และมีความสัมพันธ์กับความเค็มค่อนข้างเป็นเส้นตรง แต่ความสัมพันธ์จะอยู่ในลักษณะตรงกันข้ามจากการศึกษาของ Menasevata and Cheevaparanapiwat (1981) ปริมาณทองแดงที่พบสะสมอยู่ในหอยแมลงภู่ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าความเข้มข้นประมาณ 8.7 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งและจากการศึกษาของ Hungspreugs *et al.*, (1989)

ปริมาณทองแดงที่พบสะสมอยู่ในหอยสองฝาบางชนิดที่พบในอ่าวไทยคือ หอยแครง *Anadara granosa* หอยแมลงภู่ *Perna viridis* หอยนางรม *Crassostrea commercialis*, *C. lugubris*, หอยลาย *Paphia undulata* และหอยเชลล์ *Amusium pleuroectes* มีปริมาณทองแดงสะสมสูงสุดที่พบ 8.75, 17.93, 180.9, 51.2, 7.37 และ 1.8 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยที่ความเข้มข้นสูงจะพบในฤดูน้ำหลาก (wet season) ซึ่งอาจมีผลมาจากน้ำจืดที่ไหลลงทะเลในปริมาณมากและอิทธิพลของความเค็มต่อการ uptake ของหอยสองฝา

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และสมเกียรติ ปิยะธีรวิตรกุล (2526) ได้ทำการสำรวจเอกสารเรื่องมลพิษและพยาธิที่พบในอาหารจำพวกสัตว์น้ำของไทย ได้ผลการสำรวจเฉพาะในส่วนทองแดงที่สะสมในหอยเป็นดังนี้

กัลยา วัฒยากร และคณะ (2521) พบว่าการสะสมของทองแดงในหอยเชลล์มีค่า 7.77 ppm. และมีค่า concentration factor สำหรับทองแดงในหอยเชลล์เท่ากับ 3.4×10^3 และหอยเชลล์มีความสามารถในการสะสมโลหะหนักค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่น

สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย (2523) พบว่าปริมาณของทองแดงที่สะสมอยู่ในหอยนางรมและหอยตะไกรมบริเวณอ่างศิลา มีปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 117.43 ไมโครกรัมต่อกรัม เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุองค์ประกอบสำคัญในเลือดของสัตว์พวกหอยและ crustacean การสะสมนี้แสดงความสัมพันธ์กับขนาดและมีการเปลี่ยนแปลง และมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

Hungspreugs and Sirirattanachai (2524) พบว่าระยะที่มีความเค็มลดลงมากจะมีปริมาณโลหะหนักในหอยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือประมาณ 5 เท่า สำหรับทองแดง ซึ่งน่าจะเป็นเพราะในช่วงน้ำจืดลงจะมี แคลเซียม แมกนีเซียม ไอออนน้อยในน้ำทะเลชายฝั่ง การแข่งขันระหว่างโลหะที่จะยึดเนื้อเยื่อหอยมีน้อยลง โลหะปริมาณน้อยจึงมีโอกาสดีขึ้น ที่จะเข้าสู่หอย

พรสุข จงประสิทธิ์ (2524) พบว่าปริมาณทองแดงในหอยแครงและหอยแมลงภู่เท่ากับ 7.077 และ 8.215 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

จรมัน ว่องวิทย์ (2525) ได้ทำการศึกษา ปริมาณโลหะหนักที่พบในแพลงก์ตอนและหอยแมลงภู่จากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ผลพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยตลอดปีของทองแดงในแพลงก์ตอนเท่ากับ 20.8 (7.09-59.2) ไมโครกรัมต่อกรัม และในหอยแมลงภู่เท่ากับ 9.80

(8.24-11.2) ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณทองแดงที่พบในหอยที่อยู่ในความลึก 3 ระดับ (ผิวน้ำ กลางน้ำ ใกล้พื้นดิน) ไม่แตกต่างกัน

ซึ่งค่าความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ตรวจพบนี้ยังจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น ทองแดงจึงเป็นตัวอย่างของโลหะหนักตัวหนึ่งซึ่งมีความจำเป็นจะต้องทำการศึกษาถึงผลของการปนเปื้อนในสัตว์ทะเล เพื่อบรรลุถึงความพยายามในการตรวจสอบและทำนายสภาพมลพิษที่จะเกิดขึ้นต่อไปในขั้นรุนแรงเกินกว่าที่จะทำการแก้ไขได้

1.3 การศึกษาผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาในหอยสองฝา

- ได้มีผู้ทำการศึกษาเรื่องการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยสองฝา เพื่อบอกถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างของงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยามีดังต่อไปนี้คือ

อาภรณ์ โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ (2538) ศึกษาผลรวมของความเค็มและน้ำมันดิบส่วนที่ละลายน้ำที่มีอัตราส่วน O:N ในหอยตะโกรมกรามขาวระยะวัยเกิล็ดชนิด *Crassostrea belcheri* ผลการทดลองพบว่า เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจและอัตราส่วน O:N มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ผลของน้ำมันดิบส่วนที่ละลายน้ำแสดงแนวโน้มไม่ชัดเจน และไม่พบผลรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเค็มและปริมาณน้ำมันดิบส่วนที่ละลายน้ำ

Axiak and George (1987) ได้ทำการศึกษาผลการตอบสนองของหอยสองฝา *Venus verrucosa* ต่อการรับปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในระยะยาว พบว่าการให้ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในระยะยาวนั้นมีผลทำให้พลังงานสะสมในการเติบโตและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ลดลง โดยเฉพาะอัตราการกรอง และประสิทธิภาพการดูดซึม เนื่องจากปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนไปเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางตัว ซึ่งสามารถยืนยันได้จากการลดลงของค่า Body Condition Index (BCI)

Naimo et al. (1992) ศึกษาถึงผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยสองฝาน้ำจืด *Lampsilis ventricosa* ต่อปริมาณแคดเมียมที่ระดับต่าง ๆ ในระยะเวลาสั้นและระยะยาว พบว่าหอยชนิดนี้มีความไวต่อแคดเมียมซึ่งเห็นความเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 28 วัน และน่าจะนำไปเป็นตัวแทนในการบอกถึงสภาพมลพิษได้ หากแต่ต้องมีการพิจารณาถึงวิธีการวัดทางสรีรวิทยาอย่างเหมาะสมด้วย

Gilek *et al.* (1992) ได้ทำการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาและเนื้อเยื่อของหอยแมลงภู *Mytilus edulis* จากทะเลบอลติกและทะเลเหนือ ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนของค่าขอบเขตการเติบโตระหว่างหอยที่พบในทะเลบอลติกและทะเลเหนือ และนอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยานั้นสามารถบอกได้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของสัตว์ทดลองในแต่ละฤดูกาลและติดตามผลได้เป็นรายตัว แต่ไม่สามารถแปลผลของการตรวจสอบเนื้อเยื่อในภาวะต่าง ๆ ได้จากสมการสมดุลของพลังงาน

Beiras *et al.* (1995) ได้ทำการศึกษาเรื่องงบประมาณพลังงาน (energy budget) ที่การตอบสนองต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิในระยะสั้นและระยะยาวของหอยนางรมวัยอ่อน *Ostrea edulis* ผลการทดลองพบว่าในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นจะมีผลต่อพัฒนาการของลูกหอยนางรมในส่วนสมดุลพลังงานที่ใช้ในการเติบโต โดยที่เมื่ออุณหภูมิเป็น 26 เซลเซียสที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หอยมีขอบเขตการเติบโตสูงสุดเนื่องจากได้มีการปรับสภาพเป็นเวลานาน

Palongkangas and Karlsson (1995) ศึกษาเรื่องผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อผลของเคดเมียที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเค็มของหอยแมลงภู *Perna viridis* ผลปรากฏว่าที่ทั้ง 2 ความเค็มหอยมีการปรับตัวและมีการสะสมเคดเมีย มีผลให้ค่าขอบเขตการเติบโตลดลง และเมื่ออุณหภูมิต่ำลงมีผลให้ค่า O:N ratio ลดลงโดยเป็นผลกระทบจาก 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิและความเค็ม

Elfving (1995) ทำการศึกษาเปรียบเทียบเรื่องการตอบสนองต่อทองแดง ในหอยนางรม 3 ชนิด *Saccostrea cucullata*, *Crasostrea lugubris* และ *Crassostrea belcheri* ผลการทดลองพบว่าหอยที่มีที่อยู่บริเวณน้ำขึ้นน้ำลง คือ *S. cucullata* และ *C. lugubris* นั้นน่าจะมีความทนต่อทองแดงมากกว่า *C. belcheri* ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำท่วมถึงตลอด เนื่องจากความแตกต่างของบริเวณที่อยู่อาศัย

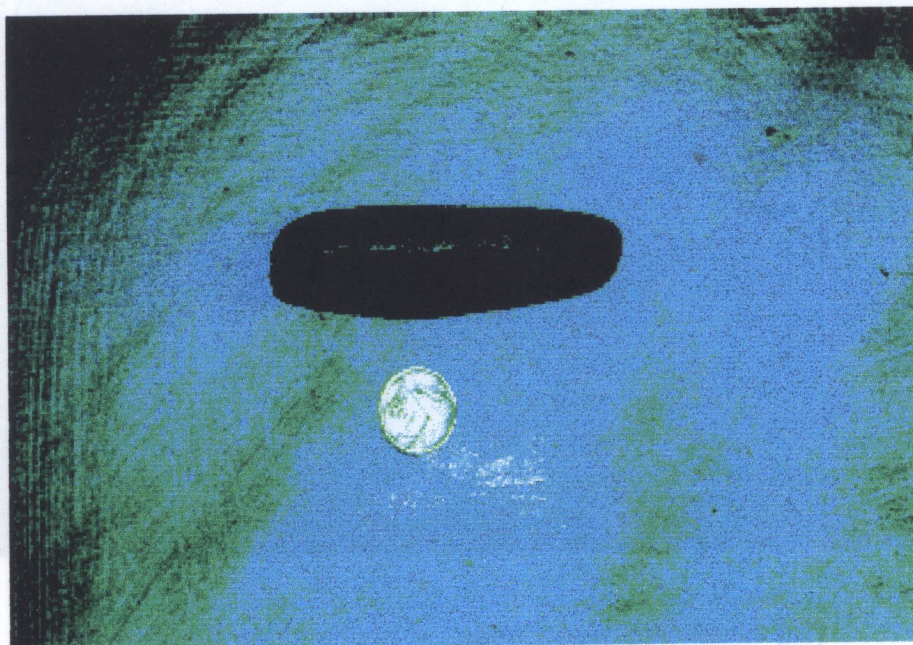


รูปที่ 1.2 เกาะสี่ช้างและเกาะคังคาว จ.ชลบุรี
(ดัดแปลงจาก Menasveta *et al.*, 1986)

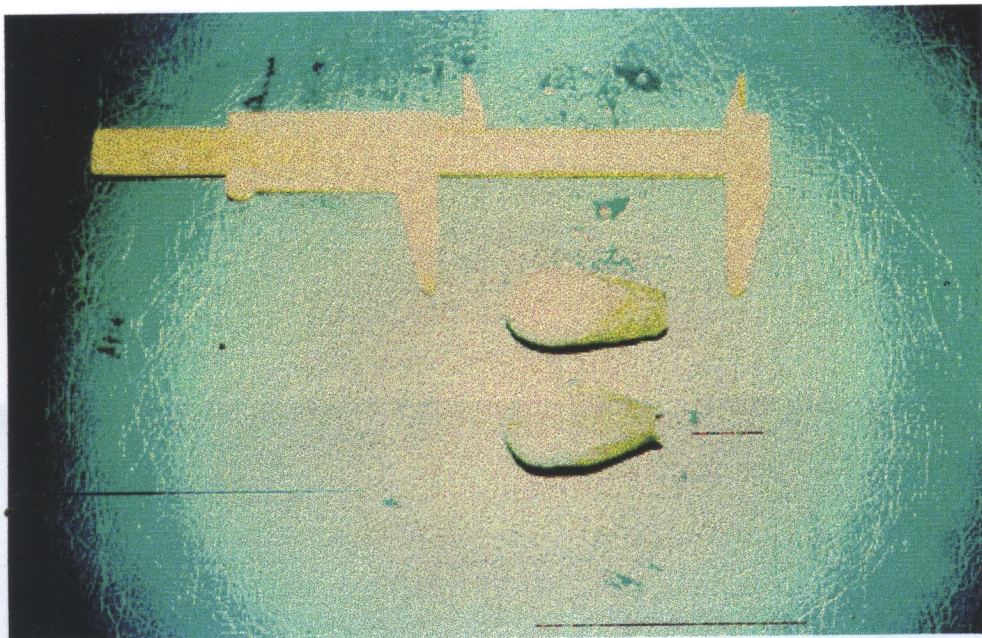


รูปที่ 1.5 หอยเจาะปะการัง *Spengleria mytiloides* (x2)

รูปที่ 1.3 หอยเจาะปะการัง 3 ชนิด ก *Lithophaga malaccana*
ข. *Spengleria mytiloides* และ ค. *Gastrochaena cuneiformis* (x2)



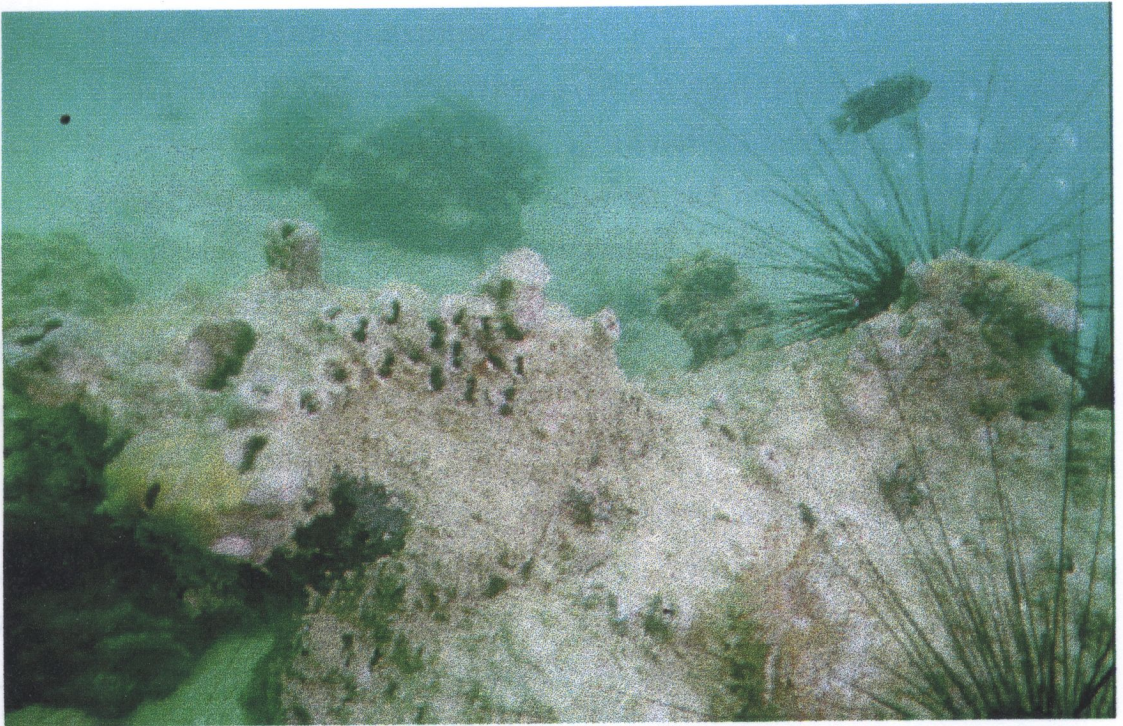
รูปที่ 1.4 หอยเจาะปะการัง *Lithophaga malaccana* (x2)



รูปที่ 1.5 หอยเจาะปะการัง *Spengleria mytiloides* (x2)



รูปที่ 1.6 หอยเจาะปะการัง *Gastrochaena cuneiformis* (x2)



รูปที่ 1.7 ลักษณะรูของหอยเจาะปะการังที่พบในปะการังตาย

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

บริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง

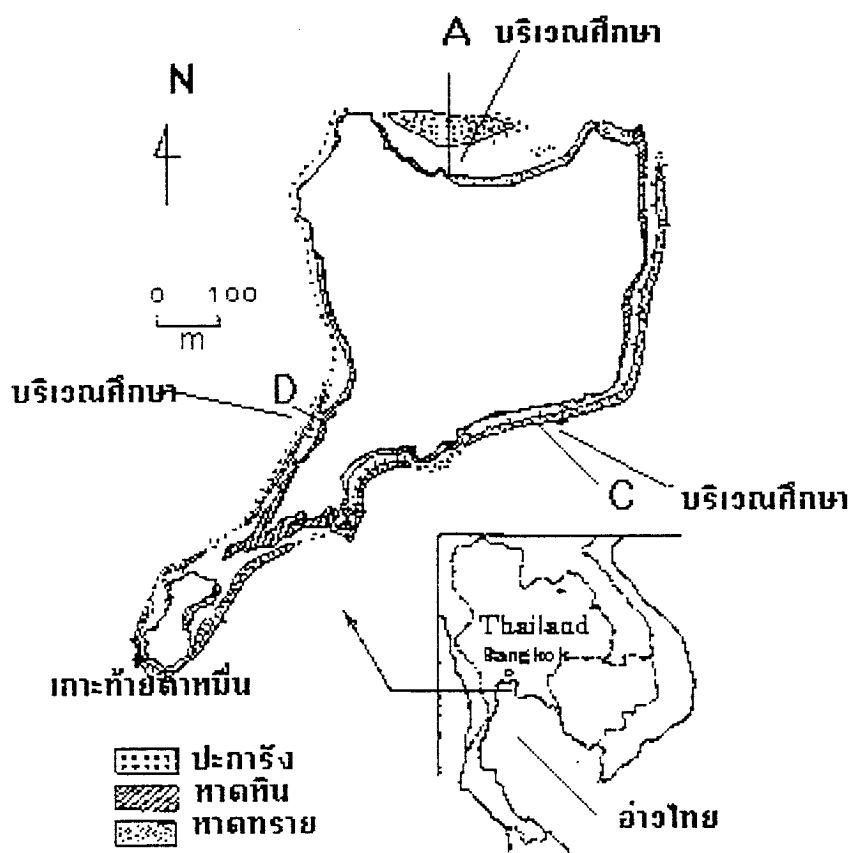
หอยเจาะปะการังที่นำมาทำการทดลองได้ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างจากแนวปะการังในบริเวณเกาะค้างคาว จ.ชลบุรี (รูปที่ 2.1) บริเวณที่ทำการศึกษาคือบริเวณ A C และ D ซึ่งอยู่แต่ละด้านของเกาะ เนื่องจากเป็นแนวเก็บตัวอย่างเดิมของโครงการศึกษาร่วมระหว่างจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยรวิทิว ประเทศญี่ปุ่น และ Panichpol et al. 1996 ซึ่งเป็นงานที่ได้เคยทำการศึกษาระดับนี้มาก่อน สถานที่ทำการศึกษามีลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้คือ (พรศรี สุทธนารักษ์ 2527 สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ 2538 Tsuchiya et al. 1986 และ Panichpol et al. 1994)

บริเวณ A อยู่ในอ่าวทางเหนือของเกาะ มีความลาดชันน้อยมาก น้ำนิ่ง การเคลื่อนที่ของมวลน้ำน้อยมาก มีกลุ่มประชากรปะการังค่อนข้างยาวเป็นระยะทางขนานกับชายฝั่งประมาณ 70 เมตรและมีความกว้างในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง ประมาณ 150 - 200 เมตร โดยไม่พบปะการังที่ตาย ลักษณะเป็นพื้นทรายพบปะการัง *Porites lutea* เป็นกลุ่มเด่น (dominant species) เป็นบริเวณกว้างสิ่งมีชีวิตมีน้อย

บริเวณ C อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะ มีความลาดชันน้อย ได้รับอิทธิพลของคลื่นลม และการเคลื่อนของมวลน้ำมาก มีแนวปะการังขนานแนวชายฝั่งเป็นแนวยาวมีความกว้างของแนวไม่มากนัก ลักษณะพื้นเป็นพื้นแข็งและพื้นทราย มีปะการังหลายชนิด species richness สูง มีความอุดมสมบูรณ์สูง เป็นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด

บริเวณ D อยู่ทางฝั่งตะวันตกไปทางด้านใต้ของเกาะ มีความลาดชันน้อย ได้รับอิทธิพลของคลื่นลม มีแนวปะการังแคบ ๆ ขนานไปกับชายฝั่งมีความกว้างประมาณ 10 เมตร ปะการังส่วนใหญ่อยู่ใน ครอบครัว *Favidae* พบ *Porites lutea* น้อยมาก

หอยเจาะปะการัง 3 ชนิด ที่ใช้เป็นตัวแทนหอยเจาะปะการัง ของบริเวณที่ทำการศึกษา คือ *Lithophaga malaccana*, *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis* โดยทำการเก็บจากปะการังก้อนชนิด *Porites lutea* ในสถานีศึกษา A C และ D นอกเขต line transect ของแนวปะการัง เกาะค้างคาวและจำแนกชนิดทำโดยใช้การวิเคราะห์เปลือกตามวิธีของ Oliver (1992) และ Kleeman (1980)



รูปที่ 2.1 บริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างหอยเจาะปะการังทั้งสามชนิด

L. malaccana, *G. cuneiformis* และ *S. mytiloides* ณ เกาะค้างคาว

(ดัดแปลงมาจาก Kamura and Choonhabanhdtit, 1986)

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.1 นิเวศวิทยา

2.1.1 จำนวนและการกระจาย (Number and Distribution)

เพื่อศึกษาความมากมาย การกระจายและความหนาแน่นของหอยเจาะปะการัง ที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา โดยการทำ belt transect เป็นระยะ 100 เมตร จากชายฝั่งแล้ว ทำการสุ่มทุก ๆ 2 เมตรโดยทำด้านข้างออกไปอีก 2 เมตรทั้ง ซ้ายและขวาของ line transect ในทุกสถานีคือ ด้าน A, C และ D ของเกาะค้างคาวโดยการดำน้ำแบบ SCUBA DIVING ซึ่งจะทำ 2 belt transect ต่อหนึ่งสถานีทดลองแล้วทำการนับรูที่มีหอยเจาะปะการังในทุกบริเวณที่อยู่ บน belt transect แล้วนำจำนวนหอยเจาะปะการังที่นับได้จากการทำ belt transect ในแต่ละ สถานีที่ทำการศึกษา กับระยะทางทั้งหมดของ line transect ที่ทำการนับในแต่ละสถานี มาสร้าง กราฟ

2.1.2 แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat)

เพื่อดูว่าหอยเจาะปะการังสามารถเจาะฝังอยู่ในปะการังชนิดใดหรือวัสดุใดได้บ้าง โดยพิจารณาจากการนับรูหอยเจาะปะการังใน belt transect จากข้อ 1.1 แล้วบันทึกชนิดของปะการังหรือวัสดุที่พบว่ามีหอยเจาะปะการังอาศัยอยู่ และทำการทาบก้อนปะการังบางส่วน เพื่อดูชนิดของหอยเจาะปะการังที่อยู่ข้างใน และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดตัวของ หอยเจาะปะการังกับขนาดรูที่พบ

2.2 ชีววิทยา

2.2.1 สัณฐานวิทยา (Morphology)

เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักตัวกับความยาวเปลือกในรูปที่ของสมการ allometric (Bayne, 1976) โดยการสุ่มตัวอย่างหอย 30 ตัว การนำหอยแต่ละตัวมาวัดขนาดความกว้างและความยาวเปลือก ชั่งน้ำหนักสดทั้งหมด แล้วจึงแยกเอาเฉพาะเนื้อมาชั่ง น้ำหนักสดอีกครั้ง จากนั้นนำไปหาน้ำหนักแห้งโดยการนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักคงที่

นำค่าน้ำหนักและขนาดเปลือกไปหาความสัมพันธ์ตามสมการ allometric ดังนี้

$$Y = aX^b$$

โดยที่ Y = น้ำหนัก (กรัม)

X = ความยาวเปลือก (มิลลิเมตร)

และสมการสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ของสมการเส้นตรงได้คือ

$$\ln Y = \ln a + b \ln X$$

จะได้ $\ln a$ คือ Y-intercept และ b คือค่า slope

2.2.2 อัตราส่วนเพศ (Sex Ratio)

เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างหอยเจาะปะการังเพศเมียและเพศผู้ในที่พบในธรรมชาติ (สมร ดนวรรณสมบัติ 2535) การเตรียมตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างหอย 30 ตัว นำหอยมาผ่าเป็น 2 ส่วนตามแนวของความยาวเปลือก บันทึกจำนวนที่พบในแต่ละเพศแล้วนำมาทำการหาอัตราส่วน โดยมีสมมติฐานว่า

H_0 : อัตราส่วนระหว่างเพศเมียและเพศผู้เท่ากับ 1 : 1

H_1 : อัตราส่วนระหว่างเพศเมียและเพศผู้ไม่เท่ากับ 1 : 1

ทดสอบโดยใช้ Chi-square test (χ^2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

โดยที่ O = Observed value

E = Expected value

2.2.3 Body Condition Index (BCI)

เป็นการศึกษาถึงความอ้วนผอมของหอยสองฝาในขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับอาหารที่ได้รับและสภาวะสืบพันธุ์ของหอยสองฝา เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ระหว่างทำการทดลอง (Widdow, 1993) โดยทำการสุ่มตัวอย่างหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด จำนวน 15-20 ตัวทุกๆ 2 เดือนเป็นเวลา 6 เดือน นำมาวัดขนาดความยาวเปลือก จากนั้นผ่าหน้าเนื้อมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 24 ชั่วโมง) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ค่าทั้งสองที่ได้จากการวัดจะนำไปคำนวณเพื่อหา BCI สภาพตามสมการ (Palonkangas and Karlsson, 1995)

$$BCI = \text{soft tissue dryweight}(g) * \text{shell length}(mm^{-1})$$

โดยที่ soft tissue dryweight = น้ำหนักเนื้อเมื่ออบแห้งจนน้ำหนักคงที่แล้ว (กรัม)
 shell length = ความยาวเปลือก (มิลลิเมตร)

2.3 การตอบสนองทางสรีรวิทยา

เป็นการหาค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสภาวะที่จัดขึ้นในห้องทดลอง ระบบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบน้ำนิ่ง(static) โดยการนำขนาดความจุ 500 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ใช้เป็น respiration chamber ใช้หอยเจาะปะการัง 1 ตัวต่อ 1 chamber ในทุกการทดลอง ก่อนทำการทดลองต้องทำการเตรียมตัวอย่างสัตว์ทดลองโดยการนำหอยเจาะปะการังที่ต้องทำการปรับสภาพ (acclimate) ก่อนวัดค่าการตอบสนองมาตรฐานตรวจสอบสภาพและทำความเข้าใจสภาวะเปลือกเอาสิ่งสกปรกและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เกาะอยู่บนเปลือกออกให้หมดแล้วจึงนำไปทำการปรับสภาพตามสภาวะที่จัดขึ้นในข้อ แต่จะทำการทดลองจะทำการวัดค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1 การวัดค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยา (Physiological

Response)

2.3.1.1 อัตราการหายใจ (Respiration Rate)

คือปริมาณออกซิเจน ($\text{mgO}_2/\text{gdw}/\text{h}$) ที่สัตว์ใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนำสัตว์ทดลองมาใส่ลงใน respiration chamber เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการวัดปริมาณออกซิเจนโดยเครื่องวัดออกซิเจนของ YSI model 5730 แล้วคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้ (Palokangas and Karlsson, 1995)

$$\text{respiration rate } (\text{mgO}_2 * \text{gdw}^{-1} * \text{h}^{-1}) = \frac{[(\text{O}_2)_{t_1} - (\text{O}_2)_{t_2}]}{t_1 - t_2}$$

โดยที่ O_2 = ปริมาณออกซิเจน (มิลลิกรัม)

t_1 = เวลาที่เริ่มทำการทดลอง

t_2 = เวลาที่สิ้นสุดการทดลอง

2.3.1.2 อัตราการขับถ่าย (Excretion Rate)

คือปริมาณแอมโมเนียในรูปที่ของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g NH}_3\text{-N}/\text{gdw}/\text{h}$) ที่สัตว์ขับถ่ายออกมาในน้ำเวลา 1 ชั่วโมง การวัดทำโดยการเก็บน้ำใน chamber ที่มีหอยเจาะ

ปะการังเทียบกับที่ไม่มีหอย (blank) ในเวลาที่กำหนด (2 ชั่วโมง) แล้ววิเคราะห์ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972)

2.3.1.3 อัตราการกรอง (Clearance Rate)

คืออัตราที่แพลงก์ตอนในน้ำที่ทราบปริมาตรแน่นอนถูกกรองหรือทำให้ใส โดยสัตว์ทดลองต่อหน่วยเวลา และ biomass ปริมาณแพลงก์ตอนพืชหาได้จากการนำน้ำใน respiration chamber ก่อนและหลังทำการทดลอง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดย spectrophotometer milton roy แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณเซลล์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งได้จากการนับตัวอย่างสาหร่ายเข้มข้นที่นำไปผสมกับน้ำทะเลกรองในอัตราส่วนต่าง ๆ กันในสไลด์นับเม็ดเลือด (haemocytometer) และนำไปคำนวณความเข้มข้นตามวิธีของกฤษณ์ มงคลปัญญา (2536) กับค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) อัตราการกรองสามารถทำการคำนวณตามสูตรดังนี้ (Tedengren *et.al*, 1990 อ้างตาม Palokangas and Karlsson, 1995)

$$clearance\ rate(l * h^{-1}gdw^{-1}) = \frac{[(\ln C_0 - \ln C_1) - (\ln C_0 - \ln C_g) * V]}{t * gdw}$$

เมื่อ

C_0 = ความเข้มข้นเซลล์เมื่อเริ่มการทดลองใน chamber ที่มีสัตว์ทดลอง (เซลล์/ลิตร)

C_1 = ความเข้มข้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองใน chamber ที่มีสัตว์ทดลอง (เซลล์/ลิตร)

C_g = ความเข้มข้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองใน chamber ที่ไม่มีสัตว์ทดลอง (เซลล์/ลิตร)

V = ปริมาตรในการทดลอง (ลิตร)

t = เวลาในการทำการทดลอง (ชั่วโมง)

2.3.1.4 ประสิทธิภาพการดูดซึม (Absorption efficiency)

คือประสิทธิภาพในการดูดซึมสารอินทรีย์จากการย่อยอาหาร วิธีหาทำได้โดยนำกระดาศกรอง GF/C ไปซึ่งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ นำไปซึ่งน้ำหนักกระดาศกรองด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำกระดาศกรองไปกรอง faeces และแพลงก์ตอนพืชจากน้ำที่อยู่ภายใน respiration chamber ด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ จากนั้นนำกระดาศกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอีกครั้งหนึ่งจนน้ำหนักคงที่แล้วนำไปซึ่งน้ำหนักแห้ง หลังจากซึ่งน้ำหนักแห้งแล้วจึงนำกระดาศกรองทั้งหมดไปเผาโดยใช้ muffler furnace ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักกระดาศกรองแต่

ละแผ่นอีกครั้ง นำค่าที่ได้ไปคำนวณจากอัตราส่วนตามสูตรของ Conover (1966) (อ้างตาม Widdows, 1984) ดังนี้

$$\text{Absorption efficiency} = \frac{(F - E)}{(1 - E)F}$$

เมื่อ F = ashfree dry weight ของอาหาร/ dry weight ของอาหาร

E = ashfree dry weight ของ faeces/ dry weight ของ faeces

การหาค่าตอบสนองต่าง ๆ นี้เพื่อนำไปประกอบเป็นส่วนของขอบเขตการเติบโต (scope for growth) และ O : N ratio สำหรับการพิจารณาผลของการตอบสนองในข้อ 2.3.3.1-2.3.3.4

2.3.2 การประเมินผลการตอบสนองทางสรีรวิทยา

2.3.2.1 ขอบเขตการเติบโต (Scope for growth : SFG)

เป็นการประเมินศักยภาพในการเติบโตและการสืบพันธุ์ของสัตว์ทดลอง สามารถแยกทำได้เป็นแต่ละส่วน และสามารถใช้ในการประเมินผลกระทบของมลภาวะที่มีต่อสภาพทางชีววิทยา สามารถวัดสถานะของพลังงานในสัตว์ได้ทันที สามารถติดตามกลไกของความเป็นพิษและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเติบโตได้ นอกจากนี้ยังบอกถึงผลกระทบโดยรวมเนื่องจากการสะสมของสารปนเปื้อนด้วย

ค่า SFG เขียนอยู่ในรูปที่ของสมการพลังงานโดยการแปลงค่าต่าง ๆ จากการวัดในห้องทดลองให้เป็นสมการสมมูลพลังงาน (energy equivalent) ค่าที่เป็นบวกรวมความถึง สัตว์จะมีพลังงานสะสมเพื่อใช้ในการเติบโต และจะมีค่าเป็นลบเมื่อสัตว์ใช้พลังงานที่สะสมนั้นในการซ่อมแซมและรักษาสภาพร่างกายให้ดำเนินต่อไปได้ (Warren and Davies, 1967 ; Widdows 1978 ; Widdows *et al.*, 1981 อ้างตาม Gilek *et al.*, 1992 และ Widdow, 1993)

$$P = A - (R + U)$$

โดยที่ A = clearance rate * absorption efficiency * พลังงานจาก
สาหร่าย *Isochysis galbana* (22.7 J/mg.) (Palokagas and Karlsson, 1995)

$$R = 14.2 \text{ J/mg O}_2 * \text{อัตราการหายใจ}$$

$$U = 19.4 \text{ J/mg NH}_4^+ - \text{N} * \text{อัตราการขับถ่ายแอมโมเนีย}$$

2.3.2.2 อัตราการใช้ออกซิเจนต่อการขับถ่ายไนโตรเจน (O:N

Ratio)

คืออัตราการใช้ออกซิเจนต่อการขับถ่ายไนโตรเจนของสัตว์ทดลอง ในหน่วยสมมูลอะตอม แสดงถึงค่าเปรียบเทียบในการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานในการเมตาบอลิซึม (Bayne, 1975 อ้างตาม Axiak, 1991) ถ้ามีการนำเอาโปรตีนไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน จะต้องมีการสลายกรดอะมิโนเมื่อมีการออกซิไดส์กรดอัลฟาคีโตอย่างสมบูรณ์ เป็นผลให้มีการขับถ่ายแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น ในกรณีนี้หมายความว่าสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดซึ่งจะต้องดึงส่วนของสะสมไว้ในร่างกายเพื่อรักษาให้คงอยู่ในสภาพปกติ ซึ่งจะมีการใช้คาร์โบไฮเดรตไขมันและโปรตีนที่สะสมไว้ เป็นผลให้องค์ประกอบทางเคมีระหว่างสารทั้งสามชนิดในร่างกายเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น O : N ratio จึงเป็นตัวชี้บ่งถึงการเปลี่ยนแปลงของการนำโปรตีนไปใช้เปรียบเทียบกับคาร์โบไฮเดรตและไขมัน หากมีการใช้โปรตีนในอัตราสูงเมื่อเทียบกับสารอีก 2 ชนิดเป็นผลให้ O : N ratio ลดต่ำลง แสดงถึงภาวะเครียดที่เกิดขึ้น หากอัตรา O : N ratio ที่ได้มีค่าสูง หมายความว่ามีการสลายไขมัน และ/หรือ คาร์โบไฮเดรต มากกว่าโปรตีน ค่าต่ำสุดที่แสดงถึงการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานนั้นมีค่าประมาณ 7 (Widdow, 1984 อ้างถึง Bayne and Thompson, 1970 และ Mayzaud, 1973) การคำนวณค่า O : N ratio ทำได้ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$O:N = \frac{\left(\frac{\text{mgO}_2 \text{ h}^{-1}}{16} \right)}{\left(\frac{\text{mgNH}_4^+ \text{ Nh}^{-1}}{14} \right)}$$

เมื่อ $\text{mgO}_2 \text{ h}^{-1}$ = ปริมาณออกซิเจนใน 1 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)

$\text{mgNH}_4^+ \text{ Nh}^{-1}$ = ปริมาณแอมโมเนียใน 1 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)

ข้อจำกัดในการใช้ O : N ratio นั้นคือ ค่านี้ไม่สามารถใช้กับสัตว์กินเนื้อที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักในอาหาร

เมื่อได้เตรียมสัตว์ทดลองก่อนการทดลองเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงนำไปทำการปรับสภาพ (acclimate) ตามสภาวะการทดลองที่จัดไว้ดังต่อไปนี้

2.3.3 สภาวะในการทดลอง

2.3.3.1 การตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย

ทำการปรับสภาพจากธรรมชาติที่ความเค็ม 30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29 ppt. มาเป็นสภาพในห้องทดลองที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29 ppt. นำหอยเจาะปะการังจำนวน 12 ตัวต่อชนิด แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดควบคุม ไม่มีตะกอน และชุดทดลองที่มีตะกอนของแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุดที่พบในบริเวณเกาะค้างคาว (Sudara *et al.*, 1991) ใส่ลงในถังขนาด 10 ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดลอง ในห้องมืดและให้อากาศตลอดเวลา งดให้อาหารก่อนทำการทดลอง 1 วัน หลังจากทำการปรับสภาพแล้วจะทำการวัดค่าการตอบสนองใน 2 ส่วนคือ อัตราการหายใจและอัตราการกรอง (รูปที่ 2.2)

2.3.3.2 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

นำหอยเจาะปะการังแต่ละชนิดซึ่งได้ทำความสะอาดเปลือกแล้วจำนวน 15 - 30 ตัว มาทำการปรับสภาพ จากธรรมชาติที่ความเค็ม 30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29 ppt. มาเป็นสภาพในห้องทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 32 24 และ 16 ppt. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในห้องมืดและให้อากาศตลอดเวลา งดให้อาหารก่อนทำการทดลอง 1 วัน แล้วทำการวัดค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาตามข้อ 2.3.1.1 - 2.3.1.4 (รูปที่ 2.3)

2.3.3.2 การตอบสนองต่อปริมาณทองแดง

นำหอยแต่ละชนิดจำนวน 15 - 30 ตัวต่อการทดลองมาทำความสะอาดเปลือก ปรับสภาพจากธรรมชาติอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29 ppt. เป็นที่น้ำความเค็ม 29 ppt. กับสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้น 3 ระดับคือ 0 10 และ 20 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการวัดค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้อากาศตลอดเวลาและไม่มีแสงส่องผ่าน งดให้อาหารก่อนทำการทดลอง 1 วัน นำหอยที่ปรับสภาพแล้วในการทดลองต่าง ๆ มาใส่ใน respiration chamber วัดค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาตามข้อ 2.3.1.1 - 2.3.1.4 (รูปที่ 2.4)

2.3.3.4 การตอบสนองต่อผลรวมของความเค็มและปริมาณ

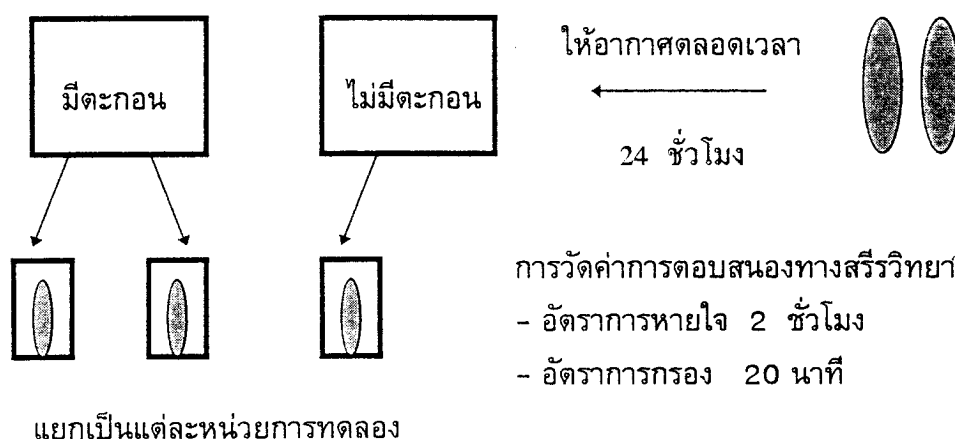
ทองแดง

นำหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด ทำความสะอาดเปลือกแล้วมาปรับสภาพจากธรรมชาติอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 29 ppt. ในห้องที่ไม่มีแสงส่อง

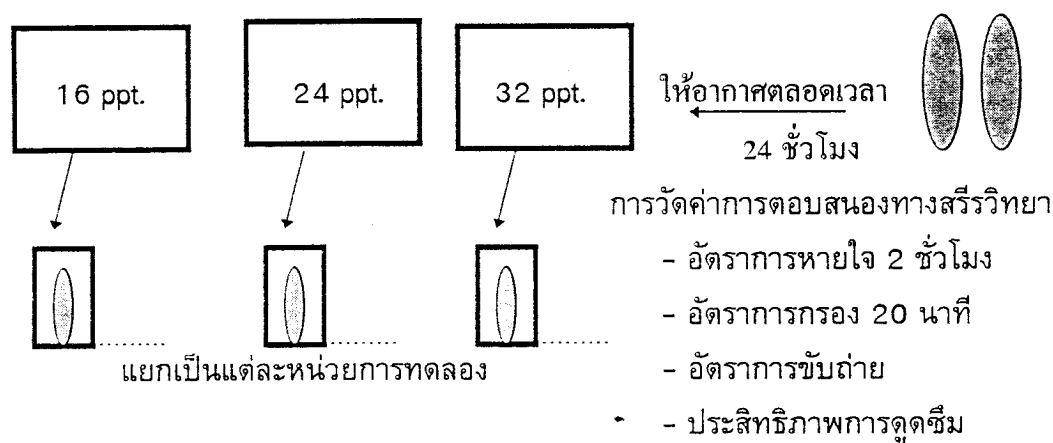
ผ่าน เป็นเวลา 24 ชั่วโมงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้อากาศตลอดเวลา ที่ความเค็มและความเข้มข้นของ Cu_2SO_4 ทองแดงพร้อมกันดังต่อไปนี้

ความเค็ม	ความเข้มข้นสารละลาย Cu_2SO_4	
16 ppt.	10 μg .	20 μg .
24 ppt.	10 μg .	20 μg .
32 ppt.	10 μg .	20 μg .

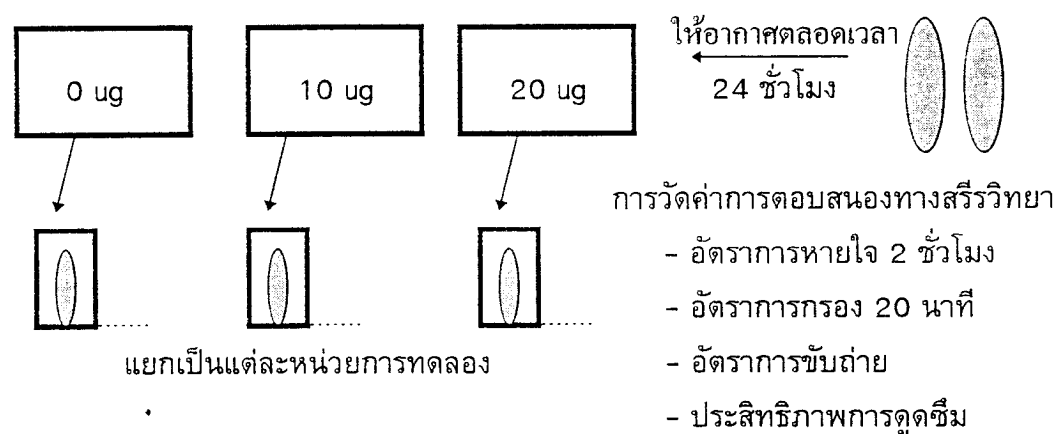
• งดให้อาหารก่อนทำการทดลองเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำมาใส่ลงใน respiration chamber วัดค่าการตอบสนองเช่นเดียวกับในข้อ 3.1.1 - 3.1.4



รูปที่ 2.2 แผนการทดลองการตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยเจาะปะการัง



รูปที่ 2.3 แผนการทดลองการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยเจาะปะการัง



รูปที่ 2.4 แผนการทดลองการตอบสนองต่อการสลาย Cu₂SO₄ ของหอยเจาะปะการัง

บทที่ 3

ผลการศึกษาวิจัย

3.1 นิเวศวิทยา

เมื่อทำการสุ่มนับจำนวนรูและทูปก่อนปะการังเพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างจำนวนหอยเจาะปะการังต่อจำนวนรู พบว่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนหอยต่อจำนวนรูเท่ากับ 1:1 หมายความว่า จะพบหอยเจาะปะการังเพียง 1 ตัวเท่านั้น ในรูของหอยเจาะปะการัง 1 รู

3.1.1 จำนวนและการกระจาย

จากการทำ belt transect ที่ 3 สถานีบริเวณเกาะค้างคาว คือ A C และ D โดยการนับจำนวนรูที่มีหอยเจาะปะการัง การกระจายของหอยเจาะปะการังที่พบและความลึกในแต่ละสถานีเป็นดังต่อไปนี้คือ (รูปที่ 3.1 และ 3.2)

สถานี A ความยาว line transect เท่ากับ 100 เมตร จำนวนมากที่สุดที่พบในหนึ่ง quadrat คือ 26 ตัว จำนวนเฉลี่ย 5 ตัว/ตารางเมตร บริเวณที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือที่ระยะ 20-30 เมตร ห่างจากฝั่งที่ความลึก 2.5 เมตร

สถานี C ความยาว line transect เท่ากับ 42 เมตร จำนวนมากที่สุดที่พบในหนึ่ง quadrat คือ 30 ตัว จำนวนเฉลี่ย 2 ตัว/ตารางเมตร บริเวณที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือที่ระยะ 14 เมตร ห่างจากฝั่งที่ความลึก 4 เมตร

สถานี D ความยาว line transect เท่ากับ 44 เมตร จำนวนมากที่สุดที่พบในหนึ่ง quadrat คือ 15 ตัว จำนวนเฉลี่ย 1 ตัว/ตารางเมตร บริเวณที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือที่ระยะ 32-40 เมตร ห่างจากฝั่งที่ความลึก 5 เมตร

3.1.2 แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat)

จากการศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยเจาะปะการัง พบว่าหอยเจาะปะการังทั้งสามชนิดมีรูปร่างของปากกรูต่างกันและมีแหล่งที่อยู่อาศัยในบริเวณดังต่อไปนี้คือ หอยเจาะปะการังชนิด *Lithophaga* spp. ปากรูจะมีลักษณะคล้ายรูปที่ยกน้ำหนัก (dumbell shape) พบได้ในปะการังที่มีชีวิตหลายชนิด คือ *Porites lutea*, *Platygyra daedalea*, *Leptasrea purpurea* และ *Galaxea fascicularis* แต่โดยมากจะพบในปะการังก้อนชนิด *Porites lutea* และพบว่ามีในปะการังตายด้วย หอยเจาะปะการังอีกชนิด *Spengleria mytiloides* มีลักษณะปากกรูเป็นรูวงกลม 2 อันติดกันโดยวงกลมทั้ง 2 ขาดออกจากกันอย่างชัดเจน มีขอบหนา ส่วน *Gastrocheana cuneiformis* ที่ปากกรูมีลักษณะเป็นรูปเลข 8 มีขอบหนา ทั้ง *Spengleria mytiloides* และ *Gastrocheana cuneiformis* พบได้เฉพาะในปะการังตาย จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดตัวหอยเจาะปะการังกับขนาดปากกรูที่พบในปะการัง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตัวหอยและปากกรูนั้นมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ($r^2=0.326$) นั่นคือไม่อาจประมาณขนาดของตัวที่แน่นอนได้จากขนาดของปากกรู

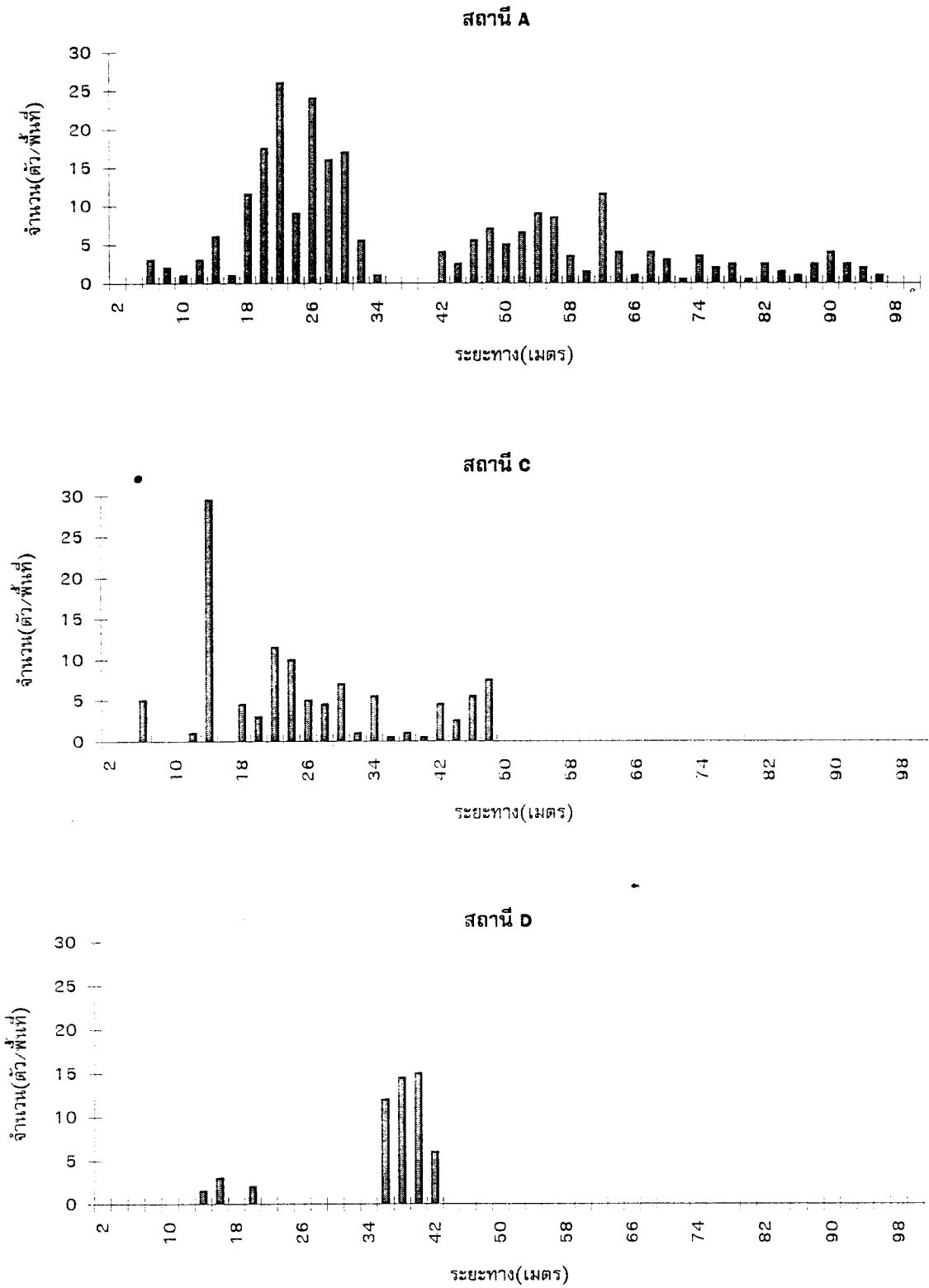
3.2 ชีววิทยา

3.2.1 สัณฐานวิทยา (Morphology)

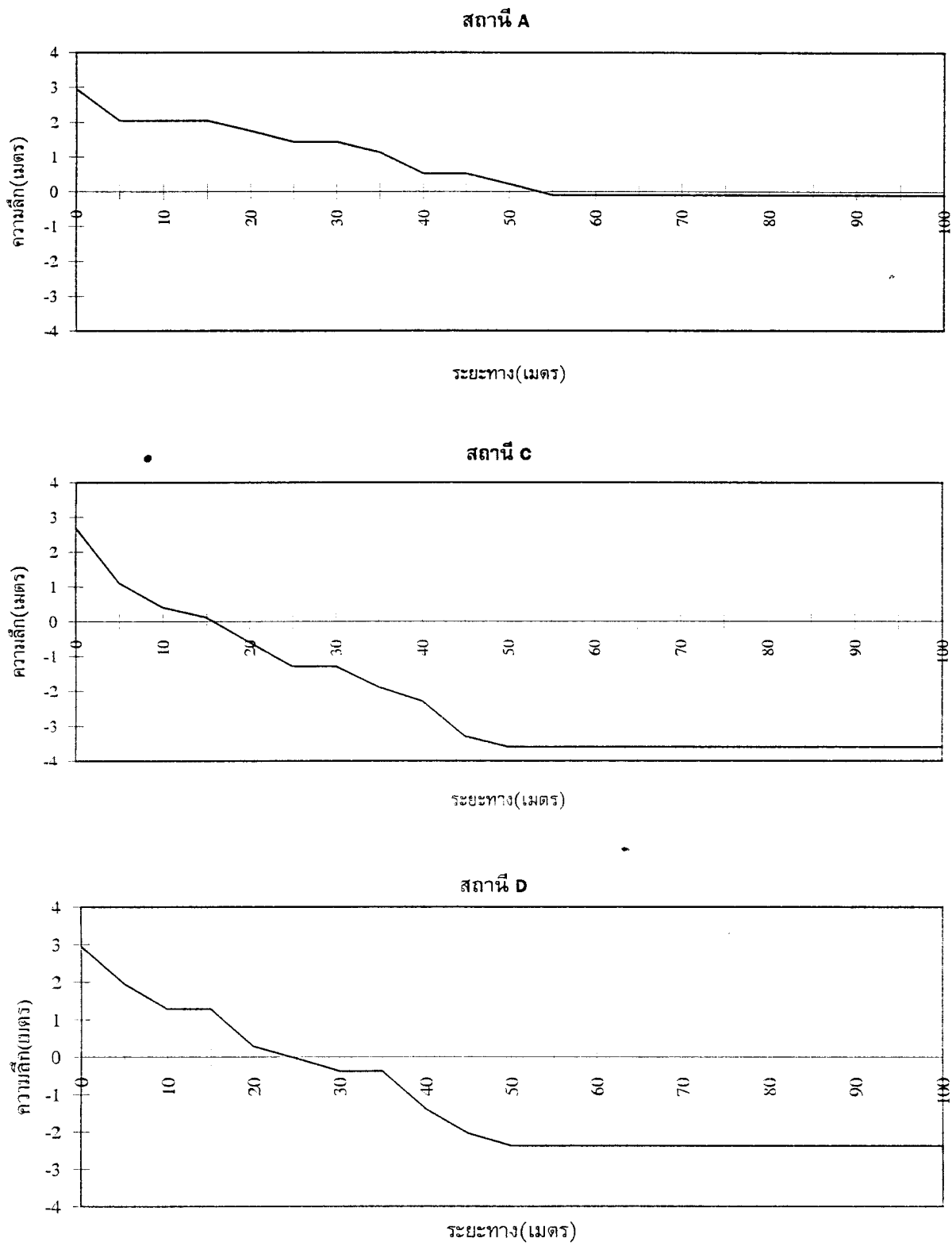
ที่ความยาวเปลือกเท่ากันนั้นหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana* จะมีน้ำหนักตัวมากที่สุด รองลงมาคือ *G.cuneiformis* และ *S. mytiloides* จะมีน้ำหนักตัวน้อยที่สุด ดังสมการ allometric (Bayne, 1976) ดังต่อไปนี้

$$\begin{array}{llll} L. malaccana & Y = 4.07X^{0.06} & (n=30) & r^2 = 0.363 \quad P = 0.000 \\ S. mytiloides & Y = 1.98X^{0.11} & (n=30) & r^2 = 0.205 \quad P = 0.012 \\ G. cuneiformis & Y = 1.65X^{0.23} & (n=30) & r^2 = 0.279 \quad P = 0.003 \end{array}$$

ค่า X คือ ความยาวเปลือก (มิลลิเมตร) และ Y คือ น้ำหนักรวมเปลือก (กรัม)



รูปที่ 3.1 ความหนาแน่นของหอยเจาะปะการังในแต่ละสถานีที่ทำการศึกษา ของเกาะค้างคาว



รูปที่ 3.2 ความลึกของสถานีที่ทำการศึกษาแต่ละสถานีของเกาะค้างคาว

3.2.2 อัตราส่วนเพศ

อัตราส่วนเพศของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิด (n=30) ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างจากแนวปะการังบริเวณเกาะค้างคาวในเดือนเมษายน พ.ศ. 2539 อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *L. malaccana* ระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียเท่ากับ 1:0.76 ส่วนอัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *S. mytiloides* เท่ากับ 1:0.58 และใน *G. cuneiformis* เท่ากับ 1:0.67 แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยการคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย นั่นคืออัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการังระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียใกล้เคียงกับ 1 ต่อ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

• ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง 3 ชนิด

ชนิด	ตัวผู้ (M)	ตัวเมีย (F)	expected value	χ^2	M : F
<i>L. malaccana</i>	13	17	15	0.5	0.76
<i>S. mytiloides</i>	11	19	15	2.1	0.58
<i>G. cuneiformis</i>	12	18	15	1.2	0.67

3.2.3 Body Condition Index (BCI)

ค่า BCI ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่เก็บจากแนวปะการังของเกาะค้างคาว 3 ช่วง เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2539 โดยแต่ละช่วงเว้นระยะห่างกัน 1 เดือนรายละเอียดดังตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 เมื่อพิจารณาค่า BCI ในแต่ละชนิดพบว่า ค่า BCI ของ *L. malaccana* ในแต่ละช่วงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.4 ± 4.64 27.8 ± 8.25 และ 29.9 ± 6.43 ค่า BCI ในแต่ละช่วงเวลานั้นมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ในเดือนมีนาคมนั้นมีความแตกต่างกับอีก 2 ช่วงหลังคือในเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคม แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า BCI ของสองช่วงหลังนั้นไม่มีความแตกต่างกัน นั่นคือ BCI ของ *L. malaccana* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากช่วงแรก

• ค่า BCI ของ *S. mytiloides* เท่ากับ 21.4 ± 8.72 16.5 ± 5.68 และ 23.0 ± 6.29 จากการทดสอบทางสถิติพบว่าค่า BCI ในแต่ละช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่า BCI ของ *G. cuneiformis* เท่ากับ 36.3 ± 16.2 6.8 ± 2.85 และ 8.7 ± 5.56 ซึ่งค่า BCI ของ *G. cuneiformis* ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงแรกคือเดือนมีนาคมกับเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม คือ ค่า BCI ใน 2 ช่วงหลังนั้นมีค่าน้อยกว่าในช่วงแรก

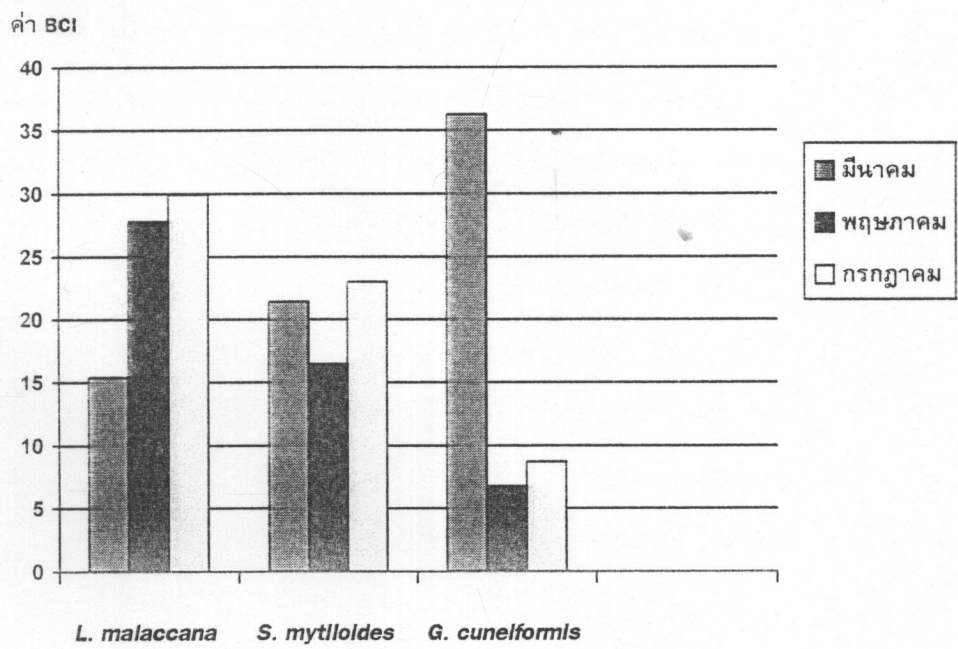
3.3 การตอบสนองทางสรีรวิทยา

3.3.1 การตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย

โดยการเปรียบเทียบ อัตราการหายใจและอัตราการกรอง ใน 2 ชุดการทดลองคือ ชุดควบคุมที่ไม่มีตะกอนและชุดที่มีตะกอนของแป้งมันสำปะหลัง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่ารูปแบบการตอบสนองของหอยเจาะปะการังแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 *L. malaccana* มีอัตราการหายใจสูงขึ้นถึง 71.1 % ในขณะที่ อัตราการกรองลดลงเพียง 1.4 % แบบที่ 2 คือ การตอบสนองของ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเป็น 49.26 % และ 7.76 % แต่มีอัตราการกรองลดลงอย่างมากเป็น 16.9 % และ 27.8 % หมายความว่า *L. malaccana* มีความทนทานต่อตะกอนแขวนลอยได้ดีกว่า *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* จึงทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น แต่อัตราการกรองมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ผลการทดลองที่ได้แสดงอยู่ในตาราง 3.3 และรูปที่ 3.4 - 3.5

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยของความยาวเปลือก น้ำหนักเนื้อแห้ง และ BCI ในแต่ละช่วง
เวลาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิด

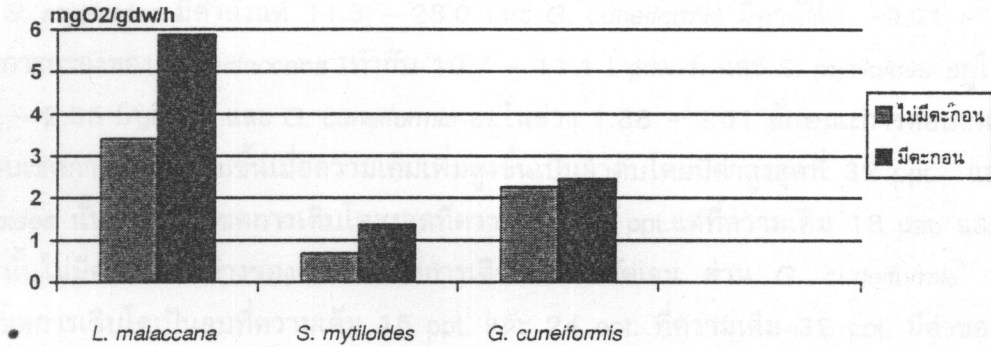
ชนิด	เดือน	จำนวน (n)	ความยาว เปลือก (mm.)	น้ำหนักแห้ง (g)	BCI
<i>L. malaccana</i>	มีนาคม	20	62.5 ± 6.42	0.96 ± 0.26	15.4 ± 4.64 ^a
	พฤษภาคม	20	64.1 ± 7.71	1.79 ± 0.63	27.8 ± 8.25 ^b
	กรกฎาคม	20	61.3 ± 8.77	1.85 ± 0.57	29.9 ± 6.43 ^b
<i>S. mytiloides</i>	มีนาคม	15	44.09 ± 5.48	0.93 ± 0.37	21.4 ± 8.72 ^a
	พฤษภาคม	15	36.31 ± 4.03	0.60 ± 0.24	16.5 ± 5.61 ^a
	กรกฎาคม	18	48.53 ± 5.23	0.97 ± 0.25	23.0 ± 6.29 ^a
<i>G. cuneiformis</i>	มีนาคม	16	49.30 ± 10.90	1.64 ± 0.46	36.3 ± 16.2 ^a
	พฤษภาคม	16	24.13 ± 5.06	0.17 ± 0.09	6.77 ± 2.85 ^b
	กรกฎาคม	18	27.49 ± 7.37	0.26 ± 0.20	8.70 ± 5.56 ^b



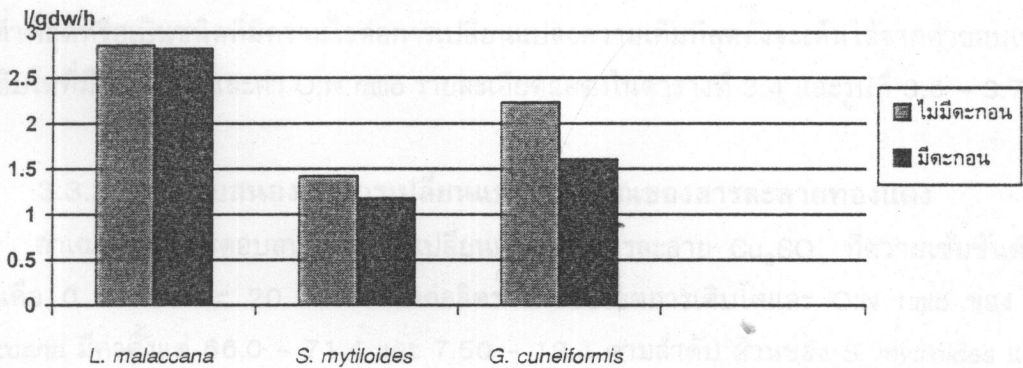
รูปที่ 3.3 ค่า BCI ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่เวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย ของหอย
เจาะปะการัง 3 ชนิด

ชนิด	ชุดการทดลอง	n	อัตราการหายใจ (mgO ₂ /gdw/h)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)
<i>L. malaccana</i>	ไม่มีตะกอน	12	3.42 ± 1.96	2.86 ± 0.69
	มีตะกอน	12	5.87 ± 2.75	2.82 ± 0.63
<i>S. mytiloides</i>	ไม่มีตะกอน	12	0.69 ± 0.92	1.42 ± 1.16
	มีตะกอน	12	1.36 ± 1.96	1.18 ± 1.04
<i>G. cuneiformis</i>	ไม่มีตะกอน	12	2.26 ± 0.95	2.23 ± 0.26
	มีตะกอน	12	2.45 ± 1.19	1.61 ± 0.67



รูปที่ 3.4 อัตราการหายใจของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดในชุดการทดลองที่ไม่มีตะกอนและมีตะกอน



รูปที่ 3.5 อัตราการกรองของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิด ในชุดการทดลองที่ไม่มีตะกอนและมีตะกอน

3.3.2 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองของหอยเจาะปะการังต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ 16 ppt และ 32 ppt. ใน *L. malaccana* ค่าขอบเขตของการเติบโตมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 164.5 - 182.4 ส่วน *S. mytiloides* มีค่าตั้งแต่ 11.3 - 28.0 และ *G. cuneiformis* มีค่าตั้งแต่ -9.91 - 1.23 อัตราการกรองของ *L. malaccana* เท่ากับ 10.7 - 11.1 l/gdw/h และ *S. mytiloides* อยู่ในช่วง 1.26 - 2.55 l/gdw/h และ *G. cuneiformis* อยู่ในช่วง 1.88 - 2.01 ลักษณะการตอบสนอง มีค่าขอบเขตการเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับโดยมีค่าสูงสุดที่ 32 ppt. และ *S. mytiloides* นั้นมีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ความเค็ม 32 ppt. แต่ที่ความเค็ม 18 ppt. และ 24 ppt. นั้นไม่มีความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโตอย่างชัดเจน ส่วน *G. cuneiformis* มีค่าขอบเขตการเติบโตเป็นลบที่ความเค็ม 16 ppt. และ 24 ppt. ที่ความเค็ม 32 ppt. มีค่าขอบเขตการเติบโตเท่ากับ 1.23 ซึ่งเป็นค่าบวกเพียงค่าเดียว ส่วนค่า O:N ratio ของแต่ละชนิดนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่า O:N ratio ของ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* นั้นมีความแปรปรวนของข้อมูลสูง จากผลการทดลองที่ได้นี้เมื่อพิจารณาค่าขอบเขตการเติบโตกล่าวได้ว่า หอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิด มีช่วงความเค็มที่เหมาะสมคือ 32 ppt. โดยที่ *L. malaccana* เป็นชนิดที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มมากที่สุดรองลงมาก็คือ *S. mytiloides* ส่วน *G. cuneiformis* มีความทนทานต่ำที่สุดหรือเป็นชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่สุดดังจะเห็นได้จากค่าขอบเขตการเติบโตที่มีค่าเป็นลบและค่า O:N ratio รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.6 - 3.7

3.3.3 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารละลายทองแดง

ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 0, 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio ของ *L. malaccana* มีค่าตั้งแต่ 66.0 - 71.4 และ 7.50 - 12.4 ตามลำดับ ส่วนของ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* เท่ากับ 130.9 - 179.6, 13.4 - 23.0 และ -151.9 - 80.8, 0.01-0.02 ตามลำดับ ในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายทองแดงนั้น *L. malaccana* มีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม โดยค่าขอบเขตการเติบโตที่ 0 ไมโครกรัมและ 20 ไมโครกรัมนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน *S. mytiloides* มีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดในช่วงความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมเช่นกัน รองลงมาก็คือ 0 ไมโครกรัมและ 20 ไมโครกรัม ส่วนใน *G. cuneiformis* มีค่าขอบเขตการเติบโตเป็นลบ และ O:N ratio มีค่าต่ำมาก ดังนั้นหอยเจาะปะการังที่มีความทนทานต่อปริมาณสารละลายทองแดงที่สุดคือ *S. mytiloides* เนื่องจากมีค่าขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio สูง และ *G. cuneiformis* เป็นหอยเจาะปะการังที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากค่าขอบเขตการเติบโตที่เป็นลบและค่า O:N ratio ที่ต่ำมาก แสดงถึงความเครียดที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการทดลอง ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.8 - 3.9

3.3.4 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการเปลี่ยนแปลง

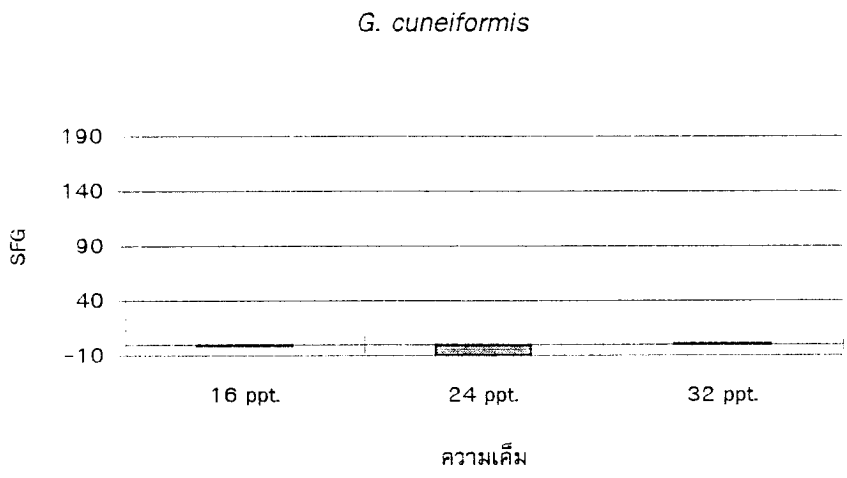
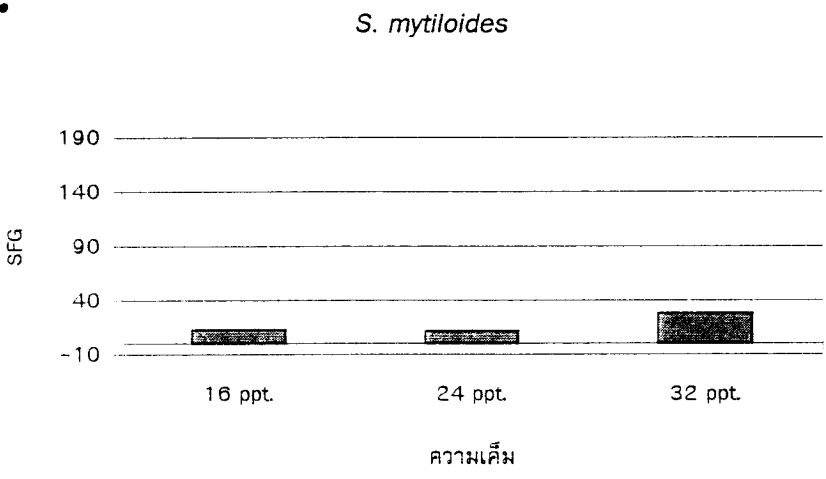
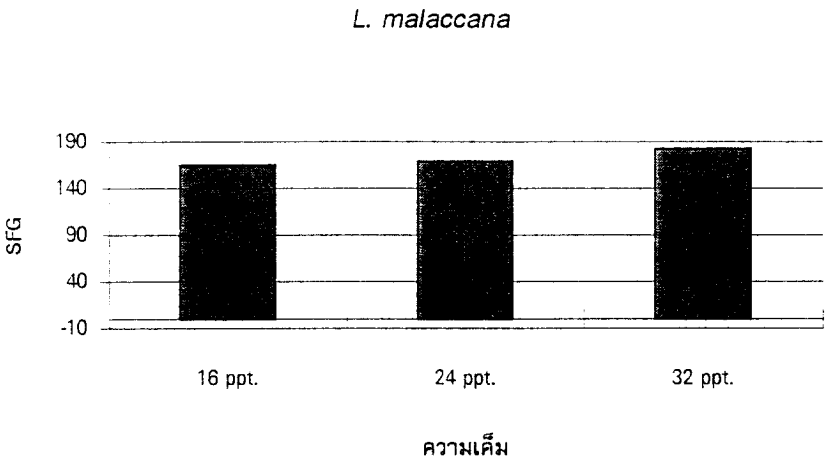
ปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

เป็นผลรวมของการเปลี่ยนแปลงความเค็ม 3 ระดับ คือ 32 24 และ 16 ppt. และความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ไมโครกรัม ใน *L. malaccana* ค่าของขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio ของการเปลี่ยนแปลงแต่ละระดับมีค่าตั้งแต่ 67.2 - 185.4 และ 1.40 - 15.0 ส่วน *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* มีค่าขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio มีค่าตั้งแต่ 5.18 - 28.0, 1.18 - 10.7 และ -26.4 - 75.8, 0.12 - 12.14 ตามลำดับ *L. malaccana* มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นดังต่อไปนี้คือ มีค่าขอบเขตการเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น แต่ค่าขอบเขตการเติบโตนั้นจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยที่ค่าขอบเขตการเติบโตจะต่ำสุดที่ความเค็ม 16 ppt. และความเข้มข้น 20 ไมโครกรัม และค่อย ๆ สูงขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นและค่าความเข้มข้นลดลงจนมีค่าสูงสุดที่ความเค็ม 32 ppt. ค่าขอบเขตการเติบโตในแต่ละชุดการทดลองนั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน ค่า O:N ratio นั้นมีความแตกต่างกันที่แต่ละความเค็มแต่ที่ความเค็มเดียวกันนั้นไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มความเข้มข้น การตอบสนองของ *S. mytiloides* นั้นก็มีแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกับ *L. malaccana* คือขอบเขตการเติบโตมีค่าสูงสุดที่ระดับความเค็มสูงสุดแต่ความเข้มข้นของสารละลายต่ำสุด ค่าขอบเขตการเติบโตนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างของการตอบสนองในแต่ละกลุ่มนั้นไม่แสดงอย่างชัดเจน ส่วนค่า O:N ratio มีความแตกต่างกันในกลุ่มความเค็มและแปรปรวนค่อนข้างสูง และค่าการตอบสนองของ *G. cuneiformis* นั้นมีค่าขอบเขตการเติบโตส่วนใหญ่เป็นลบและมีค่า O:N ratio ต่ำคือต่ำกว่า 1 เป็นส่วนใหญ่ หมายความว่า *G. cuneiformis* เกิดความเครียดในระหว่างทำการทดลอง ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปแนวโน้มของการตอบสนองได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าหอยเจาะปะการังที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายทองแดงคือ *G. cuneiformis* และที่มีความทนทานมากที่สุดคือ *L. malaccana* เนื่องจากมีค่าขอบเขตการเติบโตสูงในแต่ละชุดการทดลอง รองลงมาคือ *S. mytiloides* ดังจะเห็นได้จากกราฟในรูปที่ และรายละเอียดของผลการทดลองนี้แสดงในตารางที่ 3.6 - 3.8 และรูปที่ 3.10 - 3.12

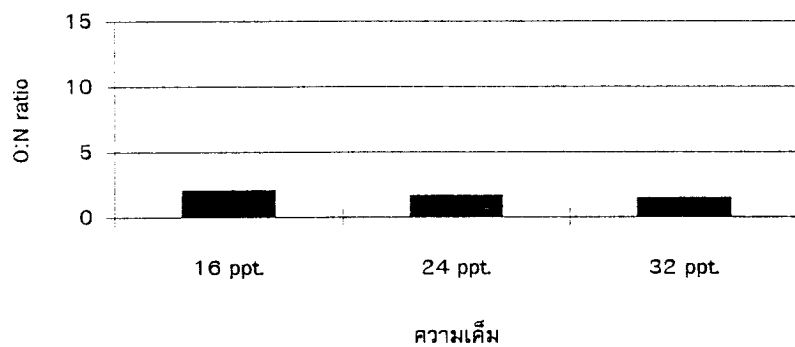
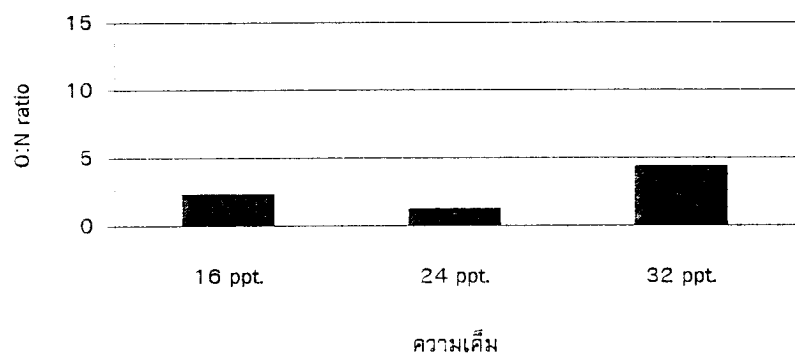
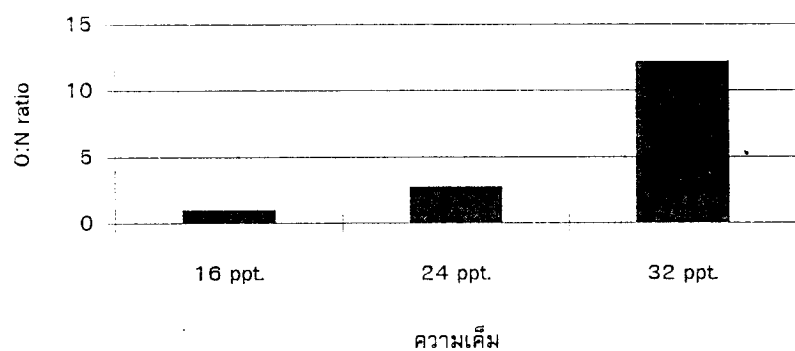
ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยของค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

ชนิด	n	ความเค็ม (ppt.)	อัตราการหายใจ (mgO ₂ /g dw/h)	อัตราการขับถ่าย (μgNH ₄ -N/gdw/h)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต	O:N ratio
<i>L.malaccana</i>	7	16	0.66	0.38	10.7	0.75	164.5	2.00
•		s.d.	0.24	0.29	0.38	0.12	26.9	0.72
	8	24	0.68	0.39	10.8	0.77	168.5	1.60
		s.d.	0.34	0.20	0.18	0.07	13.8	0.66
	7	32	0.67	0.31	11.1	0.80	182.4	1.40
		s.d.	0.39	0.11	0.32	0.06	19.3	0.85
<i>S. mytiloides</i>	5	16	0.50	0.16	1.26	0.91	12.6	2.29
		s.d.	0.15	0.11	0.38	0.08	6.86	2.12
	5	24	0.40	0.17	1.29	0.79	11.3	1.18
		s.d.	0.18	0.09	0.62	0.20	14.1	0.62
	4	32	0.91	0.05	2.55	0.73	28.0	4.33
		s.d.	0.93	0.03	2.09	0.152	25.7	2.62
<i>G. cuneiformis</i>	5	16	1.29	0.14	1.88	0.92	-1.23	0.92
		s.d.	0.78	0.02	0.57	0.11	11.5	0.30
	5	24	1.94	0.10	1.94	0.77	-9.91	2.63
		s.d.	0.73	0.04	0.37	0.25	21.1	1.34
	4	32	1.64	0.04	2.01	0.74	1.23	12.1
		s.d.	0.89	0.05	0.53	0.12	24.7	9.87

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโต (SFG) และ O:N ratio ที่กลุ่มความเค็มต่าง ๆ ในหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด พบว่า *L. malaccana* และ *S. mytiloides* ไม่มีความแตกต่างของค่า SFG และ O:N ratio ส่วน *G. cuneiformis* นั้น ค่า SFG ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ค่า O:N ratio มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)



รูปที่ 3.6 ค่าขอบเขตการเติบโตของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ความเค็มต่าง ๆ

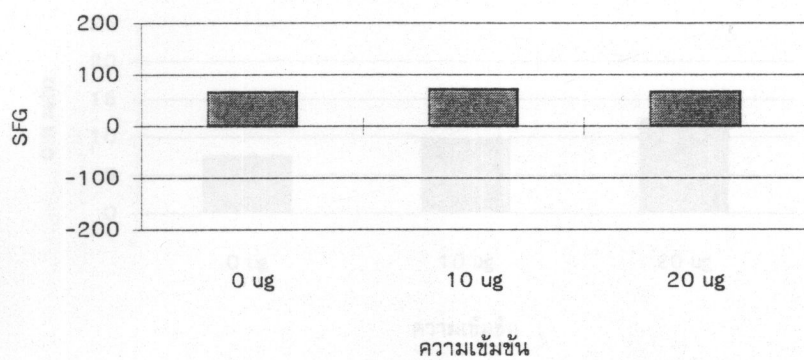
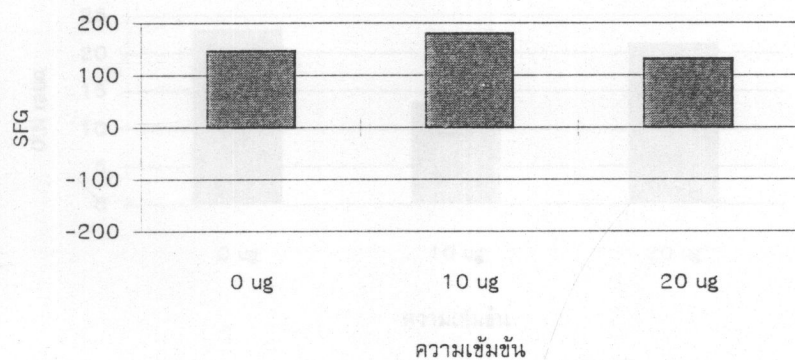
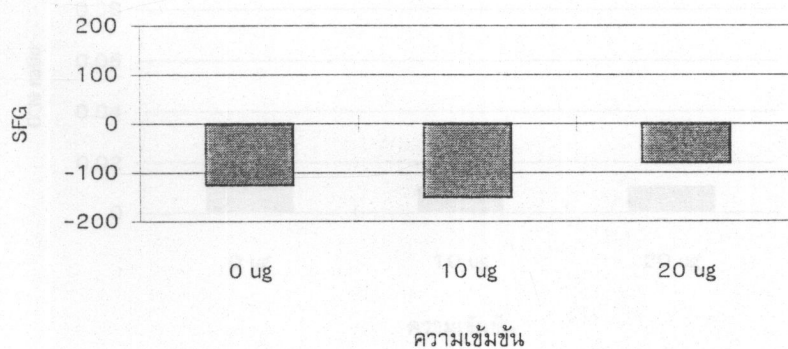
L. malaccana*S. mytiloides**G. cuneiformis*

รูปที่ 3.7 ค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

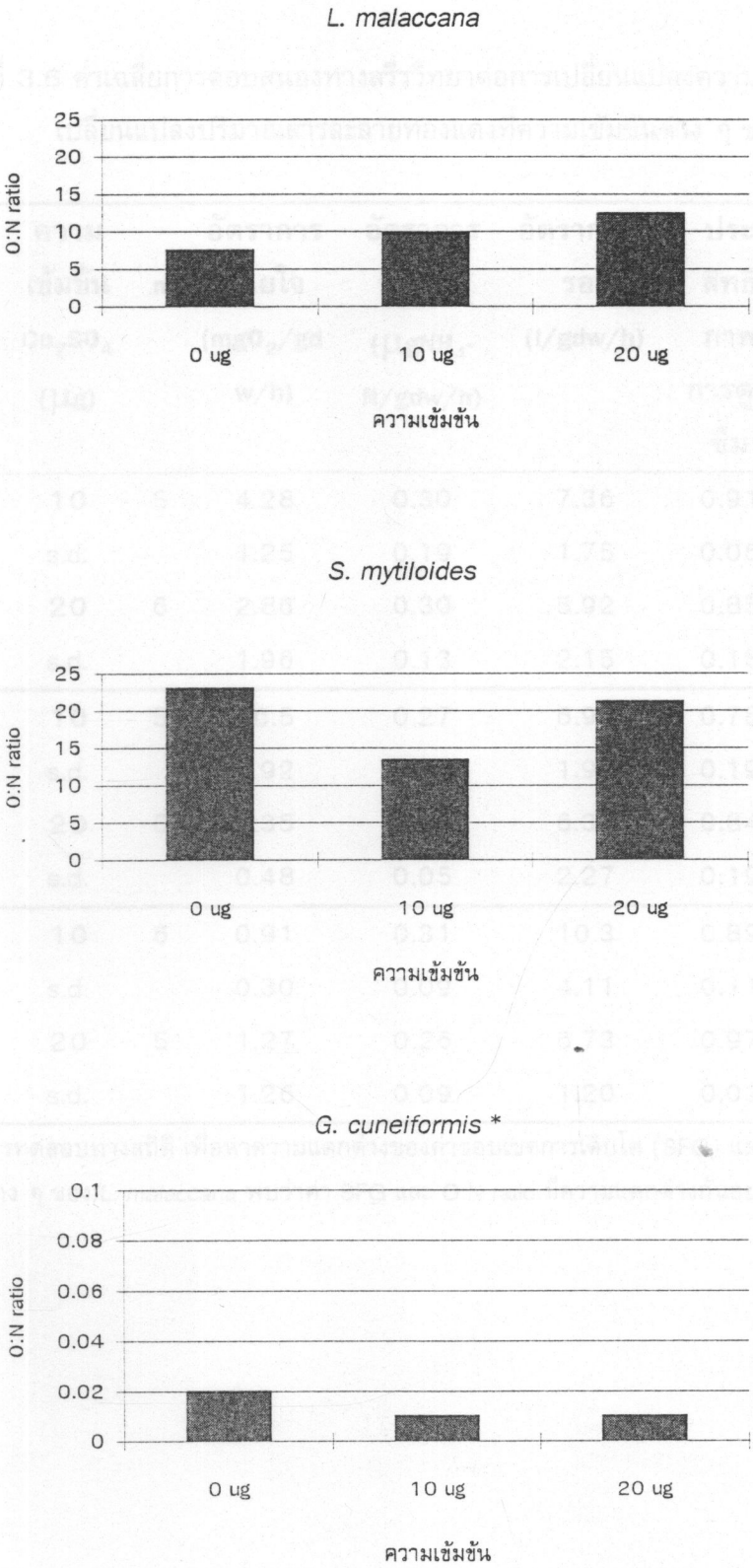
ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยของค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารละลายทองแดง

ชนิด	n	ความเข้มข้น Cu ₂ SO ₄ (µg)	อัตราการหายใจ (mgO ₂ /gdw/h)	อัตราการขับถ่าย (µNH ₄ -N/gdw/h)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต	O:N ratio
<i>L. malaccana</i>	8	0	5.46	0.63	9.68	0.84	66.0	7.50
		s.d.	1.08	0.14	1.59	0.03	27.6	2.73
	8	10	5.06	0.44	9.70	0.77	71.4	9.84
		s.d.	1.30	0.12	0.71	0.14	34.21	3.86
	7	20	6.21	0.40	9.46	0.86	66.9	12.4
		s.d.	0.92	0.15	0.75	0.05	22.4	6.87
<i>S. mytiloides</i>	5	0	0.80	0.04	9.74	0.75	146.0	23.0
		s.d.	0.19	0.03	0.24	0.15	29.11	8.84
	5	10	0.73	0.05	9.60	0.89	179.6	13.4
		s.d.	0.22	0.04	0.39	0.14	34.37	12.0
	6	20	1.77	0.01	9.96	0.73	130.9	21.2
		s.d.	2.52	0.01	1.42	0.32	88.9	9.86
<i>G. cuneiformis</i>	5	0	0.06	0.29	4.37	0.89	-126.3	0.02
		s.d.	0.04	0.09	0.42	0.20	145.8	0.03
	5	10	0.04	0.26	4.68	0.90	-151.9	0.01
		s.d.	0.02	0.04	0.29	0.06	91.9	0.01
	3	20	0.06	0.25	4.30	0.75	-80.8	0.02
		s.d.	0.02	0.03	0.38	0.04	34.0	0.01

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโต (SFG) และ O:N ratio ที่กลุ่มของสารละลาย Cu₂SO₄ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด พบว่า ในหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างของค่า SFG และ O:N ratio ในทุกกลุ่มความเข้มข้น

L. malaccana*S. mytiloides**G. cuneiformis*

รูปที่ 3.8 ค่าขอบเขตการเติบโตของหอยเจาะปะการัง 3 ชนิดที่สารละลายทองแดงความเข้มข้นต่าง ๆ



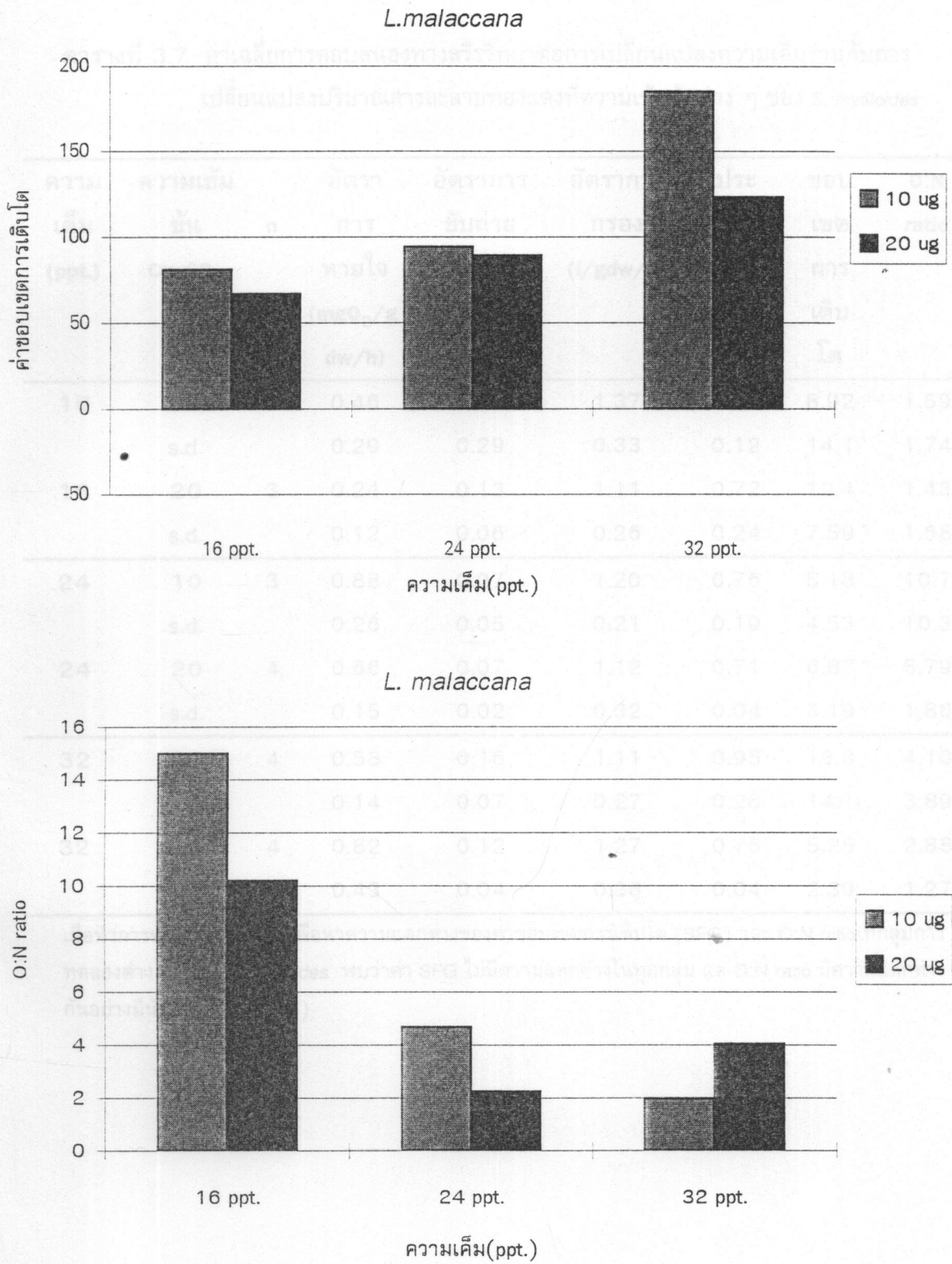
รูปที่ 3.9 ค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการังที่สารละลายทองแดงความเข้มข้นต่าง ๆ

*หมายเหตุ แกน y มีค่าแตกต่างกับในกราฟของ *L. malaccana* และ *S. mytiloides*

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ *L.malaccana*

ความเค็ม ppt.	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μg)	n	อัตราการหายใจ ($\text{mgO}_2/\text{gd w/h}$)	อัตราการขับถ่าย ($\mu\text{gNH}_4\text{-N/gdw/h}$)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต	O:N ratio
16	10	5	4.28	0.30	7.36	0.91	81.1	15.0
	s.d.		1.25	0.19	1.75	0.06	41.9	13.5
16	20	6	2.86	0.30	5.92	0.85	67.2	10.2
	s.d.		1.96	0.13	2.15	0.18	56.9	7.47
24	10	5	16.5	0.27	6.94	0.78	94.2	4.68
	s.d.		0.92	0.08	1.90	0.19	52.5	2.40
24	20	5	1.35	0.45	6.34	0.84	89.3	2.24
	s.d.		0.48	0.05	2.27	0.19	29.0	0.50
32	10	6	0.91	0.31	10.3	0.89	185.4	1.98
	s.d.		0.30	0.09	4.11	0.11	92.3	0.87
32	20	5	1.27	0.26	6.73	0.97	123.3	4.10
	s.d.		1.26	0.09	1.20	0.03	50.4	4.05

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโต (SFG) และ O:N ratio ที่กลุ่มการทดลองต่าง ๆ ของ *L. malaccana* พบว่าค่า SFG และ O:N ratio มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

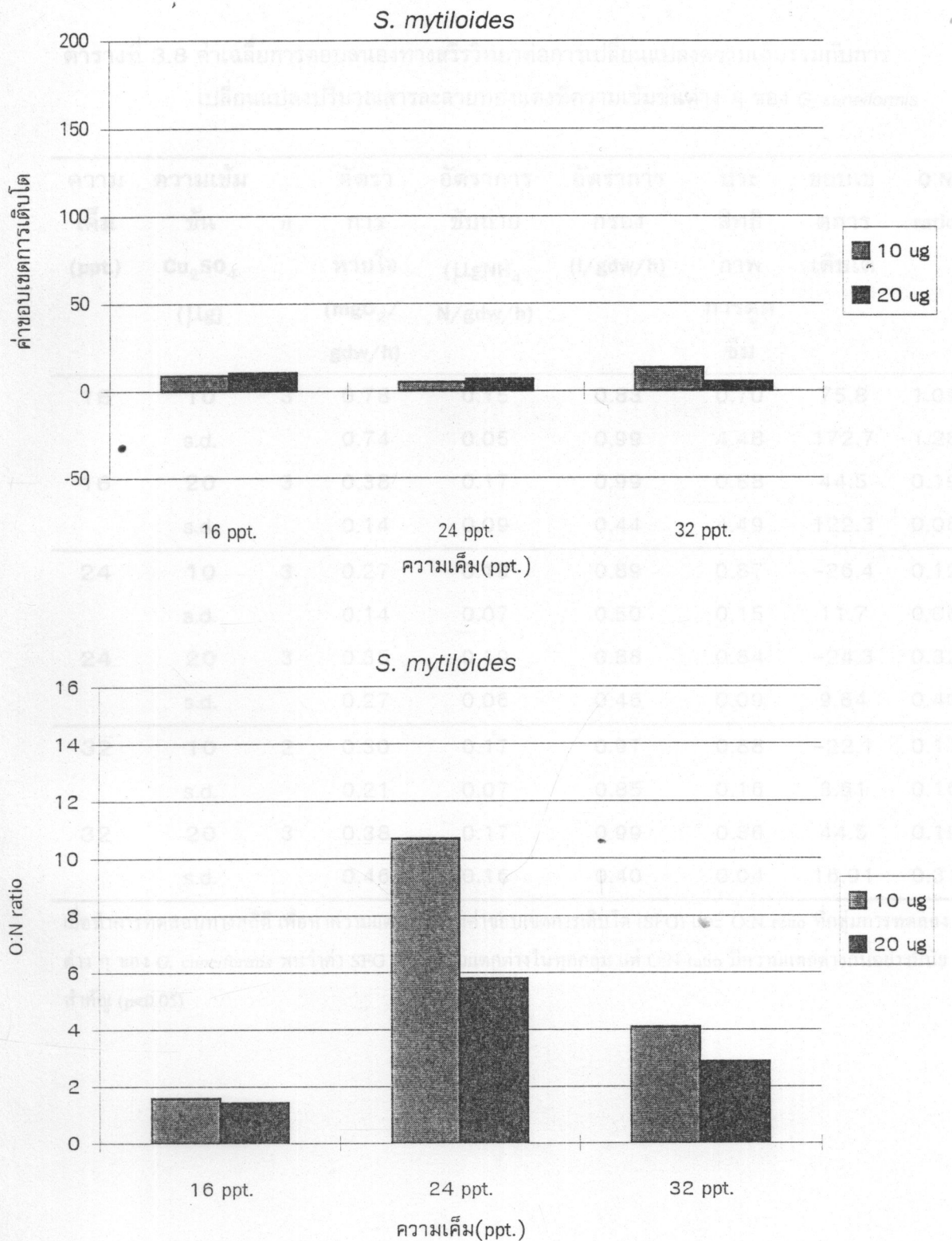


รูปที่ 3.10 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง *L. malaccana*

ตารางที่ 3.7 ค่าเฉลี่ยการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ *S. mytiloides*

ความเค็ม (ppt.)	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μg)	n	อัตราการหายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g dw/h}$)	อัตราการขับถ่าย ($\mu\text{gNH}_4\text{-N/gdw/h}$)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต	O:N ratio
16	10	4	0.46	0.25	1.37	0.80	8.92	1.59
	s.d.		0.29	0.29	0.33	0.12	14.1	1.74
16	20	3	0.24	0.13	1.11	0.72	10.4	1.43
	s.d.		0.12	0.06	0.26	0.24	7.59	1.68
24	10	3	0.88	0.07	1.20	0.76	5.18	10.7
	s.d.		0.26	0.05	0.21	0.19	4.53	10.3
24	20	4	0.66	0.07	1.12	0.71	6.87	5.79
	s.d.		0.15	0.02	0.32	0.04	3.19	1.86
32	10	4	0.58	0.16	1.11	0.95	13.3	4.10
	s.d.		0.14	0.07	0.27	0.26	14.1	3.89
32	20	4	0.82	0.12	1.27	0.75	5.25	2.88
	s.d.		0.43	0.04	0.38	0.04	2.39	1.27

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโต (SFG) และ O:N ratio ที่กลุ่มการทดลองต่าง ๆ ของ *S. mytiloides* พบว่าค่า SFG ไม่มีความแตกต่างในทุกกลุ่ม แต่ O:N ratio มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

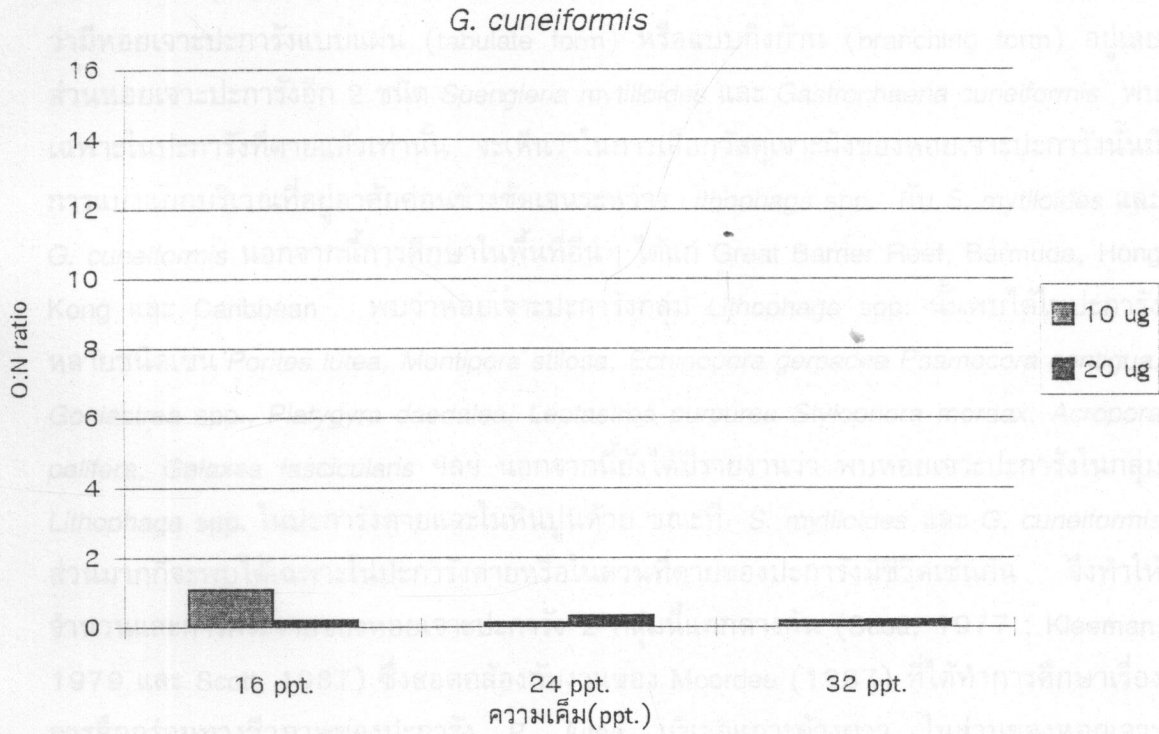
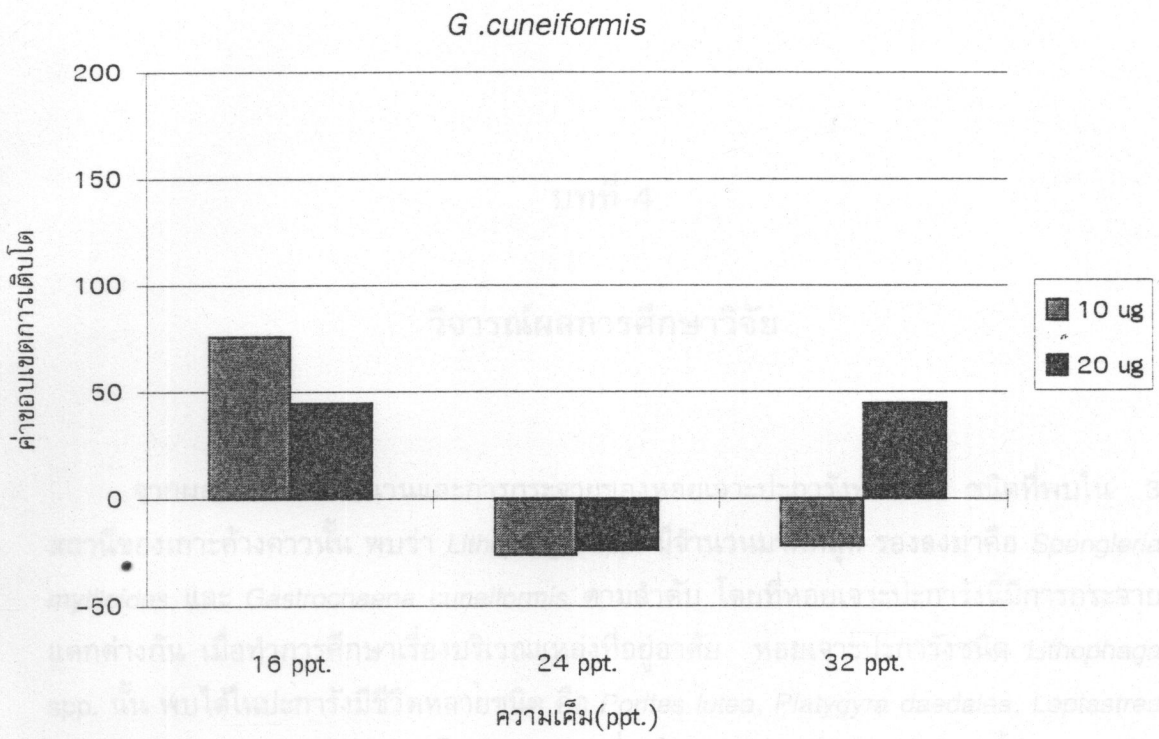


รูปที่ 3.11 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง *S. mytiloides*

ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ยการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ *G. cuneiformis*

ความเค็ม (ppt.)	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μg)	n	อัตราการหายใจ ($\text{mgO}_2/\text{gdw/h}$)	อัตราการขับถ่าย ($\mu\text{gNH}_4\text{-N/gdw/h}$)	อัตราการกรอง (l/gdw/h)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต	O:N ratio
16	10	3	0.78	0.15	0.83	0.70	75.8	1.09
	s.d.		0.74	0.05	0.99	4.48	172.7	1.28
16	20	3	0.38	0.17	0.99	0.88	44.5	0.19
	s.d.		0.14	0.09	0.44	4.49	122.3	0.05
24	10	3	0.27	0.19	0.89	0.87	-26.4	0.12
	s.d.		0.14	0.07	0.50	0.15	11.7	0.06
24	20	3	0.35	0.19	0.88	0.84	-24.3	0.32
	s.d.		0.27	0.06	0.46	0.09	9.84	0.40
32	10	2	0.30	0.17	0.97	0.88	-22.1	0.17
	s.d.		0.21	0.07	0.85	0.16	3.61	0.16
32	20	3	0.38	0.17	0.99	0.86	44.5	0.19
	s.d.		0.46	0.16	0.40	0.04	16.91	0.31

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างของค่าขอบเขตการเติบโต (SFG) และ O:N ratio ที่กลุ่มการทดลองต่าง ๆ ของ *G. cuneiformis* พบว่าค่า SFG ไม่มีความแตกต่างในทุกกลุ่ม แต่ O:N ratio มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)



รูปที่ 3.12 ค่าขอบเขตการเติบโตและค่า O:N ratio ของหอยเจาะปะการัง *G. cuneiformis*

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

จากผลการศึกษาจำนวนและการกระจายของหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดที่พบใน 3 สถานีของเกาะค้างคาวนั้น พบว่า *Lithophaga* spp. มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis* ตามลำดับ โดยที่หอยเจาะปะการังนี้มีการกระจายแตกต่างกัน เมื่อทำการศึกษาร่องบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัย หอยเจาะปะการังชนิด *Lithophaga* spp. นั้น พบได้ในปะการังมีชีวิตหลายชนิด คือ *Porites lutea*, *Platygyra daedalea*, *Leptastrea parparea*, *Galaxea fascicularis* โดยจะพบมากที่สุดใน *P. lutea* ซึ่งปะการังกลุ่มนี้มีรูปแบบเป็นปะการังก้อน (massive form) หรือกิ่งก้อน (submassive form) ซึ่งจากการสำรวจครั้งนี้ไม่พบว่ามีหอยเจาะปะการังแบบแผ่น (tabulate form) หรือแบบกิ่งก้าน (branching form) อยู่เลย ส่วนหอยเจาะปะการังอีก 2 ชนิด *Spengleria mytiloides* และ *Gastrochaena cuneiformis* พบเฉพาะในปะการังที่ตายแล้วเท่านั้น จะเห็นว่าในการเลือกวัสดุเจาะฝังของหอยเจาะปะการังนั้นมีการแบ่งแยกบริเวณที่อยู่อาศัยค่อนข้างชัดเจนระหว่าง *Lithophaga* spp. กับ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* นอกจากนี้การศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ได้แก่ Great Barrier Reef, Bermuda, Hong Kong และ Caribbean พบว่าหอยเจาะปะการังกลุ่ม *Lithophaga* spp. นั้นพบได้ในปะการังหลายชนิดเช่น *Porites lutea*, *Montipora stitosa*, *Echinopora gemacea*, *Psamocora contigua*, *Goniastrea* spp., *Platygyra daedalea*, *Leptastrea purpurea*, *Stylophora mordax*, *Acropora palifera*, *Galaxea fascicularis* ฯลฯ นอกจากนี้ยังได้มีรายงานว่า พบหอยเจาะปะการังในกลุ่ม *Lithophaga* spp. ในปะการังตายและในหินปูนด้วย ขณะที่ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ส่วนมากก็จะพบได้เฉพาะในปะการังตายหรือในส่วนที่ตายของปะการังมีชีวิตเช่นกัน จึงทำให้จำนวนและการกระจายของหอยเจาะปะการัง 2 กลุ่มนี้แตกต่างกัน (Scott, 1977 ; Kleeman, 1979 และ Scott, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Moordee (1987) ที่ได้ทำการศึกษาร่องการสึกกร่อนทางชีวภาพของปะการัง *P. lutea* บริเวณเกาะค้างคาว ในส่วนของหอยเจาะปะการังนั้นพบว่าปะการังในกลุ่ม *Lithophaga* spp. มีการกระจายแบบเป็นกลุ่มก้อนและบางชนิดเช่น *Lithophaga lima* นั้นพบได้ทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย ส่วน *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* พบในปะการังตายหรือในส่วนที่ตายของปะการังมีชีวิต การที่พบ *Lithophaga* spp. ได้ทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย หมายความว่าหอยเจาะปะการังชนิด *Lithophaga* spp.

นั้นมีความเฉพาะในการเลือกพื้นที่ลงเกาะที่หลากหลายกว่าหรือมีการแก่งแย่งได้ดีกว่า จึงพบว่า *Lithophaga* spp. มีการกระจายในหลายบริเวณกว่า *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ซึ่งก่อนที่จะสรุปได้นั้นจะต้องมีการทำการศึกษาถึงเรื่องลำดับของกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในก้อนปะการังและการลงเกาะของหอยเจาะปะการังทั้ง 2 กลุ่มนี้อย่างแน่นอนเนื่องจากความแตกต่างของปะการังมีชีวิตและปะการังตายที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยนั้น มีช่วงเวลาเป็นตัวกำหนด

เมื่อได้เปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับรายงานของ Tsuchiya *et.al* (1986) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการกระจายของสัตว์เจาะฝังขนาดใหญ่รอบชายฝั่งเกาะสีชังและ Panichpol *et.al* (1996) ที่ศึกษาถึงการกระจายของหอยเจาะปะการังที่พบในปะการังชนิด *Porites lutea* ในปี 1994 ซึ่งทั้ง 3 งานเป็นงานจากบริเวณเกาะค้างคาวเช่นเดียวกัน พบว่าจำนวนหอยเจาะปะการังที่พบในแต่ละงานนับตั้งแต่ปี 1986 - 1996 มีความแตกต่างกันโดยพิจารณาจากความหนาแน่นใน 1 quadrat ซึ่งจำนวนที่แตกต่างกันนี้ไม่สามารถกล่าวอย่างแน่ชัดได้ว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้เพราะบริเวณที่ทำการสำรวจในแต่ละสถานีนั้นมีความแตกต่างกันในส่วน of บริเวณที่วางแนวของ line transect และจำนวนของ line transect และเนื่องจากการที่ไม่ได้แยกชนิดอย่างชัดเจนว่าเป็น *Lithophaga* spp., *Spengleria mytiloides* หรือ *Gastrochaena cuneiformis* เป็นสัดส่วนเท่าใดในการศึกษาแต่ละครั้ง จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนอย่างไร และผลการศึกษาพบว่าหอยเจาะปะการังที่ทำการศึกษามีแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันคือ ในปะการังมีชีวิตกับปะการังตาย ดังนั้นความหนาแน่นและจำนวนของหอยเจาะปะการังจึงน่าจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของปะการังมีชีวิตและปะการังตายด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่ารูปแบบการกระจายในแต่ละสถานียจากการเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามีรูปแบบการกระจายที่ใกล้เคียงกันโดยพิจารณากราฟการกระจายของแต่ละสถานียในทั้ง 3 งานแต่ละจะแตกต่างกันในด้านความหนาแน่น(ตัว/ตารางเมตร) โดยที่ในการศึกษาของ Panichpol *et.al*. (1996) นั้นได้ทำการศึกษาหอยเจาะปะการังที่อยู่เฉพาะในปะการัง *P. lutea* ในขณะที่การศึกษานี้และการศึกษาของ Tsuchiya *et.al* .(1986) ทำในปะการังทุกชนิดที่พบใน line transect และพื้นหิน อย่างไรก็ตามรูปแบบการกระจายก็ยังคงมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากบริเวณเกาะค้างคาวนั้นมีปะการัง *P. lutea* เป็นชนิดที่เด่น และหอยเจาะปะการังที่พบส่วนใหญ่ก็อยู่ในปะการังชนิดนี้ด้วย ดังนั้นการกระจายของหอยเจาะปะการังจึงน่าจะขึ้นอยู่กับการกระจายของปะการังชนิด *P. lutea* จึงทำให้ผลการศึกษาทั้ง 3 ครั้งให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเฉพาะตัวของการเลือกที่อยู่ของหอยเจาะปะการังด้วย ได้มีการตั้งข้อสันนิษฐานในหลายประเด็น และได้มีการทำการทดลองเพื่อยืนยันข้อสันนิษฐานต่าง ๆ นั้น ได้แก่ Mokady *et al.*(1991) ได้ศึกษาความจำเพาะในการเลือกปะการังที่ลงเกาะและเกิดภาวะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในหอย *Lithophaga lessepsiana* ในปี 1991 ผลการศึกษาใน *L. lessepsiana*

ที่ได้คือ มีการเลือกลงเกาะตั้งแต่ตัวอ่อนระยะวิลีเจอร์และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่อไปโดยใช้การรับสัมผัสสารเคมี (chemoreception) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้สามารถดำรงชีวิตเติบโตต่อไปได้ ซึ่งได้แก่เนื้อ (texture) ของโครงร่างปะการังและสารเคมีที่พบในปะการัง นอกจากความเฉพาะในการลงเกาะของหอยเจาะปะการังโดยมีเนื้อของโครงร่างหรือสารเคมีเป็นตัวชักนำแล้วหอยเจาะปะการังยังต้องมีความต้านทานต่อการย่อยของ polyp มีความสามารถในการรักษาปากกรูให้คงอยู่จากการปิดทับของปะการังที่โตขึ้นใหม่ และมีความต้านทานต่อเข็มพิษ (nematocyst) ของปะการังซึ่งอาจมีการสัมผัสกับท่อหายใจ (siphon) ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะต่างกันชนิดปะการังและชนิดของหอย (Scott, 1977) ดังนั้นหอยเจาะปะการังที่พบได้ในปะการังมีชีวิตหลายชนิด จึงน่าจะมีการปรับตัวและพัฒนาการที่สูงกว่า จากการศึกษาของ Soliman (1969) และ Bromley (1978) กล่าวว่าทางเลือกที่อยู่ของหอยเจาะปะการังขึ้นกับพลังงานที่ใช้ หอยเจาะปะการังจะเลือกอยู่ในบริเวณที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือในบริเวณที่มีความแรงของคลื่นน้อยเพื่อลดพลังงานในการต้านแรงของคลื่นและหอยที่มีรูปร่างต่างกันก็จะมีแรงต้านกับแรงกระทำของน้ำต่างกันด้วย ดังนั้นหอยเจาะปะการังจึงจะเลือกอยู่ในปะการังที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดในการดำรงชีวิต เช่น การเจาะ การกรอ หรือการใช้พลังงานในการต้านแรงดันน้ำ นอกจากนี้การเจาะฝังของหอยเจาะปะการังน่าจะขึ้นกับระดับความลึก ความสูงจากพื้นหรือตำแหน่งการวางตัวในก้อนปะการังด้วยเนื่องจากในการศึกษาค้นคว้านี้ได้สังเกตปะการังที่พบว่ามีหอยเจาะปะการังอาศัยอยู่นั้น ตำแหน่งของการเจาะฝังที่พบมิได้มีการกระจายสม่ำเสมอตลอดทั้งก้อนปะการังแต่จะพบเป็นกลุ่มในส่วนใดส่วนหนึ่งของก้อนปะการังซึ่งต่างกับการลงเกาะของเพรียงหิน (barnacle) ที่มีการลงเกาะอย่างหนาแน่นในทุกบริเวณของหิน ดังนั้นจึงน่าจะมีปัจจัยอื่น ๆ อีกที่เป็นตัวกำหนดรูปแบบการกระจายของหอยเจาะปะการังในที่สุดต่าง ๆ ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป อย่างไรก็ตามความเฉพาะในการลงเกาะของหอยเจาะปะการังนั้นถือว่่าเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงหรือลดการแก่งแย่งทรัพยากร ในกรณีของหอยเจาะปะการังนี้พื้นที่ลงเกาะซึ่งเป็นโครงสร้างหินปูนนั้นถือเป็นปัจจัยจำกัด การที่หอยเจาะปะการังต่างชนิดกันมีความเฉพาะในการเลือกปะการังต่างกัน จึงเป็นการจัดสรรบทบาทในระบบนิเวศเพื่อความอยู่รอดตามกฎหมายการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Scott, 1977 อ้างถึง Gause, 1934)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของปากกรูที่หอยอาศัยอยู่และขนาดตัวหอยพบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ดังนั้นในการสำรวจหอยเจาะปะการังจึงไม่อาจประมาณขนาดที่แน่นอนจากขนาดของปากกรูได้ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากกลไกการเจาะฝังตั้งแต่ระยะตัวอ่อนเมื่อเริ่มการลงเกาะแล้วมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และขยายขนาดรูต่อ ๆ มาจนถึงระยะตัวเต็มวัย ซึ่งกลไกการเจาะฝังนั้นมีด้วยกันหลายแบบคือ เกิดจากพลังงานกลโดยการขยับตัวหรือเปลือกหรืออาศัยแรงขับเคลื่อนน้ำภายในท่อน้ำ เกิดจากการใช้สารเคมีบางชนิด หรือเป็นผลมาจากทั้ง 2 วิธีร่วมกัน (Soliman, 1969 และ Fang and Shen, 1988)

จากสมการ allometric ของหอยเจาะปะการังระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวรวมพบว่าที่ความยาวเปลือกเท่ากันนั้นหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana* จะมีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ตามลำดับ หมายความว่า *L. malaccana* นั้นน่าจะเป็นกลุ่มที่รับประโยชน์ที่ได้จากบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยได้ดีกว่า *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ตามลำดับ ซึ่งประโยชน์ที่กล่าวมานี้อาจเป็นความเหมาะสมของปัจจัยสิ่งแวดล้อม หรือความสามารถในการแย่งอาหารและพื้นที่ลงเกาะ ค่าของ r^2 ที่ได้มีค่าต่ำทำให้สมการมีความเบี่ยงเบนไปจากเส้นตรงซึ่งอาจเนื่องมาจากหอยเจาะปะการังมีน้ำอยู่ในตัวค่อนข้างมากจึงอาจเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ในระหว่างการชั่งน้ำหนักและเปลือกหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดนี้น้ำหนักเบาเนื่องจากเป็นเปลือกที่เปราะบาง ดังนั้นน้ำหนักรวมของหอยจึงไม่แตกต่างไปจากน้ำหนักเนื้อมากนัก หอยเจาะปะการัง 2 ชนิดหลังคือ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* มีลักษณะที่แปลกกว่าหอย 2 ผาทั่วไปคือ ตัวมีลักษณะกลม สำหรับ *G. cuneiformis* นั้นมีเนื้อเกินขนาดเปลือกที่มีขนาดเล็กกว่า ส่วน *S. mytiloides* มีลักษณะเปลือกกลมหุ้มเกือบหมดทั้งตัวมีเนื้ออยู่น้อย นอกจากนี้ในการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวและไม่มีจำนวนซ้ำเนื่องจากปัญหาในการเก็บตัวอย่างที่ต้องทุบก่อนปะการังเพื่อให้ได้หอยมาทำการศึกษา ซึ่งสมการ allometric โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของกำลังสามเนื่องจากเป็นผลมาจากการวัดใน 3 มิติของตัวหอยได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความหนา ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากการศึกษาในครั้งนี้ ค่าที่ได้ในสมการอาจมีความคลาดเคลื่อนในช่วงกว้าง จึงน่าจะมีการพิจารณาถึงวิธีการที่เหมาะสมหรือมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปอีก

อัตราส่วนเพศระหว่างเพศผู้และเพศเมียของหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดเมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความใกล้เคียง 1 ต่อ 1 แต่เมื่อพิจารณาลงไปในแต่ละชนิดนั้นจะมีค่าดังต่อไปนี้คือ อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *L. malaccana* ระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียเท่ากับ 1 ต่อ 0.76 ส่วนอัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *S. mytiloides* เท่ากับ 1 ต่อ 0.58 และใน *G. cuneiformis* เท่ากับ 1 ต่อ 0.67 นั่นคือ *S. mytiloides* จะมีจำนวนตัวผู้ต่อตัวเมียประมาณ 2 ต่อ 1 ซึ่งมากกว่าอีก 2 ชนิดคือ *L. malaccana* และ *G. cuneiformis* การที่อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการังเป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากเป็นลักษณะเฉพาะของหอยเจาะปะการังเป็นสัตว์ที่มีรูปแบบการดำรงชีวิตเป็นสัตว์เจาะฝังอยู่ในวัสดุต่าง ๆ และมีการสืบพันธุ์โดยการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มาผสมกันภายนอก ถึงแม้ว่าอัตราส่วนเพศระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียที่เท่ากับ 1 ต่อ 1 นั้นจะเป็นลักษณะปกติในกลุ่มประชากรสิ่งมีชีวิตทั่วไป แต่ก็เป็นในระยะใดระยะหนึ่งของชีวิตซึ่งไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเป็นอย่างเดียวกันหมดในสัตว์ทุกชนิด อัตราส่วนเพศนี้เป็นผลโดยตรงของศักยภาพในการสืบพันธุ์ของสัตว์ชนิดนั้น ๆ (Kreb, 1985) และในการหาอัตราส่วนเพศในการศึกษานี้พบว่ามีส่วนที่ไม่สามารถระบุเพศได้ (undifferentiate) จำนวนหนึ่งและเป็นการ

ทำเพียงครั้งเดียว ไม่มีจำนวนซ้ำในหอยเจาะปะการังหลายขนาด ค่าที่ได้จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีความแปรปรวนของข้อมูลสูงในส่วนของคุณค่าและจำนวนหอยส่วนที่ไม่สามารถระบุเพศได้

ค่า BCI ของ *L. malaccana* ในช่วงเดือนพฤษภาคม มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากเดือนแรกคือ เดือนมีนาคม และมีการเพิ่มขึ้นอีกในช่วงเดือนกรกฎาคม แต่ใน *G. cuneiformis* ตรงกันข้ามคือ ช่วง 2 เดือนหลัง มีค่าลดลงจากเดือนแรกอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน *S. mytiloides* นั้นไม่มีความแตกต่างในระหว่างช่วงเวลา ซึ่งความแตกต่างของค่า BCI ในหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดนี้น่าจะมาจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายในที่ขึ้นกับฤดูกาล เพราะแต่ละชนิดมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่เฉพาะในชนิดนั้น ๆ และการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดในระหว่างเดือนแรกคือ เดือนมีนาคม กับอีก 2 เดือนหลังคือ พฤษภาคมและกรกฎาคมนั้น ความเปลี่ยนแปลงในช่วงเมษายน-พฤษภาคมเป็นช่วงของการเปลี่ยนจากฤดูร้อนไปเป็นฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มและอุณหภูมิลดลง (อานูภาพ พานิชผล 2539) ซึ่งค่า BCI นอกจากจะบอกถึงความอ้วนผอมของหอยแล้ว ค่า BCI ในรอบปียังสามารถนำไปพิจารณาถึงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในหอยสองฝาด้วย โดยการพิจารณาร่วมกับดัชนีความสมบูรณ์เพศ ซึ่งช่วงเวลาที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawn) นั้นมีผลต่อการวัดค่าขอบเขตการเติบโตเป็นอย่างดี ถ้าระหว่างที่ทำการทดลองหอยมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ค่าขอบเขตการเติบโตที่วัดจากวิธีการในการศึกษานี้จะไม่สมบูรณ์เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการเติบโตส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการสืบพันธุ์ หากพิจารณาในกรณีนี้แล้ว อาจกล่าวได้ว่า *L. malaccana* นั้นกำลังมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม ในขณะที่ *G. cuneiformis* ได้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ หลังจากเดือนมีนาคม จึงทำให้ค่า BCI ลดลง การที่หอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิด มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในระยะเวลาต่างกันนั้นก็จะมีความแตกต่างของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ต่างกันด้วย ซึ่งอาจเป็นการจัดสรรเพื่อลดการแข่งขันแย่งอาหารหรือพื้นที่ในการลงเกาะของตัวอ่อนซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดของหอยเจาะปะการัง อย่างไรก็ตามในการพิจารณาถึงการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์นั้นจะต้องทำในรอบ 1 ปี เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนและชัดเจน

ในส่วนของการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยซึ่งในที่นี้ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวแทนของตะกอนแขวนลอย ผลที่ได้จากการวัดค่าการตอบสนอง 2 ส่วนคือ อัตราการหายใจและอัตราการกรองดังนั้นจึงอาจเป็นการเร็วที่จะสรุปผลการทดลองจากค่าการตอบสนองทั้งสองเนื่องจากเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการทางสรีรวิทยาทั้งหมด อย่างไรก็ตามการตอบสนองที่ได้มีการแสดงออกเป็น 2 ลักษณะคืออย่างแรกมีอัตราการหายใจสูงขึ้นและมีอัตราการกรองต่ำมากคือการตอบสนองใน *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ที่มีอัตราการหายใจสูงขึ้นเป็น 49.26 % และ 7.76 % อัตราการกรองลดลงเท่า

กับ 16.9 % และ 27.8 % ตามลำดับ หมายความว่าหอยเจาะปะการังตอบสนองต่อตะกอนแขวนลอยในกรณีที่เป็สิ่งรบกวน อัตราการหายใจที่สูงขึ้นหมายถึงหอยเจาะปะการังจะต้องมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อกำจัดสิ่งรบกวนนั้น เช่นในการศึกษาของ Axiak and George (1987) ได้ทำการศึกษาถึงการตอบสนองทางชีวพลังงาน (bioenergetics) ของหอย 2 ผา *Venus verrucosa* ต่อปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (PHC) ผลการศึกษาแสดงค่าการหายใจที่เพิ่มขึ้น และการกรองที่ลดลง อันเป็นผลมาจากการที่ PHC ไปรบกวนระบบการทำงานตามปกติของขนเซลล์ (cilia) และ PHC ทำให้ basal metabolic rate เพิ่มขึ้น ดังนั้นการตอบสนองในส่วนนี้คือว่าหอยเจาะปะการังอยู่ในสภาวะเครียด อัตราการกรองที่ลดลงหมายความว่าหอยเจาะปะการังหลีกเลี่ยงที่จะนำตะกอนแขวนลอยอันเป็นสิ่งรบกวนเข้าเพิ่มในร่างกายจึงต้องลดอัตราการกรองลง หรืออีกลักษณะหนึ่งคือหอยได้รับประโยชน์จากตะกอนแขวนลอยเหล่านั้น หมายความว่าแบ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของตะกอนแขวนลอยนั้น หอยสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืช คือหอยไม่ต้องกรองเข้าไปเป็นปริมาณมากแต่ได้พลังงานสูง ค่าอัตราการหายใจที่สูงขึ้นก็คือ ความแตกต่างของพลังงานที่ใช้ระหว่างการย่อยแพลงก์ตอนพืชและการสลายคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่โดยที่อัตราการกรองไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าหอยยังคงมีการกรองเอาแบ่งเข้าไปเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน จึงทำให้อัตราการกรองเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ซึ่งได้แก่ *L. malaccana* ที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น 71.1 % ในขณะที่อัตราการกรองค่อนข้างคงที่หรือมีการลดลงเพียง 1.4 % ซึ่งคล้ายกับกรณีของเพรียงเจาะไม้ *Teredo navalis* สัตว์ชนิดนี้สามารถกลืนและย่อยสลายไม้ได้ในขณะที่กำลังขุดไม้ไปเป็นทางยาว โดยมีการศึกษาทางสรีรวิทยาและพบว่า 80 % ของเซลล์ลูไลสในไม้ถูกย่อยสลาย (MacGinite and MacGinite, 1968) จึงอาจสรุปได้ว่า *L. malaccana* มีการปรับตัวต่อตะกอนแขวนลอยประเภทแบ่งมันสำปะหลังได้ดีกว่า *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น การตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางสรีรวิทยาเช่น ค่าขอบเขตของการเติบโต หรือค่า O:N ratio ที่มีความจำเป็นในการอธิบายสภาวะของสิ่งมีชีวิตที่นำมาทำการทดลองขณะนั้นได้

การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มใน *L. malaccana* นั้นเมื่อพิจารณาค่าขอบเขตการเติบโตแล้วพบว่า ที่ความเค็ม 32 ppt. มีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดคือ 182.4 และลดลงเป็น 168.5 และ 164.5 ที่ความเค็ม 24 ppt. และ 16 ppt. ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ มีความใกล้เคียงกับค่าขอบเขตการเติบโตใน *S. mytiloides* ที่มีค่าสูงสุดที่ความเค็ม 32 ppt.เช่นกัน ส่วนค่า O:N ratio นั้นไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มในทั้ง 2 ชนิด จากการพิจารณาค่าขอบเขตการเติบโตสรุปได้ว่าที่ความเค็ม 32 ppt. นั้นเป็นความเค็มที่มีความเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana* และ *S. mytiloides* มากกว่าที่ความเค็ม 24 ppt. และ 16 ppt. เนื่องจากหอยเจาะปะการังนี้เป็นสัตว์อาศัยอยู่ในปะการัง ซึ่งปะการังเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงความเค็มแคบ (stenohaline) ที่ระดับความเค็มในบริเวณ

แนวปะการังของเกาะสีชัง ซึ่งเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของปะการังนั้น มีค่าประมาณ 29 - 33 ppt. (สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ 2538) ดังนั้นที่ระดับความเค็มใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่าขอบเขตการเติบโตมีค่าสูงสุด เมื่อความเค็มลดต่ำลงกระแสน้ำที่มีผลทำให้อัตราการหายใจ อัตราการกรองต่ำลงเนื่องจากการปรับตัวเมื่อมีสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมหอยจะหอยจึงพยายามลดกิจกรรมเพื่อรักษาลำโพงสำหรับการปรับสภาพร่างกาย หอยในกลุ่มนี้จะสามารถปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งที่ระดับความเค็มใหม่ (Bayne, 1976 อ้างถึง Theede, 1963) จากการปรับของเหลวในเซลล์ โดยการควบคุมความเข้มข้นของกรดอะมิโนอิสระที่ละลายอยู่และกรดอะมิโนจำแนกประจุอินทรีย์ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสภาวะออสโมติก ไลโซโซมและออร์แกเนลล์ภายในเซลล์โดยทำการย่อยสลายโปรตีนและมีการปลดปล่อยกรดอะมิโนออกมา (Bayne, 1976) ลักษณะการตอบสนองต่อความเค็มของหอยนี้มีการเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงกว้างขึ้นอยู่กับบริเวณที่หอยนั้นอาศัยอยู่และมีการปรับตัวเข้าสู่สภาวะการเปลี่ยนแปลงใหม่ได้ภายใน 4 - 7 สัปดาห์ ซึ่งการปรับตัวนั้นสามารถอธิบายได้โดยกระบวนการปรับสภาพ (Levinton, 1982 อ้างถึง Bohle, 1972 Remane and Schlieper, 1971 และ Theede, 1963) ส่วนใน *G. cuneiformis* ที่มีค่าขอบเขตการเติบโตเป็นลบหมายความว่า *G. cuneiformis* อยู่ในสภาวะเครียด ค่าต่าง ๆ ที่ได้จึงมีความสับสนไม่สามารถนำมาเป็นตัวแทนในการพิจารณาถึงค่าการตอบสนองในสภาวะปกติได้ จากการทดลองนี้แสดงว่า *G. cuneiformis* เป็นหอยจะปะการังที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มมากที่สุดเนื่องจากค่าขอบเขตการเติบโตที่ได้มีค่าเป็นลบแสดงถึงความเครียดในระหว่างการทดลองทั้ง ๆ ที่ได้มีการปรับสภาพและจัดการทดลองเหมือนกับ *L. malaccana* และ *S. mytiloides*

ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายทองแดง Cu_2SO_4 ใน *L. malaccana* และ *S. mytiloides* มีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองที่ได้นี้จะเห็นว่าความเข้มข้นสูงสุดของสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 20 ไมโครกรัมต่อลิตรยังไม่เป็นระดับความเข้มข้นที่สูงพอจะทำให้เห็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาอย่างชัดเจนในฐานะที่เป็นสิ่งรบกวน อีกทั้งทองแดงยังเป็นธาตุปริมาณน้อยที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการควบคุมสมดุลในหอยสองฝาครอบครัว Mytilidae (Beeby, 1993) ดังนั้นการที่หอยจะปะการังมีค่าการเติบโตสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรนั้นอาจเป็นไปได้ที่สารละลาย Cu_2SO_4 ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรนั้นเป็นปริมาณที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในกระบวนการของร่างกายได้และได้มีการทดลองเพื่อหาปริมาณโลหะปริมาณน้อยซึ่งมีทองแดงรวมอยู่ด้วยในส่วนเปลือกและเนื้อเยื่อของหอยแมลงภู *Mytilus edulis* จากบริเวณต่าง ๆ พบว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2-26 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง แต่ปริมาณที่พบมากในหอยที่มาจากหลายแห่งคือประมาณ 9 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามปริมาณที่พบนี้ยังไม่สามารถระบุชัดว่าเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับ

ร่างกายหรือเป็นส่วนเกินที่สะสมปนเปื้อนอยู่ (Bayne , 1976 อ้างถึง Vinogradov, 1953 ; Brooks and Rumsby, 1965 ; Segar *et.al*, 1971 และ Graham, 1972) และเมื่อพิจารณา ค่า O:N ratio แล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นในหอยเจาะปะการังแต่ละชนิด นั่นคือระดับความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ใช้ในการทดลองของ *L. malaccana* และ *S. mytiloides* นั้น ไม่สูงพอที่จะเป็นการทำให้เกิดความเครียดจนเห็นผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาได้อย่างชัดเจน ซึ่งความเข้มข้นนี้เป็นปริมาณทองแดงในส่วนที่ละลายน้ำของบริเวณศรีราชา มีค่าเท่ากับ 10.88 ไมโครกรัมต่อลิตร ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน (อรพินท์ จันทรผ่องแสง 2527) ดังนั้นปริมาณทองแดงส่วนละลายน้ำที่พบในบริเวณนี้ยังเป็น ปริมาณที่ไม่เห็นผลการตอบสนองของหอยเจาะปะการังอย่างชัดเจนในความเค็มปกติ (32 ppt.) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่สรุปได้ว่า *G. cuneiformis* เป็นชนิดที่มีความทนทานต่ำหรืออีกนัยหนึ่งคือมีความไวต่อสารละลายทองแดงเนื่องจากมีค่าขอบเขตการเติบโตเป็นลบและมีค่า O:N ratio ต่ำมาก (0.01-0.03)

ในส่วนของการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อผลร่วมของการเปลี่ยนแปลงความเค็มกับ สารละลาย Cu_2SO_4 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น ผลที่ได้ใน *L. malaccana* เมื่อพิจารณาโดยรวม ค่าขอบเขตการเติบโตมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนพบว่าค่าอัตราการการงอกเป็นค่าที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าขอบเขตการเติบโตมากที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น หอยสองฝาจะลดอัตราการการงอกลงเนื่องจากกระบวนการเมตาบอลิซึมต่ำลงเป็นผลให้เหงือกทำหน้าที่กรองอาหารที่มากับน้ำได้ไม่ดีพอจึงทำให้อัตราการการงอกลดลง (Naimo *et.al*, 1992 อ้างถึง Widdow *et.al*, 1979 , Aldridge *et.al*, 1987 และ Bayne *et.al*, 1982) ดังนั้นความเป็นพิษของโลหะทองแดงน่าจะมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม ความเป็นพิษของทองแดงจะมีค่ามากที่ความเค็มต่ำและค่อย ๆ ลดลงที่ความเค็มสูงขึ้นเนื่องจากทองแดงมีการเปลี่ยนรูปแบบการละลายเมื่อความเค็มเปลี่ยนไป การเปลี่ยนรูปแบบนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ เช่น สภาพทรานซิชันของธาตุ องค์ประกอบของน้ำทะเลบริเวณนั้น (Patin, 1982 และ Newman, 1995) ซึ่งจากการศึกษาของอรพินท์ จันทรผ่องแสง (2527) เรื่องการสะสมของโลหะหนักตั้งแต่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงศรีราชาในส่วนของทองแดงพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างทองแดงและความเค็มนั้นค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงที่มีลักษณะตรงข้ามกัน และงานของ Hungspreugs and Sirirattanachai (2524) ได้แสดงระยะที่ความเค็มลดลงมากในฤดูน้ำหลากนั้น ปริมาณโลหะทองแดงที่พบในหอยจะเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า เนื่องจากเมื่อความเค็มลดลงจะมีผลทำให้ แคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนน้อยในปริมาณน้ำทะเลชายฝั่งการแข่งขันระหว่างโลหะที่จะยึดเนื้อเยื่อมีน้อยลง โลหะปริมาณน้อยจึงมีโอกาสดีขึ้นที่จะเข้าสู่หอย (อ้างตาม

ณัฐวรรณ์ ปภาวสิทธิ์ และสมเกียรติ ปิยะธีรวิจิตรกุล 2526 และ Hungspruegs *et.al.*, 1989)

ตามปกติหอยสองฝาจะต้องการทองแดงในปริมาณเล็กน้อยในการสร้างพันธะกับ metallothionein ในเนื้อเยื่อ โดยที่เมื่อทองแดงมีมากจนความเข้มข้นถึงระดับหนึ่ง ก็จะไปจับกับสารจำพวกโปรตีนเพื่อสร้างพันธะใหม่ให้ได้สารประกอบสำหรับใช้ในการรักษาสมดุลในร่างกาย หากทองแดงมีเพิ่มขึ้นมากจนไม่สามารถผลิต metallothionein มาสร้างพันธะได้ทัน การรักษาสมดุลก็จะถูกรบกวน และการทำงานของไลโซโซม (lysosome) ก็จะเริ่มขึ้นโดยการย่อยสลายโปรตีนเพื่อมาจับกับทองแดงอิสระส่วนเกินนี้ เมื่อปริมาณทองแดงมาก การย่อยสลายโปรตีนก็มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้อัตราการหายใจเนื่องจากการนำโปรตีนไปใช้ก็มากขึ้นตามไปด้วย และมีค่าขอบเขตการเติบโตลดลง (Beeby, 1993 อ้างถึง Bayne, 1989 , Bayne *et.al.*, 1976 และ Koehn and Bayne, 1989) และจากการศึกษาของ Scott and Major (1972) นั้นก็พบว่าปริมาณของทองแดงมีส่วนทำให้อัตราการหายใจของหอยสองฝาชนิด *M. edulis* มีค่าลดลง (อ้างตาม Thuberg *et al.*, 1974) ส่วนใน *S. mytiloides* นั้นความแตกต่างของขอบเขตการเติบโตเห็นได้ไม่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มว่าค่าที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ความเค็ม 32 ppt. และที่ความเข้มข้น Cu_2SO_4 ต่ำ ผลที่ได้ในหอยเจาะปะการังชนิดนี้เป็นไปได้ในลักษณะเดียวกันกับผลการตอบสนองของหอยเจาะปะการัง *L. malaccana* หมายความว่าสารละลาย Cu_2SO_4 จะมีความเป็นพิษต่อหอยเจาะปะการังในการทดลองเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มลดลง ที่ความเข้มข้นสูง ๆ มากกว่าความเข้มข้นต่ำ ๆ หรือผลที่ได้เป็นลักษณะเสริมกันระหว่างความเค็มที่ต่ำลงและปริมาณสารละลายทองแดงที่ความเข้มข้นสูงขึ้น (synergistic effect) แต่การที่ *S. mytiloides* นั้นมีค่าขอบเขตการเติบโตในแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนั้นเนื่องมาจากค่าที่เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในช่วงแคบหรือมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงความเค็มและความเข้มข้นในแต่ละการทดลองน้อย โดยสรุปพบว่า *S. mytiloides* นั้นมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่เป็นปัจจัยร่วมของความเค็มและสารละลายทองแดงมากที่สุด ซึ่ง Menzel (1979) กล่าวว่าผลการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยร่วมตั้งแต่ 2 ปัจจัยหรือมากกว่านั้น ผลที่ได้จะมีลักษณะเสริมกัน ซึ่งการศึกษาตอบสนองในลักษณะของ sublethal effect นี้เองจะเป็นการเตือนล่วงหน้าถึงความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นต่อไปหากยังมีสิ่งรบกวนลักษณะดังกล่าวนี้เกิดขึ้นอยู่

จากการศึกษานี้สรุปว่า *G. cuneiformis* เป็นหอยเจาะปะการังชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนที่พบในธรรมชาติของบริเวณศึกษา หอยชนิดนี้พบเป็นจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับ 2 ชนิดแรกโดยการประเมินจากการศึกษาในภาคสนามและจากรายงานของ Neilson (1986) อีกทั้งเป็นชนิดที่มีความเฉพาะในการเลือกที่อยู่โดยจะพบเฉพาะในปะการังตายเท่านั้น ซึ่งกล่าวได้ว่า *G. cuneiformis* เป็นหอยเจาะปะการัง

ที่จัดเป็นชนิดหายาก (rare species) มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ต่ำ หรือเป็นชนิดที่มีความอ่อนแอ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นหอยเจาะปะการังที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและสารละลายทองแดงมากที่สุด

การที่หอยมีความไวหรือความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันนั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติได้กล่าวคือ การนำไปพิจารณาถึงสภาพผลภาวะเปรียบเทียบในบริเวณเดียวกันที่มีหอยเจาะปะการังเหล่านี้อาศัยอยู่แต่มีระยะเวลาต่างกัน หากพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงจำนวนตัวต่อพื้นที่ปะการังตายของ *G. cuneiformis* เมื่อเวลาผ่านไปโดยที่ จำนวนของปะการังตายเป็นเท่าเดิมหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากก็อาจมองเป็นแนวทาง หนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพมลพิษโดยมุ่งศึกษาในส่วนของปะการังตายในพื้นที่นั้น ๆ ใน กรณีหมายความว่าเมื่อมีมลพิษเกิดขึ้นมีผลกระทบต่อปะการังและหอยเจาะปะการัง โดยที่ หอยเจาะปะการังจะต้องเป็นสิ่งมีชีวิตที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษนี้ก่อนปะการังนั้นคือหอยเจาะ ปะการังมีความทนทานต่ำกว่าตัวปะการังจึงจะสามารถใช้วิธีนี้ได้ ในทางกลับกันเมื่อพิจารณา โดยรวมจากผลการทดลองทั้งหมดในการศึกษาทางสรีรวิทยา คือ การตอบสนองต่อปริมาณ ตะกอนแขวนลอย การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง ความเข้มข้นของสารละลายทองแดงและการตอบสนองต่อผลรวมของการเปลี่ยนแปลง ความเค็มและความเข้มข้นของสารละลายทองแดง ร่วมกับการศึกษาทางนิเวศวิทยาได้แก่ บริเวณที่อยู่อาศัยและการกระจายแล้ว อาจกล่าวได้ว่าหอยเจาะปะการังที่มีความสามารถในการ ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้มากที่สุดได้แก่ *L. malaccana* เนื่องจากเป็นชนิดที่มี การปรับตัวได้ดีต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย และมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม และสารละลายทองแดงในลักษณะต่าง ๆ ได้ดีดังที่ปรากฏในผลการทดลองโดยพิจารณาจากค่า ขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio และจากการศึกษาทางนิเวศวิทยาพบว่าหอยชนิดนี้สามารถ อยู่ได้ทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย ดังนั้น *L. malaccana* จึงเป็นหอยเจาะปะการังที่มีการ ปรับตัวและมีความทนทานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* เหมาะสมที่จะนำไปใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของแนวปะการังได้ทั้ง ในบริเวณเดียวแต่ระยะเวลาต่างกันและต่างบริเวณกันในเวลาเดียวกัน เนื่องจาก *L. malaccana* มีการกระจายอย่างกว้างขวางทั้งในปะการังมีชีวิตและปะการังตาย พบได้ในหลายพื้นที่และเป็น ตัวแทนในการทดลองเรื่องการตอบสนองต่อมลพิษขั้นต่อ ๆ ไปเนื่องจากมีความไวในการตอบ สอนองที่เห็นความเปลี่ยนแปลงในระดับต่าง ๆ ได้ชัดเจนโดยที่ช่วงของการตอบสนองนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยจำกัด (limiting factor) ในธรรมชาติของหอยเจาะปะการังอาทิเช่น ความเค็ม อย่างไรก็ตามในการพิจารณาสภาพมลพิษโดยอาศัยการพิจารณาจากหอยเจาะปะการังนั้นจะต้องแยก กรณีของ *G. cuneiformis* และ *L. malaccana* ออกจากกันอย่างชัดเจนเนื่องจากทั้ง 2 ชนิดนี้มี แหล่งที่อยู่อาศัยและการกระจายต่างกันระหว่าง ในปะการังมีชีวิตและปะการังตายและต้องมีการ

พิจารณาร่วมกับผลการศึกษาทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังแต่ละชนิดต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ด้วย และจากการที่ได้ผลการตอบสนองร่วมระหว่างความเค็มและสารละลายทองแดงเป็นลักษณะเสริมกันนั้น อาจนำไปพิจารณาถึงผลความเป็นพิษของทองแดงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ กรณีที่มีสารละลายทองแดงปนเปื้อนลงมาระหว่างช่วงที่ความเค็มลดต่ำลง เช่น ในช่วงฤดูฝน หรือช่วงที่มีปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่ทะเล (run off) ก็จะมีผลทำให้ความเป็นพิษของทองแดงเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วงที่มีความเค็มปกติ (ประมาณ 30 - 33 ppt.) ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นได้จริงในบริเวณอ่าวไทยตอนใน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะต้องให้ความสนใจและมีการวางมาตรการกำหนดปริมาณโลหะหนักที่พบได้ในทะเลตามช่วงความเค็มหรือฤดูกาลต่าง ๆ ของแต่ละบริเวณที่มีความไวต่อมลพิษต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1.1 หอยเจาะปะการังที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีบริเวณที่อยู่อาศัยและการกระจายต่างกัน คือ *L. malaccana* พบในปะการังมีชีวิตหลายชนิด และพบมากที่สุดในปะการัง *P. lutea* ส่วน *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* พบในปะการังตาย

5.1.2 ขนาดตัวของหอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิด ที่พบในแนวปะการังนั้นไม่สามารถประเมินขนาดตัวที่แน่นอนได้จากขนาดรูที่พบ เนื่องจากกลไกการเจาะฝังของหอยเจาะปะการัง ที่มีการลงเกาะตั้งแต่ระยะวัยลีเจอร์ และมีการขยายขนาดรูข้างในโดยใช้สารเคมีหรือพลังงานกล

5.1.3 หอยเจาะปะการังทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะแยกเพศ และมีอัตราส่วนเพศระหว่างตัวผู้กับตัวเมียเมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้วใกล้เคียงกัน 1 ต่อ 1 อัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *L. malaccana* ระหว่างตัวผู้ต่อตัวเมียเท่ากับ 1 ต่อ 0.76 ส่วนอัตราส่วนเพศในหอยเจาะปะการัง *S. mytiloides* เท่ากับ 1 ต่อ 0.58 และใน *G. cuneiformis* เท่ากับ 1 ต่อ 0.67

5.1.4 ค่า BCI ของหอยเจาะปะการังทั้งสาม ที่ได้ทำในช่วงเวลา 6 เดือนนั้นมีรูปแบบต่างกันคือ ใน *L. malaccana* มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม *S. mytiloides* มีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ *G. cuneiformis* มีค่าลดลงจากเดือนมีนาคม แสดงว่าค่า BCI เป็นลักษณะเฉพาะในหอยเจาะปะการังแต่ละชนิดซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหรือฤดูกาล ค่า BCI นี้อาจบอกได้ถึงช่วงที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ หรือปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

5.1.4 การตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยเจาะปะการัง มีลักษณะการตอบสนองเป็น 2 แบบคือ อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและอัตราการกรองลดลงได้แก่ *S. mytiloides* และ *G. cuneiformis* ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในกรณีที่เกิดความเครียด และอีกแบบคือใน *L. malaccana* นั้นมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นแต่อัตราการกรองไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าหอยเจาะปะการังชนิดนี้มีการปรับตัวต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยซึ่งในที่นี้คือแป้งมันสำปะหลังได้ดี

5.1.6 หอยเจาะปะการัง *L. malaccana* และ *S. mytiloides* มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม คือมีค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ความเค็ม 32 ppt. และลดลงเมื่อความเค็มลดลงจนมีค่าต่ำที่สุดที่ความเค็ม 16 ppt. หมายความว่าที่ระดับความเค็มต่ำ ๆ นั้นไปมีผลทำให้ค่าขอบเขตการเติบโตลดลง เนื่องจากความเค็มเปลี่ยนแปลงไปจากความเค็มของบริเวณที่อยู่อาศัยปกติในเกาะค้างคาว (29-33 ppt.) และพบว่าหอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis* เป็นชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มมากที่สุด

5.1.7 หอยเจาะปะการัง *L. malaccana* และ *S. mytiloides* มีแนวโน้มของค่าขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 เท่ากับ 10 ไมโครกรัม ซึ่งปริมาณนี้อาจเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในระบบรักษาสมดุลของหอยเจาะปะการัง โดยที่ *S. mytiloides* น่าจะเป็นหอยเจาะปะการังที่มีความทนทานต่อปริมาณสารละลายทองแดงมากที่สุดพิจารณาจากค่าขอบเขตการเติบโตและ O:N ratio ที่มีค่าสูง และ *G. cuneiformis* เป็นชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากค่าขอบเขตการเติบโตเป็นลบและค่า O:N ratio ที่ต่ำมาก

5.1.8 สารละลาย Cu_2SO_4 จะมีความเป็นพิษต่อหอยเจาะปะการังเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มลดลง เป็นลักษณะที่มีการตอบสนองไปในทางเดียวกัน (synergistic effect) ระหว่างผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้นสูง ๆ มากกว่าความเข้มข้นต่ำ ๆ โดยมี *S. mytiloides* เป็นชนิดที่มีความทนทานสูงสุด และ *G. cuneiformis* เป็นชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

5.1.9 หอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis* เป็นหอยเจาะปะการังที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมสูงสุด เนื่องจากค่าขอบเขตการเติบโตที่ได้ในแต่ละการทดลองมีค่าเป็นลบ และมีค่า O:N ratio ที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับอีก 2 ชนิดคือ *L. malaccana* และ *S. mytiloides* ทั้ง ๆ ที่มีการปรับสภาพและอยู่ในสภาวะการทดลองเช่นเดียวกับ *L. malaccana* และ *S. mytiloides*

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาชีววิทยาของหอยเจาะปะการังเพิ่มเติมขึ้นไปในส่วนของ สันฐานวิทยาและนิเวศวิทยาที่น่าสนใจได้แก่เรื่องความเฉพาะในการเลือกวัสดุเจาะฝังและ ตำแหน่งในการเจาะฝัง สัตว์ส่วนที่พบในธรรมชาติและการแยกชนิดของหอยเจาะปะการังที่ ชัดเจนขึ้นจากการพิจารณาลักษณะของปากรูปร่างที่ผลปรากฏอยู่ในการศึกษานี้ รูปแบบการ เปลี่ยนแปลงแทนที่ และการแก่งแย่งพื้นที่ในการเจาะฝัง นอกจากนี้ควรคำนึงถึงปัญหาใน การเก็บตัวอย่างเนื่องจากต้องทุบก่อนปะการังเพื่อให้ได้หอยเจาะปะการังมาทำการศึกษา ชนิด จำนวนและขนาดก่อนนำมาทำการศึกษาด้วย

• 5.2.2 การศึกษาเรื่องอัตราส่วนเพศ และการทำ BCI ของหอยเจาะปะการังควรทำ ให้ครอบคลุมในระยะเวลา 1 ปี (12 เดือน) และควรทำดัชนีความสมบูรณ์เพศ (gonad index) หรือการศึกษาถึงการพัฒนารังไข่ร่วมด้วย เพื่อจะได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในรอบ ปีและช่วงเวลาของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเจาะปะการังที่ชัดเจนโดยต้องมีการคำนึง ถึงจำนวนและขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาด้วย

5.3.3 การศึกษาเรื่องการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย ควร ทำการศึกษาให้ครบในทุกส่วนของการตอบสนองทางสรีรวิทยา เพื่อให้ได้ค่าขอบเขตการ เติบโตและ O:N ratio สำหรับการพิจารณาผลที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนและน่าจะมีการทำการ ศึกษาในปริมาณตะกอนแขวนลอยชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นตัว แทนของตะกอนแขวนลอยในการทดลองนี้

5.2.4 การศึกษาเรื่องการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสารโลหะหนักควรทำหลาย ๆ ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันที่ทำให้เห็นการตอบสนองชัดเจนร่วมกับการศึกษาทางเคมี วิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย

5.2.5 จากผลการทดลองเรื่องการตอบสนองต่อผลรวมของความเค็มและปริมาณ สารละลายทองแดงที่พบว่ามีความเค็มต่ำความเข้มข้นของสารละลายทองแดงที่สูงขึ้นนั้นมี ผลเสริมกัน สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาและวางมาตรการควบคุมปริมาณสารโลหะหนัก ที่พบได้ตามการเปลี่ยนแปลงของช่วงความเค็มหรือฤดูกาลในบริเวณที่มีความไวต่อมลพิษ ต่าง ๆ กัน

5.2.6 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตอบสนองต่อสารมลพิษระยะสั้น เทียบกับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ร่วมกับการทำสมการงบประมาณพลังงาน (energy budget) ของกลุ่มประชากรหอยเจาะปะการังที่พบบริเวณเกาะสีชังและเกาะค้างคาวเพื่อประเมิน ผลกระทบต่อมลพิษที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว และการจำลองสภาพในห้องทดลองให้ใกล้เคียง สภาพธรรมชาติมากที่สุดหรือลองทำการทดลองในภาคสนามด้วย

5.2.7 เนื่องจาก *G. cuneiformis* เป็นหอยเจาะปะการังที่มีความไวและอ่อนแอต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมมากที่สุดซึ่งพบได้เฉพาะในปะการังตาย ดังนั้นจึงอาจนำไปใช้ได้โดยใช้เป็นตัวแทนในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของแนวปะการังเดียวกันแต่ในระยะเวลาต่างกันโดยดูเฉพาะในปะการังตายร่วมกับการผลการศึกษาทางสรีรวิทยาในส่วนของการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ แต่ในกรณีนี้มีข้อแม้ว่าปริมาณปะการังตายจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก

5.2.8 เลือก *L. malaccana* เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของแนวปะการังเดียวกันแต่ต่างระยะเวลาหรือที่เวลาเดียวกันในบริเวณต่างกัน โดยศึกษาทั้งปะการังมีชีวิตและปะการังตาย และเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของมลพิษในระดับต่อไปโดยมีการพิจารณาร่วมกับผลการศึกษาทางสรีรวิทยาของ *L. malaccana* ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากเป็นชนิดที่สามารถปรับตัวได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม มีการตอบสนองที่เห็นการเปลี่ยนแปลงเห็นได้ชัดเจนในช่วงที่เป็นปัจจัยจำกัด และพบมากในหลายบริเวณ จึงอาจนำไปเป็นตัวแทนเพื่อการศึกษาสภาพมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษฎ์ มงคลปัญญา. 2536. การเก็บรักษาเนื้อแช่แบบแช่แข็ง หลักการ/ วิธีการ/ ประโยชน์.

ฝ่ายโรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

ณัฐวรรตน์ ปภาวสิทธิ์ และ สมเกียรติ ปิยะธีรธิดารกุล. 2526. การสำรวจเอกสารเรื่องสารมีพิษและพยาธิที่พบในอาหารจำพวกสัตว์ทะเลในประเทศไทย. รายงานเสนอต่อคณะ

- กรรมการปฏิบัติการวิจัยอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรศรี สุทธนารักษ์. 2527. การศึกษาผลกระทบของการตกตะกอนต่ออัตราการเจริญของปะการังบางชนิดบริเวณเกาะค้างคาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนูวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

มนูวดี หังสพฤกษ์. 2537. โลหะปริมาณน้อยและสารกัมมันตรังสีในน่านน้ำไทย. การสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 5. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สมร ดนวรรณสมบัติ. 2535. ชีววิทยาบางประการของหอยเป่าชื่อ *Haliotis ovina* (Gmelin, 1791). รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง. 2538. การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 โครงการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำหรับโครงการก่อสร้างท่าเรือน้ำลึก บริษัท สีชังทองเทอร์มินัล จำกัด.

อรพินท์ จันทรผ่องแสง. 2527. การแพร่กระจายของโลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี จากปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงศรีราชา. รายงานการสัมมนาการวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย ครั้งที่ 3. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ สุรพล สุดารา. 2525. การสำรวจปะการังบริเวณเกาะค้างคาวและเกาะท้ายตาหมื่น. รายงานเสนอโครงการสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1. คณะกรรมการวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งชาติ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

อาภรณ์ โพธิ์พงษ์วิวัฒน์. 2538. ผลร่วมของความเค็มและน้ำมันดิบส่วนละลายน้ำที่มีต่ออัตรา O:N ในหอยตะกรมกรามขาวระยะวัยเกิล็ดชนิด *Crassostrea belcheri*. รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 อานภาพ พานิชผล. 2539. การเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนโครงสร้างของกลุ่มปะการังบริเวณเกาะ ค้างคาว จังหวัดชลบุรี โดยใช้การถ่ายภาพใต้น้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กำลังจัดพิมพ์)

ภาษาอังกฤษ

- Abel, P.D. and Axaik, V. (eds.). 1991. Ecotoxicology and the marine environment. Ellis Horwood, England
- Ansell, A.D. and Nair, N. B. 1969. A comparative Study of Bivalves which bore mainly by mechanical means. Am. Zool. 9:857-868.
- Axiak, V. and George, J. J. 1987. Bioenergetics responses of the marine bivalve *Venus verrucosa* on long-term exposure to petroleum hydrocarbon. Marine Environ. Res. 23 : 33-47
- Barnes, R.D. 1994. Invertebrate Zoology. 6th Suanders College Publishing. Florida, U.S.A.
- Bayne, B.L. (ed.). 1976. Marine Mussels : Their Ecology and Physiology. Cambridge University Press, Great Britain.
- Bayne, B.L., Brown, D.A., Bruns, K., Dixon, D.R., Ivanovici, A., Livingstone, D.R., Lowe, D.M., Moore, M.N., Stebbin, A.R.D. and Widdow, J. 1985. The Effect of Stress and Pollution on Marine Animals. Praeger Publisher CBS Education and Professional Publishing, New York.
- Beeby, A. 1993. Applying Ecology. Chapman & Hall. London
- Beiras, R., Camacho, A. P. and Albentosa, M. 1995. Short-term and long-term alltrations in the alterations in the energy budget of young oyster *Ostrea edulis* L. in response to temperature change. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 186 : 221-236
- Brickner, I., Kramasky, Winter, E., Mokady, O., Loya, Y. 1983. Speciation In the Coral-boring bivalve *Lithophaga purpurea* : evidence from ecological, biochemical and SEM analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.101 : 139-145.
- Bromley, R.O. 1978. Bioerosion of Bermuda reef. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 23 : 169-197.

- Bussarawit, S. 1995. Mollusc from the Marine National Park : Surin and LE-PAE islands, Andaman sea, Thailand. Phuket mar. biol. Cent. Spec. Publ. no 15 : 119-125
- Clausade, M.P., Hutching, P. and Richard, G. 1992. Temporal Variations of Macroborers in Massive *Porites lobata* on Moorea, French Polynesia. Coral Reef 11 : 161-166.
- De Zwaan, A. and Eertman, R.H. 1996. Anoxic or Aerial survival of bivalves and other eurytopic invertebrate as a useful response to environment stress A comprehensive review. Comp. Biochem. Physiol. 113c no.2 : 299-312
- Drinkwater, K.F. and Frank, K.T. 1994. Effect of River Regulation and Diversion on Marine Fish and Invertebrates. Aquatic Conservation: Freshwater and Marine Ecosystem , 4 : 135-151.
- Elfving, T. 1995. Physiological Effects and Relative Sensitivity to Copper on Three Species of Tropical Oyster A Study Conducted in the Inner Gulf of Thailand. Master Degree Thesis Stockholm University. Sweden
- Fang, L.S. and Shen, P. 1988. A living mechanical file : the burrowing mechanism of the coral boring bivalves *Lithophaga nigra*. Mar. Biol. 97 : 349-354
- Fanelli, G. Piraino, S., Belmonte, G., Geraci, S. and Boere, F. 1994. Human predation along Apulian rocky coasts (SE Italy) : desertification caused by *Lithophaga lithophaga* (Mollusca) fisheries. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.110 : 1-8.
- Gilek, M., Tedengren, M. and Kautsky, N. 1992. Physiological performance and general histology of the blue mussel, *Mytilus edulis* L., from the Baltic and North sea. Netherland Journal of Sea Research 30:11-21
- Han, B. C., Jeng, W. L., Hung, T. C. and Wen, Y. W. 1995. Relationship between copper speciation in sediment and bioaccumulation by marine bivalves of taiwan. Environ. Pollut. 91:35-39
- Highsmith, R. C. 1980 Burrowing by the Bivalve Mollusc *Lithophaga curta* in the Living Reef Coral *Montipora berryi* and a Hypothesis of Reciprocal Larval Recruitment. Mar. Biol. 56 : 155-162.
- Hubbard, D.K. 1986. Sediment as a control of reef development : St. Croix, U.S.V.I. Coral Reef 5: 117-125

- Hungspreugs, M., Utoomprurkporn, W., Dhamvanij, S. and Sompongchaiyakul, P.
1989. The Present Status of the Aquatic Environment of Thailand.
Mar.Poll.Bull., 20 : 327-332
- Hutching, P.A.1986. Biological Destruction of Coral Reefs. Coral Reef 4 :239-252.
- Hutching, P.A., Kien, W.E., Cunningham, R.B., and Donnelly, C. 1992 . Spatial and
Temporal Patterns of Non-colonial Boring Organisms (polychaetes, sipunculans
and bivalve molluscs) in *Porites* at Lizard Island, Great Barrier reef. Coral reef ,
11 : 23-31.
- Kamura, S. and Choonhabandit. 1986. Distribution of benthic marine algae on the
• coasts of Khang Khao and Tai Ta Mun, Sichang islands, the Gulf of Thailand.
Galaxea, vol 5 (1) : 97- 114
- Kiene, W.E. and Hutching, P.A. 1994. Bioerosion experiments at Lizard Island, Great
Barrier Reef. Coral Reef. 13 : 91-98.
- Kleeman, K. H. 1980. Boring bivalves and their host corals from the Great Barrier reef.
J. moll. Stud 46 : 13-54
- Krebs, C.J. 1986. Ecology, the Experimental Analysis of Distribution and Abundance.
Harper & Row Publisher. New York.
- Levinton, J. J.1982. Marine Ecology. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
- MacGinitie, G.E. and MacGinitie, N. 1968. Natural History of Marine Animal. McGraw-
Hill Book Company. New York.
- Mahabhol, N. and Puwanattrai, P. 1990. Incoming Wasteloads in the Lower Gulf of
Thailand. in the Gulf of Thailand in Land-Based Marine Pollution Problems in
the Asia-Pacific Region Status and Legal Developments. Institute of Asian-
Studies, Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand.
- Menasveta, P. and Cheevaparanapiwat, T. 1981. Heavy Metals, Organochlorine
Pesticide and PCBs in Green Mussels, Mulletts and Sediments of River Mouths in
Thailand. Mar. Poll. Bull., 12 :12-25.
- Menasveta, P. Navanarasest, M., and Rungsupa, S. 1986. Environmental setting of the
Gulf of Thailand with special references to the Sichang Islands . Galaxea vol 5
(1) : 7-16
- Menzel, W. 1979. In Hart Jr, C. W. and Fuller, S. L. H. (eds.). Pollution Ecology of
Estuarine Invertebrates. Academic Press, New York.

- Mokady, O., Arazi, G., Bonar, D.B. and Loya, Y. 1991. Coral host specificity in settlement and metamorphosis of the date mussel *Lithophaga lessepsiana* (Vaillant, 1865). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. vol.146 :205-216
- Mokady, O. 1992. Settlement and Metamorphosis specificity of *Lithophaga simplex* Iredale (Bivalvia:Mytilidae) on Red Sea corals. J.Exp.Mar.Biol.Ecol 62 : 243-251.
- Moordee, R. (1987). Bioerosion on Coral Substrates : Porites lutea Edward and Haime by Some Infaunal Animals at Khang Khao Island Chon Buri Province. Master's Thesis, Department of Science, Graduate School, Chulalongkorn University.
- Moretzsohn, F. and Tsuchiya, M. 1992. Preliminary Survey of the Coral-Boring Bivalvia Fauna of Okinawa, Southern Japan. Proceeding of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam 1 : 404-412.
- Naimo, J. J. Atchinson, G. J. and Holland-Bartels, L. E. 1992. Sublethal effects of cadmium on physiological response in pocket book mussel, *Lampsilis ventricosa*. Environmental Toxicology and Chemistry 11: 1013-1021
- Neilson, C. 1986. Fauna associated with a coral *Porites* from Phuket, Thailand (part I) : bivalves with description with a new species of *Gastrochaena*. PMBC bull 42 : 1-24
- Newman, M. C. 1995. Quantitative Methods in Aquatic Ecotoxicology. CRC Press. Inc.
- Oliver, P.G. 1992. Bivalved Seashells of the Red Sea. National Museum of Wales, Cathays Park Cardiff. CFI 3 NP, Wales UK.
- Palonkangas, P. and Karlsson, S. 1995. Ecophysiological Effects of Cadmium in Relation to Salinity and Temperature Variation in the Tropical Mussel *Perna viridis*. A Pollution Study in the Gulf of Thailand. Uppsala University, Sweden
- Panichpol, A., Sarasas, P., Jarayabhand, P. and Paphavasit, N. 1994. Distribution of boring bivalve on *Porites lutea* head around Kang Kao Island. paper presented at The International Symposium on Ecological of Coral Reef Communities in the Gulf of Thailand. Aquatic Resource Research Institute. Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand 24-26 October, 1996.
- Patin, S.A. 1982. Pollution and the Biological Resources of the Oceans. Butterworth scientific, England.

- Phillips, D.J.H. and Rainbow, P. 1993. Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminant
Elsevier Applied Science, London & New York.
- Piyakarnchana, T., Paphavasit, N., Wattayakorn, G., Banpapong, M. 1990. Marine
Pollution in the Gulf of Thailand in the Asia-Pacific Region Status and Legal
Developments. Institute of Asian-Studies, Chulalongkorn University. Bangkok,
Thailand.
- Risk, L.S. and MacGeachy, J.K. 1978. Aspects of bioerosion of modern Caribbean
reefs. Rev. Biol. Trop. , 26 (supl. 1) : 85-105
- Risk, M.J. , Sammacro, W. and Edinger, E.N. 1995. Bioerosion in *Acropora* across the
• Continental Shelf of the Great Barrier Reef. Coral Reef 10 : 79-86.
- Scott, P. J. B. 1977. Associations between scleractinians and coral-boring molluscs in
Hong Kong. International Workshop on the Malaco Fauna of Proceeding First
Hong Kong and Southern China, Hong Kong : 121-138.
- Scott, P. J. B. 1987. Association between coral and macro-infaunal invertebrate in
Jamaica, with a list of Caribbean and Atlantic coral associates. Bull. Mar. Sci.
40 (2) : 271-286
- Scott, P.J.B., Moser, K.A. and Risk, M.J. 1988. Bioerosion of Concrete and
Limestone by Marine Organism : A 13 years Experiment from Jamaica.
Mar.Poll.Bull. 19 (5) : 219-222.
- Scott, P.J.B., 1988. Initial settlement behaviour and survivorship of *Lithophaga*
bisulcata (d'ORBIGNY) (MYTILIDAE : Lithophaginae). J. Moll. Stud.
54 :97-108
- Soliman, G. 1969. Ecological Aspect of Some-Coral Gastropod and Bivalves of the
Northwestern Red Sea. Am. Zool. 9 :887-894
- Sorokin, Y. I. 1993. Coral Reef Ecology. Springer-Verlag. Heidenberg, Germany
- Strickland, D.H. and Parson, T.R. 1972 . A Practical Handbook of Sea Water Analysis.
Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada
- Sudara, S., Sanidwongs, A., Yeemin, T., Moordee, R., Panutrakune, S., Suthanaluk, P.
and Natekanjanalarp. 1991a. Study of the impact of sediment on growth of the
coral *Porites lutea* in the Gulf of Thailand. Proceedings on the Regional
Symposium on Living Resources in Coastal Areas. Manila, Philippines

- Thuberg, F. P., Calabrese, A. and Dawson, M. A., 1974 .In Vernberg, F. J. and Vernberg, W. B.(eds.) Pollution and Physiology of Marine Organisms. Acedemic Press, New York.
- Tsuchiya, M., Nakasone,Y., Moordee, R., Manthachittra,V. 1986 . Distribution of subtidal macrobenthic animals around the Sichang Islands, the Gulf of Thailand. Galaxea 5 (1) :75-97.
- Widdow, J. 1985. Physiological Measurements in Bayne, B. L.(ed.) The Effect of Stress and Pollution on Marine Animals. Praeger Publisher CBS Education and Professional Publishing, New York.
- Widdow, J. 1993. Marine and estuarine invertebrate toxicity tests. in Calow, P.(ed.) Handbook of Ecotoxicology vol 1. Blackwell Scientific Publication Oxford
- Windom, H.L.1992. Contamination of the Marine Environments from Land-based Sources. Mar. Poll. Bull. 25 (1-4) : 32-36.
- Yap, H.T.1992. Marine Environmental Problems Experiences of Developing Region. Mar.Poll.Bull. 25 (1-4) : 37-40.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana*

ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)	ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)
1	ชุดควบคุม	2.48	3.05	11	ชุดทดลอง	5.51	3.20
2	ชุดควบคุม	1.36	2.84	12	ชุดทดลอง	4.22	2.63
3	ชุดควบคุม	2.89	3.03	13	ชุดทดลอง	7.36	3.22
4	ชุดควบคุม	3.14	2.80	14	ชุดทดลอง	4.39	2.96
5	ชุดควบคุม	0.73	1.00	15	ชุดทดลอง	0.91	1.22
6	ชุดควบคุม	7.31	3.31	16	ชุดทดลอง	8.72	3.20
7	ชุดควบคุม	2.70	2.73	17	ชุดทดลอง	3.00	2.40
8	ชุดควบคุม	5.46	3.40	18	ชุดทดลอง	9.11	3.16
9	ชุดควบคุม	4.78	3.22	19	ชุดทดลอง	8.76	3.25
10	ชุดควบคุม	3.38	3.17	20	ชุดทดลอง	6.76	2.93
	เฉลี่ย	3.42	2.87		เฉลี่ย	5.87	2.82

ตารางที่ 2ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อปริมาณตะกอน
แขวนลอยของหอยเจาะปะการังชนิด *S. mytiloides*

ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)	ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)
1	ชุดควบคุม	1.33	3.04	11	ชุดทดลอง	4.52	3.07
2	ชุดควบคุม	2.94	3.15	12	ชุดทดลอง	5.59	3.17
3	ชุดควบคุม	0.19	0.63	13	ชุดทดลอง	0.43	0.69
4	ชุดควบคุม	0.40	0.93	14	ชุดทดลอง	0.51	0.83
5	ชุดควบคุม	0.15	0.66	15	ชุดทดลอง	0.40	0.76
6	ชุดควบคุม	0.17	0.39	16	ชุดทดลอง	0.41	0.37
7	ชุดควบคุม	0.16	0.95	17	ชุดทดลอง	0.57	0.95
8	ชุดควบคุม	0.20	0.90	18	ชุดทดลอง	0.45	0.79
9	ชุดควบคุม	0.10	0.54	19	ชุดทดลอง	0.34	0.44
10	ชุดควบคุม	1.28	3.07	20	ชุดทดลอง	0.43	0.72
	เฉลี่ย	0.69	1.16		เฉลี่ย	1.36	1.18

ตารางที่ 3ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis*

ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)	ตัว ที่	ชุดการ ทดลอง	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตรา การกรอง (l/h*g)
1	ชุดควบคุม	1.62	2.22	7	ชุดทดลอง	2.92	2.23
2	ชุดควบคุม	3.14	2.55	8	ชุดทดลอง	4.29	2.44
3	ชุดควบคุม	3.61	2.47	9	ชุดทดลอง	1.43	1.05
4	ชุดควบคุม	1.87	1.88	10	ชุดทดลอง	0.94	0.69
5	ชุดควบคุม	1.11	2.02	11	ชุดทดลอง	2.81	1.76
6	ชุดควบคุม	2.21	2.23	12	ชุดทดลอง	2.32	1.48
	เฉลี่ย	2.26	2.23		เฉลี่ย	2.45	1.61

ตารางที่ 4ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยเจาะ
ปะการังชนิด *L. malaccana*

ตัวที่	ความ เค็ม (ppt.)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการขับ ถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตรา การกรอง ($\text{l}/\text{h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขตการ เติบโต ($\text{J}/\text{g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	32	0.48	0.47	11.53	0.75	167.77	0.36
2	32	0.60	0.12	11.34	0.90	218.93	2.67
3	32	1.27	0.34	11.11	0.81	176.91	2.07
4	32	0.50	0.27	10.55	0.87	196.79	1.83
5	32	0.90	0.30	11.34	0.73	164.49	1.31
6	32	0.08	0.30	11.17	0.76	180.55	0.14
7	32	0.97	0.36	10.97	0.78	171.14	1.69
	เฉลี่ย	0.67	0.31	11.14	0.80	182.37	1.40
8	24	0.20	0.10	10.45	0.71	164.47	2.35
9	24	0.28	0.08	10.77	0.72	170.08	2.83
10	24	0.82	0.56	10.73	0.71	148.57	1.15
11	24	0.69	0.65	10.56	0.84	180.82	0.99
12	24	0.79	0.42	10.77	0.78	168.98	1.45
13	24	0.61	0.42	10.76	0.69	150.14	1.15
14	24	0.70	0.37	10.99	0.79	177.94	1.16
15	24	1.32	0.48	10.97	0.88	187.08	1.71
	เฉลี่ย	0.68	0.39	10.75	0.77	168.51	1.60
16	16	0.91	0.68	10.46	0.79	162.28	1.38
17	16	0.48	0.50	10.15	0.76	162.39	1.38
18	16	0.79	0.83	10.41	0.83	170.54	1.02
19	16	0.33	0.15	10.45	0.70	158.60	2.50
20	16	0.98	0.22	11.06	0.80	180.99	2.62
21	16	0.53	0.12	11.06	0.85	202.58	2.84
22	16	0.59	0.16	11.04	0.51	114.22	2.25
	เฉลี่ย	0.66	0.38	10.66	0.75	164.51	2.00

ตารางที่ 5ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยเจาะ
ปะการังชนิด *S. mytiloides*

ตัวที่	ความ เค็ม (ppt.)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g} \cdot \text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g} \cdot \text{h}$)	อัตราการ กรอง ($\text{l}/\text{h} \cdot \text{g}$)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขตการ เติบโต ($\text{J}/\text{g} \cdot \text{h}$) ^a	O : N ratio (atomic)
1	32	0.82	0.08	3.77	0.80	47.46	1.44
2	32	0.33	0.06	0.83	0.50	3.17	3.42
3	32	0.24	0.01	0.73	.79	8.78	4.80
4	32	2.26	0.03	4.86	0.81	52.59	7.67
	เฉลี่ย	0.91	0.047	2.55	0.73	28.00	4.33
5	24	0.22	0.10	1.09	0.87	15.02	1.12
6	24	0.30	0.20	0.79	0.90	5.91	0.83
7	24	0.29	0.19	1.16	0.95	13.74	0.69
8	24	0.60	0.29	1.03	0.44	-8.30	1.00
9	24	0.59	0.08	2.37	0.80	30.24	2.25
	เฉลี่ย	0.40	0.17	1.29	0.79	11.32	1.18
10	16	0.56	0.33	1.35	0.96	7.84	0.70
11	16	0.49	0.17	0.81	0.95	13.74	0.69
13	16	0.34	0.18	0.92	0.99	10.01	0.99
14	16	0.72	0.05	1.70	0.82	19.35	5.93
15	16	0.38	0.08	1.52	0.83	20.37	2.25
	เฉลี่ย	0.50	0.16	1.26	0.91	12.58	2.29

ตารางที่ 6ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของหอยเจาะ
ปะการังชนิด *G. cuneiformis*

ตัวที่	ความ เค็ม (ppt.)	อัตราการ หายใจ (mgO ₂ /g*hr)	อัตราการ ขับถ่าย (μg NH ₄ /g*h)	อัตราการ กรอง (l/h*g)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขตการ เติบโต (J/g*h) ~	O : N ratio (atomic)
1	32	1.46	0.03	2.19	0.80	14.85	5.86
2	32	1.79	0.01	2.15	0.80	12.08	21.53
3	32	0.59	0.01	1.24	0.80	13.78	19.53
4	32	2.73	0.12	2.46	0.56	-35.81	1.64
	เฉลี่ย	1.64	0.04	2.01	0.74	1.23	12.14
5	24	2.63	0.13	2.33	0.52	-39.08	1.54
6	24	1.46	0.12	1.65	0.49	-15.70	1.88
7	24	2.36	0.14	2.05	0.90	-15.48	1.67
8	24	2.33	0.07	2.20	0.99	5.46	3.48
9	24	0.91	0.05	1.46	0.95	15.24	4.57
	เฉลี่ย	1.94	0.10	1.94	0.77	-9.91	2.63
10	16	0.26	0.13	1.31	0.99	15.38	0.43
11	16	0.66	0.16	1.22	0.96	5.45	0.94
12	16	1.61	0.15	2.16	0.94	-4.92	0.97
13	16	2.03	0.16	2.27	0.99	-10.44	1.05
14	16	1.87	0.11	2.44	0.74	-11.64	1.22
	เฉลี่ย	1.29	0.14	1.88	0.92	-1.23	0.92

ตารางที่ 7ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้นต่างๆ
ต่อหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana*

ตัวที่	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตราการ กรอง ($\text{l}/\text{h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขตการ เติบโต ($\text{J}/\text{g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	0	4.54	0.74	6.42	0.89	9.32	3.80
2	0	5.67	0.66	9.90	0.86	83.19	8.98
3	0	5.12	0.47	9.39	0.79	72.10	10.22
4	0	6.12	0.79	9.91	0.80	67.71	10.88
5	0	4.30	0.44	10.07	0.87	103.32	5.97
6	0	6.12	0.76	9.61	0.85	62.45	8.20
7	0	7.40	0.71	12.52	0.84	87.25	8.20
8	0	4.39	0.49	9.90	0.85	74.23	3.75
	เฉลี่ย	5.46	0.63	9.68	0.84	69.95	7.50
9	10	6.05	0.45	10.66	0.67	53.29	12.89
10	10	4.77	0.69	10.20	0.73	69.10	7.18
11	10	7.12	0.49	9.80	0.85	64.67	15.15
12	10	4.73	0.41	9.42	0.74	72.80	12.26
13	10	6.32	0.41	10.43	0.90	88.88	8.46
14	10	4.14	0.42	9.08	0.51	13.13	5.71
15	10	3.93	0.37	8.56	0.88	74.07	4.59
16	10	3.42	0.29	9.45	0.92	135.46	12.52
	เฉลี่ย	5.06	0.44	9.70	0.77	71.43	9.84
17	20	6.70	0.27	8.98	0.76	36.71	13.76
18	20	6.67	0.34	9.42	0.89	52.08	7.03
19	20	7.46	0.50	10.11	0.89	74.99	15.84
20	20	5.00	0.56	9.37	0.87	68.50	5.07
21	20	6.62	0.49	8.79	0.90	48.12	8.35
22	20	5.04	0.16	8.74	0.90	97.15	25.39
23	20	5.95	0.50	10.78	0.81	90.38	11.06
	เฉลี่ย	6.21	0.40	9.46	0.86	66.85	12.36

ตารางที่ 8ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้นต่างๆ
ต่อหอยเจาะปะการังชนิด *S. mytiloides*

ตัวที่	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตราการ กรอง ($\text{l}/\text{h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขตการ เติบโต ($\text{J}/\text{g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	0	0.52	0.06	9.73	0.73	143.30	2.39
2	0	0.87	0.04	9.74	0.87	173.41	7.28
3	0	0.85	0.08	9.63	0.85	158.21	2.67
4	0	1.02	0.02	10.13	0.50	97.58	14.88
5	0	0.73	0.02	9.48	0.79	157.70	23.02
	เฉลี่ย	0.80	0.04	9.74	0.75	146.04	23.02
6	10	0.49	0.02	8.94	0.87	174.08	27.90
7	10	0.87	0.04	9.02	0.87	179.91	4.19
8	10	0.48	0.11	12.41	0.99	186.88	1.52
9	10	0.79	0.08	9.71	0.63	110.96	2.59
10	10	0.69	0.02	9.71	0.99	204.64	18.83
11	10	1.05	0.02	12.52	0.63	202.84	25.11
	เฉลี่ย	0.73	0.05	9.60	0.89	179.55	13.36
12	20	0.47	0.02	8.94	0.33	60.17	28.70
13	20	0.21	0.02	9.02	0.88	175.42	9.30
14	20	6.23	0.01	12.41	0.44	12.13	11.96
15	20	1.01	0.01	9.71	0.99	202.03	25.11
16	20	0.91	0.01	9.71	0.99	204.52	30.69
	เฉลี่ย	1.77	0.01	9.96	0.73	130.85	21.15

ตารางที่ 9ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ความเข้มข้นต่างๆ
ต่อหอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis*

ตัวที่	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตราการ กรอง ($\text{l}/\text{h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิ ภาพการ ดูดซึม	ขอบเขต การเติบโต ($\text{J}/\text{g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	0	0.02	0.44	4.89	0.99	-378.85	0.001
2	0	0.06	0.29	4.23	0.98	-68.02	0.02
3	0	0.03	0.23	4.56	0.99	-75.82	0.01
4	0	0.12	0.24	3.74	0.95	-4.41	0.07
5	0	0.06	0.23	4.42	0.54	-104.38	0.02
	เฉลี่ย	0.06	0.29	4.37	0.89	-126.30	0.02
6	10	0.08	0.29	4.56	0.89	-133.94	0.02
7	10	0.02	0.30	5.11	0.95	-294.17	0.003
8	10	0.02	0.28	4.76	0.89	-172.15	0.003
9	10	0.05	0.21	4.31	0.81	-45.61	0.02
10	10	0.05	0.25	4.68	0.95	-113.41	0.01
	เฉลี่ย	0.04	0.26	4.68	0.90	-151.85	0.01
11	20	0.5	0.21	4.70	0.70	-114.44	0.01
12	20	0.04	0.27	4.24	0.76	-81.56	0.01
13	20	0.08	0.27	3.95	0.78	-46.42	0.03
	เฉลี่ย	0.06	0.25	4.30	0.75	-80.81	0.02

ตารางที่ 10ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อผลรวมของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเข้มข้นสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ ของหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana*

ตัว ที่	ความ เค็ม (ppt.)	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตราการ กรอง ($\text{l/h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิภาพ การดูดซึม	ขอบเขต การเติบโต ($\text{J/g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	32	0	0.48	0.47	11.53	0.75	167.77	0.37
2	32	0	0.60	0.12	11.34	0.90	218.93	2.37
3	32	0	1.27	0.34	11.11	0.81	176.91	2.07
4	32	0	0.50	0.27	10.55	0.87	196.79	1.83
5	32	0	0.90	0.30	11.34	0.73	164.49	1.31
6	32	0	0.08	0.30	11.17	0.76	180.55	0.14
7	32	0	0.97	0.36	10.97	0.78	171.14	1.69
		เฉลี่ย	0.67	0.31	11.14	0.80	182.37	1.40
8	24	0	0.21	0.10	10.46	0.71	164.47	2.35
9	24	0	0.28	0.09	10.77	0.72	170.08	2.82
10	24	0	0.82	0.56	10.73	0.71	148.57	1.15
11	24	0	0.69	0.65	10.56	0.84	180.82	0.99
12	24	0	0.79	0.42	10.77	0.78	168.98	1.45
13	24	0	0.61	0.42	10.76	0.69	150.14	1.15
14	24	0	0.70	0.37	10.99	0.79	177.94	1.16
15	24	0	1.32	0.48	10.97	0.88	187.08	1.71
		เฉลี่ย	0.68	0.39	10.75	0.77	168.51	1.60
16	16	0	0.91	0.68	10.46	0.79	162.28	1.38
17	16	0	0.48	0.50	10.14	0.76	162.39	1.38
18	16	0	0.79	0.83	10.42	0.83	170.54	1.02
19	16	0	0.33	0.15	10.45	0.70	158.59	2.50
20	16	0	0.98	0.22	11.06	0.80	180.99	2.62
21	16	0	0.53	0.12	11.06	0.85	202.58	2.84
22	16	0	0.59	0.16	11.04	0.51	114.22	2.25
		เฉลี่ย	0.66	0.38	10.66	0.75	164.51	2.00
23	32	10	0.96	0.38	4.87	0.97	81.40	1.33
24	32	10	0.43	0.29	13.53	0.85	248.81	1.59
25	32	10	0.92	0.31	6.34	0.92	111.84	2.27

26	32	10	0.89	0.22	14.09	0.93	280.40	3.18
27	32	10	0.90	0.44	13.84	0.98	276.08	0.86
28	32	10	1.37	0.23	8.98	0.70	114.03	2.62
		เฉลี่ย	0.91	0.31	10.27	0.89	185.43	1.98
29	24	10	0.27	0.36	4.85	0.86	84.98	0.79
30	24	10	1.81	0.19	7.41	0.87	116.43	6.20
31	24	10	2.72	0.32	6.34	0.85	76.76	6.48
32	24	10	2.08	0.28	6.18	0.43	25.23	6.00
33	24	10	1.35	0.19	9.90	0.86	167.54	3.92
		เฉลี่ย	1.65	0.27	6.94	0.78	94.19	4.68
34	16	10	4.67	0.24	8.51	0.82	85.16	11.47
35	16	10	5.72	0.17	4.67	0.99	20.75	37.87
36	16	10	3.93	0.24	9.01	0.94	128.83	9.83
37	16	10	4.72	0.21	6.60	0.90	62.40	13.41
38	16	10	2.35	0.63	8.03	0.88	108.12	2.15
		เฉลี่ย	4.28	0.30	7.36	0.91	81.05	14.95
39	32	20	0.09	0.24	4.90	0.90	101.73	0.22
40	32	20	0.32	0.40	6.75	0.99	139.01	0.86
41	32	20	1.63	0.15	8.06	0.99	155.07	9.25
42	32	20	1.03	0.24	9.22	0.93	174.13	2.69
43	32	20	3.26	0.24	4.74	0.93	46.74	7.47
		เฉลี่ย	1.27	0.26	6.73	0.97	123.33	4.10
44	24	20	1.49	0.43	6.14	0.98	105.89	2.71
45	24	20	0.98	0.44	4.85	0.58	42.84	2.36
46	24	20	0.80	0.49	5.31	0.97	96.81	1.55
47	24	20	1.45	0.51	5.08	0.98	82.73	2.67
48	24	20	2.03	0.38	10.31	0.71	118.21	1.92
		เฉลี่ย	1.35	0.45	6.34	0.84	89.30	2.24
49	16	20	0.41	0.31	4.34	0.97	85.42	1.44
50	16	20	3.22	0.30	4.07	0.71	16.08	15.62
51	16	20	0.72	0.55	5.21	0.89	83.42	1.03
52	16	20	5.21	0.30	5.08	0.99	34.63	16.81
53	16	20	3.05	0.18	9.76	0.96	165.02	9.61
54	16	20	4.58	0.19	7.06	0.55	18.46	16.89
		เฉลี่ย	2.86	0.30	5.92	0.85	67.17	10.23

ตารางที่ 11ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อผลรวมของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเข้มข้นสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ ของหอยเจาะปะการังชนิด *S. mytiloides*

ตัวที่	ความเค็ม (ppt.)	ความเข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการหายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการขับถ่าย ($\mu\text{g NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตราการกรอง ($\text{l/h}\cdot\text{g}$)	ประสิทธิภาพการดูดซึม	ขอบเขตการเติบโต ($\text{J/g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	32	0	0.82	0.08	3.77	0.81	47.46	1.44
2	32	0	0.33	0.06	0.83	0.50	3.17	3.42
3	32	0	0.24	0.01	0.73	0.79	8.78	4.80
4	32	0	2.26	0.03	4.86	0.81	52.59	7.67
		เจือย	0.91	0.05	2.55	0.73	28.00	4.33
5	24	0	0.22	0.10	1.09	0.88	15.02	1.12
6	24	0	0.30	0.20	0.79	0.90	5.91	0.83
7	24	0	0.29	0.29	1.16	0.95	13.74	0.69
8	24	0	0.60	0.29	1.03	0.44	-8.30	1.00
9	24	0	0.59	0.08	2.37	0.80	30.24	2.25
		เจือย	0.40	0.17	1.29	0.20	14.07	1.18
11	16	0	0.56	0.33	1.35	0.96	7.84	0.70
12	16	0	0.49	0.17	0.81	0.95	5.33	1.58
13	16	0	0.34	0.18	0.92	0.99	10.01	0.99
14	16	0	0.72	0.05	1.70	0.82	19.35	5.93
15	16	0	0.39	0.08	1.52	0.83	20.37	2.25
		เจือย	0.50	0.16	1.26	0.91	12.58	2.29
16	32	10	0.57	0.24	0.92	0.84	5.48	2.54
17	32	10	0.58	0.12	1.051	1.34	34.31	3.00
18	32	10	0.75	0.09	1.08	0.84	8.63	9.79
19	32	10	0.41	0.21	0.94	0.80	4.68	1.05
		เจือย	0.58	0.16	1.26	0.91	13.28	4.10
20	24	10	0.67	0.12	1.18	0.85	8.62	2.45
21	24	10	0.80	0.06	1.00	0.88	6.87	7.37
22	24	10	1.17	0.03	1.42	0.54	0.04	22.16
		เจือย	0.88	0.07	1.20	0.76	5.18	10.67
23	16	10	0.08	0.14	1.58	0.92	23.50	0.16
24	16	10	0.50	0.68	0.88	0.87	-10.35	0.41

25	16	10	0.78	0.07	1.57	0.75	12.15	3.95
26	16	10	0.48	0.09	1.45	0.66	10.40	1.85
		เฉลี่ย	0.46	0.25	1.37	0.80	8.92	1.59
28	32	20	1.47	0.08	1.81	0.80	6.70	4.69
29	32	20	0.52	0.14	1.00	0.75	5.25	2.03
30	32	20	0.60	0.10	1.14	0.74	7.17	2.82
31	32	20	0.70	0.16	1.14	0.69	1.88	1.97
		เฉลี่ย	0.82	0.12	1.27	0.75	5.25	2.88
32	24	20	0.86	0.04	1.59	0.71	11.50	7.67
33	24	20	0.65	0.10	1.08	0.76	6.19	3.45
34	24	20	0.55	0.70	0.91	0.67	4.25	5.23
35	24	20	0.55	0.60	0.92	0.71	5.54	6.81
		เฉลี่ย	0.66	0.07	1.12	0.71	6.87	5.79
36	16	20	0.32	0.07	0.81	0.45	2.07	3.36
37	16	20	0.11	0.14	1.20	0.87	16.90	0.34
38	16	20	0.30	0.20	1.32	0.84	12.31	0.57
		เฉลี่ย	0.24	0.13	1.11	0.72	10.43	1.43

ตารางที่ 12ก ค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อผลร่วมของการเปลี่ยนแปลงความเค็มและความเข้มข้นสารละลาย Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ ของหอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis*

ตัว ที่	ความ เค็ม (ppt.)	ความ เข้มข้น Cu_2SO_4 (μmol)	อัตราการ หายใจ ($\text{mgO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)	อัตราการ ขับถ่าย (μg $\text{NH}_4/\text{g}\cdot\text{h}$)	อัตรา การกรอง ($\text{l/h}\cdot\text{g}$)	ประ สิทธิภาพ การดูด ซึม	ขอบเขต การเติบโต ($\text{J/g}\cdot\text{h}$)	O : N ratio (atomic)
1	32	0	1.46	0.03	2.19	0.80	14.85	5.86
2	32	0	1.79	0.01	2.14	0.80	12.08	21.53
3	32	0	0.59	0.01	1.24	0.80	13.78	19.53
4	32	0	2.73	0.12	2.46	0.56	-35.81	1.64
		เจือย	1.64	0.04	2.01	0.74	1.23	12.14
5	24	0	2.63	0.13	2.33	0.52	-39.08	1.54
6	24	0	1.46	0.12	1.65	0.49	-15.70	1.88
7	24	0	2.36	0.14	2.05	0.90	-15.48	1.67
8	24	0	2.33	0.07	2.20	0.99	5.46	3.48
9	24	0	0.91	0.05	1.46	0.95	15.24	4.57
		เจือย	1.94	0.10	1.94	0.77	-9.91	2.63
10	16	0	0.26	0.13	1.31	0.99	15.38	0.43
11	16	0	0.66	0.16	1.22	0.96	5.45	0.94
12	16	0	1.61	0.15	2.16	0.94	-4.92	0.97
13	16	0	2.03	0.16	2.27	0.99	-10.44	1.05
14	16	0	1.87	0.11	2.44	0.74	-11.64	1.22
		เจือย	1.29	0.14	1.88	0.92	-1.23	0.92
15	32	10	0.15	0.12	1.57	0.77	-19.55	0.06
16	32	10	0.45	0.22	0.37	0.99	-24.64	0.29
		เจือย	0.30	0.17	0.97	0.88	-22.10	0.17
17	24	10	0.26	0.21	0.63	0.90	-22.22	0.14
18	24	10	0.41	0.25	0.58	0.71	-39.65	0.16
19	24	10	0.13	0.10	1.45	0.99	-17.35	0.05
		เจือย	0.27	0.19	0.89	0.87	-26.41	0.12
20	16	10	0.64	0.15	0.12	0.93	-21.15	0.74
21	16	10	0.12	0.10	1.97	-7.51	275.22	0.03
22	16	10	1.57	0.20	0.41	-0.68	-26.59	2.51
		เจือย	0.78	0.15	0.83	-2.42	75.83	1.09

23	32	20	1.10	0.38	0.31	0.82	-32.61	0.82
24	32	20	0.27	0.08	1.12	0.86	-0.20	0.25
25	32	20	0.34	0.11	0.76	0.90	-8.02	0.31
		เฉลี่ย	0.38	0.17	0.99	-1.73	44.48	0.19
26	24	20	0.26	0.13	0.87	0.78	-21.84	0.13
25	24	20	0.15	0.20	1.34	0.94	-35.18	0.04
26	24	20	0.65	0.24	0.42	0.79	-15.99	0.77
		เฉลี่ย	0.35	0.19	0.88	0.84	-24.34	0.32
27	16	20	0.52	0.27	0.52	0.83	-36.43	0.23
28	16	20	0.25	0.10	1.40	-6.91	185.13	0.13
29	16	20	0.37	0.14	1.05	0.90	-15.26	0.20
		เฉลี่ย	0.38	0.17	0.99	-1.73	44.48	0.19

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า BCI ในหอยเจาะปะการังชนิด *L. malaccana*

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	2081.666	1	2081.666	42.590	0.000
RESIDUAL	2834.831	58	48.876		

ตารางที่ 2ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า BCI ในหอยเจาะปะการังชนิด *S. mytiloides*

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	31.556	1	31.556	0.576	0.452
RESIDUAL	2518.401	46	54.748		

ตารางที่ 3ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า BCI ในหอยเจาะปะการังชนิด *G. cuneiformis*

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	6187.809	1	6187.809	40.733	0.000
RESIDUAL	7284.602	48	151.763		

ตารางที่ 4ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *L. malaccana* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	1115.740	1	1115.740	2.779	0.1111
RESIDUAL	8030.142	20	401.507		

ตารางที่ 5ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *S. mytiloides* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	482.327	1	482.327	1.805	0.204
RESIDUAL	3206.083	12	267.174		

ตารางที่ 6ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *G. cuneiformis* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	6.203	1	6.203	0.017	0.899
RESIDUAL	4458.860	12	371.572		

ตารางที่ 7ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *L. malaccana* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	1.263	1	1.263	2.388	0.138
RESIDUAL	10.576	20	0.529		

ตารางที่ 8ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *S. mytiloides* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	7.801	1	7.801	1.714	0.215
RESIDUAL	54.625	12	4.552		

ตารางที่ 9ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *G. cuneiformis* ที่ความเค็มต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	265.334	1	265.334	9.131	0.011
RESIDUAL	348.707	12	29.059		

ตารางที่ 10ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *L. malaccana* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	32.732	1	32.732	0.041	0.841
RESIDUAL	16607.332	21	790.825		

ตารางที่ 11ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *S. mytiloides* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	576.764	1	576.764	0.174	0.683
RESIDUAL	46307.916	14	3307.708		

ตารางที่ 12ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *G. cuneiformis* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	2468.808	1	2468.808	0.212	0.54
RESIDUAL	128129.590	11	11648.145		

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *L. malaccana* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	88.073	1	88.073	4.208	0.053
RESIDUAL	439.570	21	20.932		

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *S. mytiloides* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	308.291	1	308.291	2.998	0.105
RESIDUAL	1439.685	14	102.835		

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า O : N Ratio ในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *G. cuneiformis* ที่ความเข้มข้นของสารละลาย Cu_2SO_4 ต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	0.000	1	0.000	0.253	0.625
RESIDUAL	0.004	11	0.000		

ตารางที่ 16ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *L. malaccana* ที่ผลรวมของความเค็มและความเข้มข้นของสารละลาย
 Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	94101.958	1	94101.958	43.781	0.00
RESIDUAL	111767.694	52	2149.379		

ตารางที่ 17ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *S. mytiloides* ที่ผลรวมของความเค็มและความเข้มข้นของสารละลาย
 Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	614.641	1	614.641	3.994	0.054
RESIDUAL	5232.477	34	153.896		

ตารางที่ 18ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าขอบเขตการเติบโตในหอยเจาะปะการัง
ชนิด *G. cuneiformis* ที่ผลรวมของความเค็มและความเข้มข้นของสารละลาย
 Cu_2SO_4 ที่ระดับต่าง ๆ

ANALYSIS OF VARIANCE					
SOURCE	SUM-OF-SQUARE	DF	MEAN-QUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	6759.776	1	6759.776	1.677	0.206
RESIDUAL	116909.341	29	4031.357		

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำตัวอย่าง (Strickland and Parson, 1972)

วัดได้ในช่วงความเข้มข้น 0.1–10 µg/l (ppm)

หลักการ

น้ำทะเลจะถูกตรึงใน Alkaline citrate medium ด้วย Sodium hypochlorite และ Phenol ให้อยู่ในรูปของ Sodium nitroprusside จะได้เป็นสารละลายสีฟ้า (indophenol formed)

อุปกรณ์

Flask 125 มิลลิลิตร 3 ชุด

น้ำกลั่น

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลโดยใช้ขวดแก้วหรือ Polyethylene และควรวิเคราะห์ภายใน 1–2 ชั่วโมง ถ้าจะเก็บไว้นานกว่านี้ควรแช่เย็นไว้แต่ไม่ควรเก็บไว้หลายวัน

Reagent

1. De-ionized water

นำน้ำกลั่นมาไล่แอมโมเนียออกโดยผ่านในคอลัมน์ที่บรรจุเรซิน (cation exchange resin) ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1–2 เซนติเมตร

2. Phenol solution

ละลาย ผง Crystalline analytical reagent grade phenol 20 กรัม ใน Ethyl alcohol 95% V/V 200 มิลลิลิตร

3. Sodium nitroprusside solution

ละลาย Sodium nitroprusside ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 1.0 กรัมในน้ำกลั่น De-ionized 200 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา (สามารถเก็บไว้ได้นาน 1 เดือน)

4. Alkaline reagent

ละลาย Sodium citrate 100 กรัม และ Sodium hydroxide (Al grade) 5 กรัม ในน้ำกลั่น De-ionized 500 มิลลิลิตร

* ใช้ได้ตลอด

5. Sodium hypochlorite solution

- นำทุกตัวอย่างไปวิเคราะห์ตามวิธี ข้อ 1-3
- คำนวณค่าที่แท้จริงจากค่า F

$$F = \frac{3.0}{Es - Eb}$$

เมื่อ Es = ค่าเฉลี่ยที่ได้จาก standard

Eb = ค่าเฉลี่ยที่ได้จาก blanks

ค่า F ที่ถูกต้อง ต้องได้ใกล้เคียงกับ 4.5

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปิยวรรณ ไหมละเอียด เกิดวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2514 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปี พ.ศ. 2536 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทบัณฑิตที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537