

ผลของการกร่อนเชิงชีวภาพโดยเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* (Leske, 1778)

บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834)

นายนิติ วงศ์เทพวานิชย์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF BIOEROSION BY SEA URCHIN *Diadema setosum* (Leske, 1778)
ON STAGHORN CORAL *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834)

Mr. Niti Wongthepwanit



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการกร่อนเชิงชีวภาพโดยเม่นทะเลหนามดำ
Diadema setosum (Leske, 1778) บนปะการังเขากวาง
Acropora millepora (Ehrenberg, 1834)

โดย

นายนิติ วงศ์เทพวานิชย์

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ ทารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(คุณ นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ)

นิติ วงศ์เทพวานิชย์ : ผลของการกร่อนเชิงชีวภาพโดยเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* (Leske, 1778) บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) (EFFECT OF BIOEROSION BY SEA URCHIN *Diadema setosum* (Leske, 1778) ON STAGHORN CORAL *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834)) อ.ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. สุชนา ขวณิชย์, 41 หน้า.

การเสื่อมโทรมของปะการังในธรรมชาติมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการกร่อนเชิงชีวภาพของสิ่งมีชีวิต เช่น เม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* (Leske, 1778) การศึกษานี้ ทำการสำรวจความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำบริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี และศึกษาพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) ทั้งในเชิงปริมาณเชิงพื้นที่และหินปูน โดยเปรียบเทียบการครูดกินปะการังเขากวางจากการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่าย *Cladophora* sp. รวมถึงศึกษาความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังภายหลังการถูกครูดกินโดยเม่นทะเลหนามดำ ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำสูงสุดบริเวณแนวปะการังเกาะเตาหม้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ประมาณ 11 ตัวต่อตารางเมตร ขณะที่อัตราการครูดกินปะการังของเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว ในการทดลองที่ไม่มีสาหร่ายประมาณ 1.59 ตารางเซนติเมตรต่อวัน และ 0.20 กรัมต่อวัน ในเชิงพื้นที่และปริมาณหินปูน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการทดลองที่มีสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ขนาดและความหนาแน่นของเม่นทะเลหนามดำมีผลต่ออัตราการครูดกินปะการังของเม่นทะเลหนามดำเช่นกัน ทั้งนี้ หลังจากนำปะการังที่ถูกครูดกินมาทำการฟื้นตัวเป็นเวลา 14 วัน พบว่าปะการังทั้งหมดที่มีความเสียหายในทุกระดับสามารถฟื้นตัวได้ทั้งหมดเมื่อนำไปฟื้นตัวในทะเลธรรมชาติ แต่เฉพาะปะการังที่มีพื้นที่ความเสียหายต่ำกว่า 30% เท่านั้น ที่สามารถฟื้นตัวเมื่อนำไปฟื้นตัวในระบบเพาะเลี้ยงบนบก

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2557

5472004123 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: BIOEROSION; SEA URCHIN; STAGHORN CORAL; ALGAE; RECOVERY

NITI WONGTHEPWANIT: EFFECT OF BIOEROSION BY SEA URCHIN *Diadema setosum* (Leske, 1778) ON STAGHORN CORAL *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834). ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SUCHANA CHAVANICH, 41 pp.

Sea urchin is one of the bioeroders that can have an influence on bioerosive processes in reefs. In this study, the bioerosion on a staghorn coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) by the sea urchin *Diadema setosum* (Leske, 1778) was investigated. Both field surveys and experiments were conducted. From the field surveys at Chon Buri Province in the upper Gulf of Thailand, the highest abundance of sea urchins (approximately 11 individuals m⁻²) was found at Ko Tao Mo. In addition, two experiments were conducted to investigate the interaction between sea urchins and corals and the interaction between sea urchin, corals, and algae *Cladophora* sp. The results of the interaction experiment without algae showed that bioerosion rate of one sea urchin was approximately 0.20 g day⁻¹ and 1.59 cm⁻² day⁻¹ in term of CaCO₃ and area respectively. The bioerion rate in the experiment without algae was higher than that of with algae. However, there were some correlation between the densities of sea urchins, sizes of sea urchins, and the bioerosion rates. After 14 days of the experiment, if the damage by the sea urchins was less than 30% of the coral colony area, and the corals were placed in the hatchery for recovery, those corals could recover and survive 100%. On the other hand, if the corals were placed in the natural reefs for recovery, those corals could recover and survive in all damage conditions by urchins.

Department: Marine Science

Student's Signature

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยกาญจน์ ผู้คอยให้คำแนะนำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ สำหรับการทําวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ คุณนิพนธ์ พงศ์สุวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการตรวจแก้รูปเล่ม ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) และหน่วยสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ ในการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ ตลอดจนการดูแลความปลอดภัยขณะดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการ อพ.สธ. และเจ้าหน้าที่กองทัพเรือทุกท่าน ที่ช่วยให้การดำเนินในภาคสนามสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ในการสนับสนุนทุนวิจัย และทุนเพื่อนำไปเสนอผลงานที่ประเทศอิสราเอล

ขอขอบคุณ คุณปฐมพร เกื้อนุ้ย คุณเสธ้ ทรงพลอย คุณทิพวิมล รัตนวงวาล คุณวิภาดา ลลิตภัทรกิต คุณนเรนฤทธิ์ ชื่นพิก คุณณัฐธิดา จันทรศิริ คุณอิสรา ศรีสุข คุณจันทร์จิรา คำดีเงิน และสมาชิกในกลุ่มวิจัยปะการังทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนำมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยอบรมสั่งสอน และเป็นแรงผลักดันสำคัญทำให้งานทุกอย่างสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
บทที่ 2 สํารวจเอกสาร.....	3
2.1 ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของเม่นทะเล <i>Diadema</i>	3
2.2 ผลของเม่นทะเล <i>Diadema</i> ต่อสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง.....	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	7
3.1 สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการศึกษา.....	7
3.1.1 เม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i>	7
3.1.2 ปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i>	8
3.1.3 สาหร่าย <i>Cladophora</i> sp.....	8
3.2 พื้นที่ศึกษา.....	9
3.3 การศึกษาและขั้นตอนการศึกษา.....	10
3.3.1 ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> และสัดส่วน การครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง.....	10
3.3.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> ใน ธรรมชาติ.....	11

3.3.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO ₃) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ	11
3.3.2.2 การลดลงของปริมาณอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ.....	12
3.3.3 พฤติกรรมการครูดกินปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ของเม่นทะเล หนามดำ <i>Diadema setosum</i> ในห้องปฏิบัติการ.....	13
3.3.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ภายหลัง การครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i>	14
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	16
4.1 ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> และสัดส่วนการ ครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง	16
4.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> ในธรรมชาติ	18
4.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO ₃) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ.....	18
4.2.2 การลดลงของปริมาณอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ	19
4.3 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บนปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ในห้องปฏิบัติการ.....	20
4.3.1 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังในการทดลองที่ไม่มี สาหร่าย	20
4.3.2 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังในการทดลองที่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp.	22
4.3.3 ความแตกต่างของพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการัง ในการ ทดลองที่มีและไม่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp.	24
4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการังภายหลังการครูดกิน ของเม่น ทะเลหนามดำ	26
4.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังการ ครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i>	27
บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย	29

5.1. ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> และสัดส่วนการ ครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง	29
5.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> ในธรรมชาติ	30
5.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลเลหนามดำ	30
5.2.2 การลดลงของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลเลหนามดำ	30
5.3 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บนปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i>	31
5.3.1 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำบนปะการัง ในการทดลองที่มี และไม่มี มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp.	31
5.3.2 ความแตกต่างของพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำบนปะการัง ในการ ทดลองที่มีและไม่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp	32
5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการังภายหลังการครูดกิน ของเม่น ทะเลเลหนามดำ	33
5.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังการ ครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i>	34
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	35
รายการอ้างอิง	37
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	41

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 อัตราการครูดกินบนปะการังของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแนวปะการัง..... 33



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การกักร่อนจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายในและภายนอกโครงสร้างปะการัง โดยการกักร่อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ภายใน ได้แก่ A) สาหร่าย รา และแบคทีเรีย; การกักร่อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ที่อยู่ภายใน ได้แก่ B) ฟองน้ำ; C) หอย 2 ผา; D) เพรียง; E) หนอนท่อ; F) ไส้เดือนทะเล; และ การกักร่อนจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายนอก ได้แก่ G) ปลานกแก้ว; H) ปลาปักเป้า; I) ปูเสฉวน; J) หอยหมวกเจ๊ก; K) เม่นทะเล; และ L) หอย 8 เกล็ด	5
รูปที่ 3.1	เม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บริเวณแนวปะการัง เกาะเตาหม้อ จังหวัดชลบุรี (A) และ ขณะเตรียมการทดลองในตู้กระจก (B).....	7
รูปที่ 3.2	ปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> บริเวณแนวปะการัง เกาะเตาหม้อ จังหวัดชลบุรี (A) และ ชิ้นส่วนของปะการังดังกล่าวที่นำมายึดติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานในการทดลอง (B)	8
รูปที่ 3.3	สาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. ที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ (A) และ ที่ติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานในการทดลอง (B)	9
รูปที่ 3.4	พื้นที่ศึกษาบริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ได้แก่ เกาะคราม (A), เกาะเตาหม้อ (B), เกาะแสมสาร (C), เกาะจาน (D) และ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังแสมสาร (E).....	10
รูปที่ 3.5	การศึกษาความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> และ ศึกษาสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการังบนแนวสำรวจที่พาดผ่านแนวปะการัง.....	11
รูปที่ 3.6	กระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i>	12
รูปที่ 3.7	การศึกษาพฤติกรรมการครูดกินปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> โดยการทดลองที่ 1: การทดลองที่ไม่มีสาหร่าย (A) และ การทดลองที่ 2: การทดลองที่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. (B).....	14
รูปที่ 3.8	การศึกษาการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังจากการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> โดยทำการปักฟื้นในธรรมชาติ (A) และ ปักฟื้นในโรงเพาะปักปะการัง (B).....	15
รูปที่ 4.1	ความหนาแน่นโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของประชากรเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บริเวณแนวปะการัง หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ($n = 3$).....	16

รูปที่ 4.2	สัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง บริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี	17
รูปที่ 4.3	ปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ในกระเพาะอาหารของประชากรเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บริเวณแนวปะการังเกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ($n = 30$)	18
รูปที่ 4.4	การลดลงโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บริเวณแนวปะการังเกาะเตาหม้อ จังหวัดชลบุรี ($n = 5$).....	19
รูปที่ 4.5	อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บนปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> จำแนกตามขนาดและความหนาแน่น ในชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. ($n = 5$).....	21
รูปที่ 4.6	อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บนปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> จำแนกตามขนาดและความหนาแน่น ในชุดการทดลองที่มีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. ($n = 5$) .	23
รูปที่ 4.7	อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> บนปะการังเขากวาง <i>Acropora millepora</i> ที่ไม่มีและมีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. ($n = 90$)	25
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการัง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> ($n = 475$)	26
รูปที่ 4.9	อัตราการรอดของชิ้นส่วนปะการัง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> ของชุดการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่าย <i>Cladophora</i> sp. ภายหลังการพักฟื้นเป็นระยะเวลา 14 วัน ทั้งในธรรมชาติ และในโรงเพาะฟักปะการัง	27
รูปที่ 4.10	การฟื้นตัวของปะการัง <i>Acropora millepora</i> ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> โดยที่ A: ปะการังที่มีความเสียหายเชิงพื้นที่ประมาณ 80% และ B: ภายหลังการพักฟื้นเป็นระยะเวลา 14 วัน ในทะเลธรรมชาติ	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปะการังเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พบได้ทั่วไปตามแนวชายฝั่งทะเลเขตร้อน โดยแนวปะการังมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล เช่น เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งหลบซ่อนศัตรู และเป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตในทะเล ทำให้ระบบนิเวศในแนวปะการังมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน พบความเสื่อมโทรมของแนวปะการังเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การกระทำของมนุษย์ เช่น การท่องเที่ยว การใช้ทรัพยากรแบบไร้ขีดจำกัด มลพิษทางทะเล เช่น สภาวะของการขาดออกซิเจนในทะเล และการกัดกร่อนของสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น หอย 2 ฝา หนอนท่อ ดาวมงกุฎหนาม ปลานกแก้ว และเม่นทะเลหนามดำ เป็นต้น

เม่นทะเล (sea urchin) เป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง พบได้ทั่วไปตามแนวปะการัง มีลักษณะการกินอาหารแบบการครูดกิน โดยทั่วไปบทบาทสำคัญในแนวปะการังของเม่นทะเล ได้แก่ การครูดกินสาหร่ายในแนวปะการัง อันเป็นการลดจำนวนของสาหร่ายที่ปกคลุมปะการัง พร้อมกับการช่วยเพิ่มพื้นที่ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในเวลาเดียวกัน ขณะเดียวกัน เม่นทะเลยังเป็นศัตรูของปะการังเช่นกัน เนื่องจากการที่อาหารส่วนใหญ่ที่พบในกระเพาะของเม่นทะเล คือ หินปูน (CaCO_3) ซึ่งหินปูนบางส่วนที่พบมาจากโครงสร้างของปะการัง ซึ่งแสดงว่า มีการครูดกินอาหารของเม่นทะเลบนปะการังด้วย ทั้งนี้ การครูดกินอาหารของเม่นทะเลส่งผลต่อการเติบโตของปะการัง ทั้งที่เป็นวัยอ่อนและวัยเจริญพันธุ์

จากการสำรวจแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี พบเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* จำนวนมาก พร้อมทั้งพบการครูดกินอาหารของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังต่างๆ รวมถึง ปะการังเขากวาง *Acropora millepora* เช่นกัน การศึกษาครั้งนี้จึงทำการสำรวจเพื่อศึกษาจำนวนประชากรของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในธรรมชาติ และสำรวจสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง ในบริเวณดังกล่าว อีกทั้งศึกษาปริมาณของหินปูนในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ รวมถึงศึกษาพฤติกรรมการครูดกินอาหารของเม่นทะเลหนามดำ ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณหินปูนต่อเวลา โดยเปรียบเทียบการครูดกินปะการัง *Acropora millepora*

ในชุดการทดลองที่มีและไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. และศึกษาความสามารถในการฟื้นตัวของปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังการถูกเม่นทะเลหนามดำครูดกิน

1.2 วัตถุประสงค์

จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำการศึกษาจำนวนประชากรเม่นทะเล และศึกษาปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* อีกทั้งสำรวจสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง บริเวณแนวปะการัง หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวมถึง ศึกษาอัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการัง *Acropora millepora* ในชุดการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่าย *Cladophora* sp. อีกทั้ง ศึกษาความสามารถในการฟื้นตัวของปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่นำไปใช้ในการจัดการทรัพยากรปะการังและเม่นทะเลให้มีความเหมาะสมในแนวปะการังธรรมชาติ

บทที่ 2

สำรวจเอกสาร

2.1 ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของเม่นทะเล *Diadema*

เม่นทะเล *Diadema* เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในไฟลัม Echinodermata ชั้น Echinoidea ลำดับ Diadematoidea วงศ์ Diadematidae อาศัยอยู่บริเวณน้ำขึ้นน้ำลง จนถึงบริเวณทะเลลึก ลำตัวและหนามมีสีดำ โดยมีหนามยาวและคมอยู่บริเวณรอบลำตัว ยกเว้นบริเวณปากซึ่งอยู่ด้านใต้ของลำตัว (Coppard and Campbell, 2005) สำหรับเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในน่านน้ำไทยพบกระจายทั่วไปทั้งบริเวณฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน (Sangmanee et al., 2012) เม่นชนิดนี้ บางตัวมีหนามสีขาวสลับดำ และรอบลำตัวปรากฏจุดสีขาว 5 จุด รวมถึงพบวงกลมสีส้มบริเวณรอบอวัยวะขับถ่ายของเสียด้วย (Lawrence, 2013)

เม่นทะเล *Diadema* มีอัตราการเติบโตประมาณ 0.5 เซนติเมตรต่อเดือนในช่วงแรก จากนั้นจึงมีอัตราการเติบโตประมาณ 0.1–0.2 เซนติเมตรต่อเดือน ภายหลังจากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6.0 เซนติเมตร เม่นทะเลที่อยู่ในระยะพร้อมสืบพันธุ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.0–6.0 เซนติเมตร ซึ่งอาจปล่อยเซลล์สืบพันธุ์พร้อมกัน หรือปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางกายภาพอย่างรวดเร็ว ได้แก่ ความเค็ม และ อุณหภูมิ เป็นต้น (Lewis, 1966)

พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม่นทะเล *Diadema* อาจเกิดจากได้รับการกระตุ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง โดยในเวลากลางวันเม่นจะมีการกระจายตัวตามลำตัว เพื่อปกปิดบริเวณระบบประสาทที่มีความไวต่อแสง ส่งผลให้เม่นทะเลเคลื่อนที่เข้าหาแสงเพื่อหาอาหาร ขณะที่เวลากลางคืน เม่นสีดังกล่าวลดลง ส่งผลให้ระบบประสาทสามารถรับรู้แสงไวขึ้น เม่นจึงเคลื่อนที่หนีแสงเพื่อหาที่หลบภัย (Millott, 1954) สำหรับพฤติกรรมการกินอาหารของเม่นทะเล จัดเป็นแบบการครูดกิน โดยมีสาหร่ายเป็นอาหารหลัก (Lewis, 1964; Randall et al., 1964; Ogden and Lobel, 1978) ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายโดยทั่วไปขึ้นปกคลุมบริเวณบนโขดหินหรือซากปะการัง ส่งผลให้ขณะที่เม่นทะเลครูดกินสาหร่ายนั้น มีการครูดกินหินปูนบนโขดหินหรือปะการังด้วยเช่นกัน โดยพบปริมาณหินปูนประมาณ 90% ของอาหารในกระเพาะของเม่นทะเล (Carreiro-Silva and McClanahan,

2001) อนึ่ง การเพิ่มขึ้นของตะกอนหินปูนในแนวปะการังที่เกิดจากเม่นทะเล อันเป็นผลมาจากที่ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเล 10 ตัวต่อตารางเมตร สามารถผลิตตะกอนหินปูนได้มากกว่า 5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี (Ogden, 1977; Stearn et al., 1977)

ศัตรูของเม่นทะเล *Diadema* ได้แก่ สัตว์กลุ่มปลา เช่น ปลากระพงแสม (Haemulidae) ปลาคางคก (Batrachoididae) ปลานกขุนทอง (Labridae) เป็นต้น ปลาเหล่านี้มีพฤติกรรมการกินเม่นทะเลโดยการกัดหนามของเม่นทะเลให้สั้นลง แล้วจึงกินตัวเม่นทะเล (Hoffman and Robertson, 1983) นอกจากนี้ ในกระเพาะของปลาวัว *Balistes vetula* พบเม่นทะเลเป็นอาหารถึง 73% ของอาหารทั้งหมดด้วย (Randall, 1967) โดยพฤติกรรมการกินเม่นทะเลของปลาวัวนั้น ใช้การพ่นน้ำแรงดันสูงไปยังเม่นทะเลเพื่อให้เม่นทะเลหลุดออกจากพื้นผิวที่เกาะและลอยในมวลน้ำ จากนั้น จึงเลือกกินเนื้อเยื่อ (peristomial membrane) บริเวณรอบปากของเม่นทะเล ซึ่งเป็นส่วนที่มีหนามสั้น และมีปริมาณไม่มากนัก อันเป็นการหลีกเลี่ยงการโดนหนามของเม่นทะเลที่คมดำ (Randall, 1967)

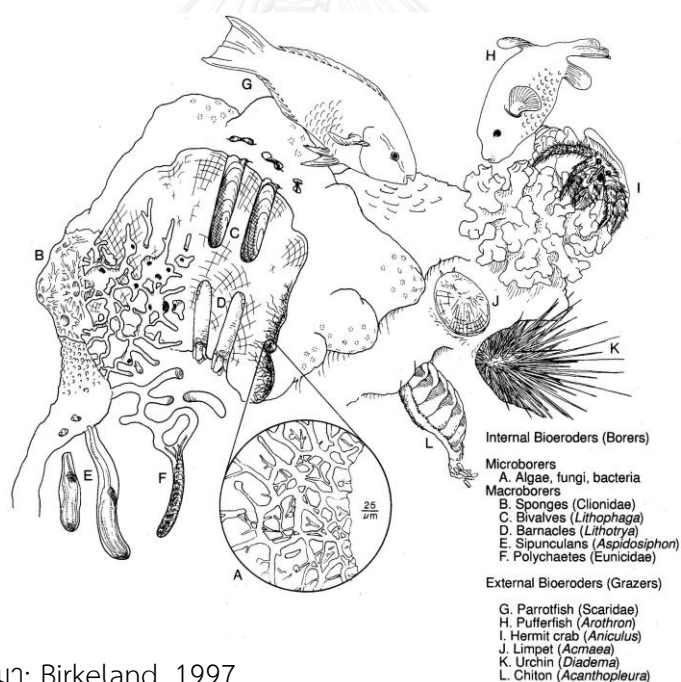
2.2 ผลของเม่นทะเล *Diadema* ต่อสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง

บทบาทของเม่นทะเล *Diadema* ในระบบนิเวศแนวปะการัง คือ การเป็นแหล่งหลบภัยให้กับสัตว์ขนาดเล็ก เช่น ปลานกแก้ววัยอ่อน (Chaetodontidae) ปูเม่น *Percnon gibbesi* รวมทั้งกุ้งขนาดเล็ก (Mysidium) โดยที่สัตว์เหล่านี้สามารถอาศัยอยู่ระหว่างช่องว่างของหนามเม่นทะเล เพื่อหลบหลีกศัตรู (Randall et al., 1964) นอกจากนี้ การครูดกินสาหร่ายของเม่นทะเลนับว่าเป็นการควบคุมความสมดุลต่อระบบนิเวศ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเบื้องต้น (primary product) ในบริเวณที่มีและไม่มีเม่นทะเล พบว่า ผลผลิตเบื้องต้นในบริเวณที่มีเม่นทะเลมีค่าสูงกว่าบริเวณที่ไม่มีเม่นทะเล ทั้งนี้เนื่องจาก การที่เม่นทะเลสามารถครูดกินสาหร่าย จึงทำให้สาหร่ายมีปริมาณน้อยลง ปริมาณธาตุอาหารอื่นในมวลน้ำจึงสูงขึ้น ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตเบื้องต้นที่สูงขึ้นเช่นกัน (Carpenter, 1985)

จากการที่เม่นทะเล *Diadema* สามารถครูดกินสาหร่ายในแนวปะการัง ซึ่งทำให้ปริมาณสาหร่ายที่ปกคลุมแนวปะการังลดลง จึงเป็นการเปิดพื้นที่ในการลงเกาะให้กับตัวอ่อนปะการังได้มากขึ้น (Coppard and Campbell, 2005; Hopkins, 2009) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่า กรณีที่แนวปะการังมีความหนาแน่นของเม่นทะเลประมาณ 6-8 ตัวต่อตารางเมตร จะส่งผลให้อัตรารอดของ

ตัวอ่อนปะการังสูงขึ้น ขณะที่หากความหนาแน่นของเม่นทะเลสูงกว่า 10 ตัวต่อตารางเมตร จะส่งผลต่ออัตราการเติบโตของปะการังที่ลดลง (Ogden, 1976; Sammarco, 1980)

นอกจากนี้ เม่นทะเล *Diadema* สามารถครูดกินปะการังได้โดยตรง โดยการครูดกินปะการังที่เกิดจากเม่นทะเล *Diadema* จัดเป็นการกัดกร่อนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตภายนอก โดยทั่วไป สามารถแบ่งการกัดกร่อนของปะการังออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ การกัดกร่อนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายใน กับ การกัดกร่อนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายนอกโครงสร้างของปะการัง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (Birkeland, 1977) โดยสิ่งมีชีวิตที่กัดกร่อนภายในโครงสร้างปะการัง ได้แก่ หอย 2 ฝา ฟองน้ำ เพรียง หนอนท่อ เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดจะฝังตัวในโครงสร้างของปะการังโดยตรง ขณะที่สิ่งมีชีวิตที่กัดกร่อนภายนอกโครงสร้างปะการัง ได้แก่ ปลานกแก้ว ปลาปักเป้า เม่นทะเล เป็นต้น โดยที่เม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* สามารถครูดกินโครงสร้างแข็งของปะการังได้ประมาณ 0.3 กรัมต่อวัน (Mokady et al., 1996)



ที่มา: Birkeland, 1997

รูปที่ 2.1 การกัดกร่อนจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายในและภายนอกโครงสร้างปะการัง โดยการกัดกร่อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อยู่ภายใน ได้แก่ A) สาหร่าย รา และแบคทีเรีย; การกัดกร่อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ที่อยู่ภายใน ได้แก่ B) ฟองน้ำ; C) หอย 2 ฝา; D) เพรียง; E) หนอนท่อ; F) ไส้เดือนทะเล; และ การกัดกร่อนจากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายนอก ได้แก่ G) ปลานกแก้ว; H) ปลาปักเป้า; I) ปูเสฉวน; J) หอยหวมกแจ็ก; K) เม่นทะเล; และ L) หอย 8 เกล็ด

มีรายงานการสำรวจเม่นทะเลและปะการังแข็งบริเวณฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกพบว่า มีความเป็นไปได้ที่อัตราการตายของปะการังมีสาเหตุมาจากการครูดกินของเม่นทะเลมากกว่าอัตราการฟื้นตัวของปะการัง (Bak, 1990) และเมื่อนำเม่นทะเลมาวิเคราะห์อาหารในกระเพาะอาหารพบว่า สัดส่วนของหินปูนมีปริมาณสูง และหินปูนบางส่วนมาจากโครงสร้างของปะการัง (Bak, 1993) จากการศึกษาเปรียบเทียบการครูดกินปะการังของเม่นทะเลในหลายประเทศพบว่า เม่นทะเลในประเทศเคนย่ามีอัตราการครูดกินปะการังสูงสุดที่ประมาณ 1.79 กรัมต่อวันต่อตัว (Mokady et al., 1996; Ruengsawang and Yeemin, 2000; Carreiro-Silva and McClanahan, 2001; Dumont et al., 2013) อนึ่ง จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเม่นทะเลกับปะการังวัยอ่อนพบว่า อัตราการเติบโตของปะการังวัยอ่อนลดลงเมื่อพบเม่นทะเลในพื้นที่ (Davies and Vize, 2008) และเมื่อนำเม่นทะเลออกจากพื้นที่ดังกล่าว พบความหลากหลายและการกระจายของปะการังเพิ่มขึ้น (Sammarco, 1982)



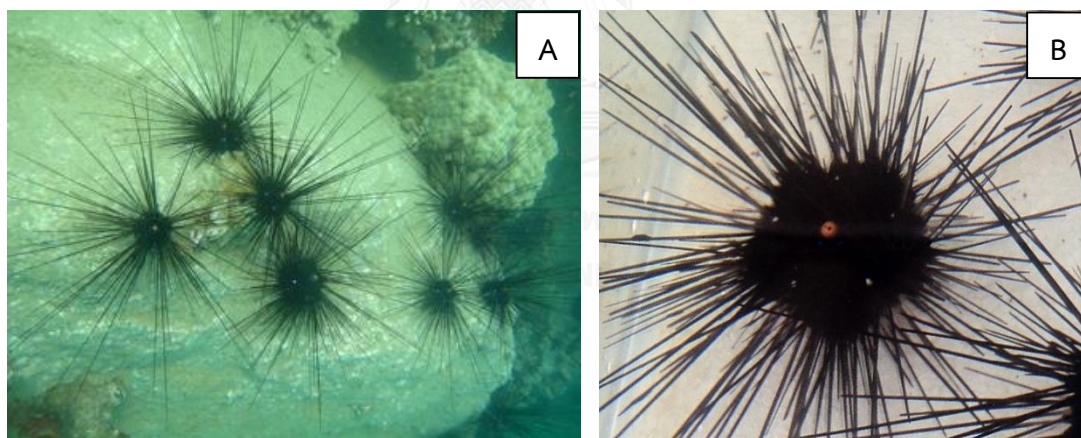
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 เม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum*

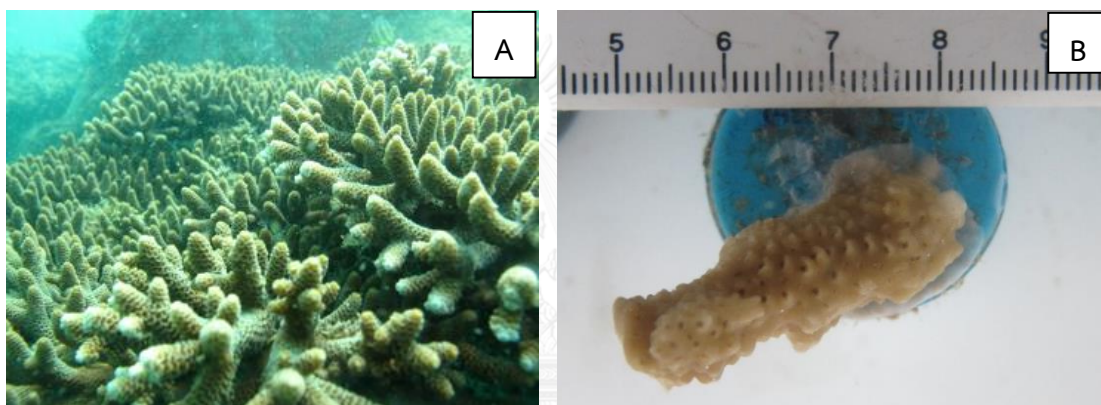
นำเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* (รูปที่ 3.1) ที่เก็บจากแนวปะการังเกาะเต่าหม้อ มาใช้ในการศึกษา โดยจำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ ขนาดเล็ก (3.0–3.5 เซนติเมตร) ขนาดกลาง (4.0–4.5 เซนติเมตร) และขนาดใหญ่ (5.0–5.5 เซนติเมตร) จากนั้น จึงนำไปปรับสภาพในถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 1 ตัน ที่ให้น้ำและอากาศตลอดเวลา ก่อนทำการทดลองเป็นระยะเวลา 2 วัน



รูปที่ 3.1 เม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการัง เกาะเต่าหม้อ จังหวัดชลบุรี (A) และ ขณะเตรียมการทดลองในตู้กระจก (B)

3.1.2 ปะการังเขากวาง *Acropora millepora*

เก็บตัวอย่างปะการังเขากวาง *Acropora millepora* (รูปที่ 3.2A) จากแนวปะการังเกาะเตาหม้อ จังหวัดชลบุรี โดยสุ่มตัดกิ่งปะการังออกเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก ความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร จากโคโลนีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร รวมทั้งสิ้น 60 โคโลนี จำนวนโคโลนีละ 30 ชิ้น เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาโดยยึดติดกับฝาครอบท่อพีวีซีที่ใช้เป็นฐานด้วยกาวตราช่าง (รูป 3.2B) ทั้งนี้ นำชิ้นส่วนของปะการังที่จัดเตรียมดังกล่าวมาปรับสภาพในถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 1 ตัน ที่ให้อากาศและน้ำตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 1 เดือน ก่อนเริ่มการทดลอง

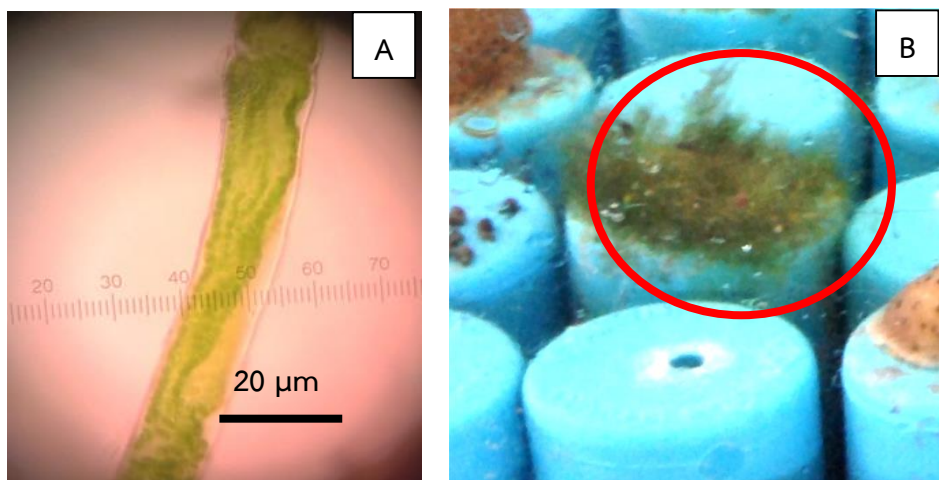


รูปที่ 3.2 ปะการังเขากวาง *Acropora millepora* บริเวณแนวปะการัง เกาะเตาหม้อ จังหวัดชลบุรี (A) และ ชิ้นส่วนของปะการังดังกล่าวที่นำมายึดติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานในการทดลอง (B)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.3 สาหร่าย *Cladophora* sp.

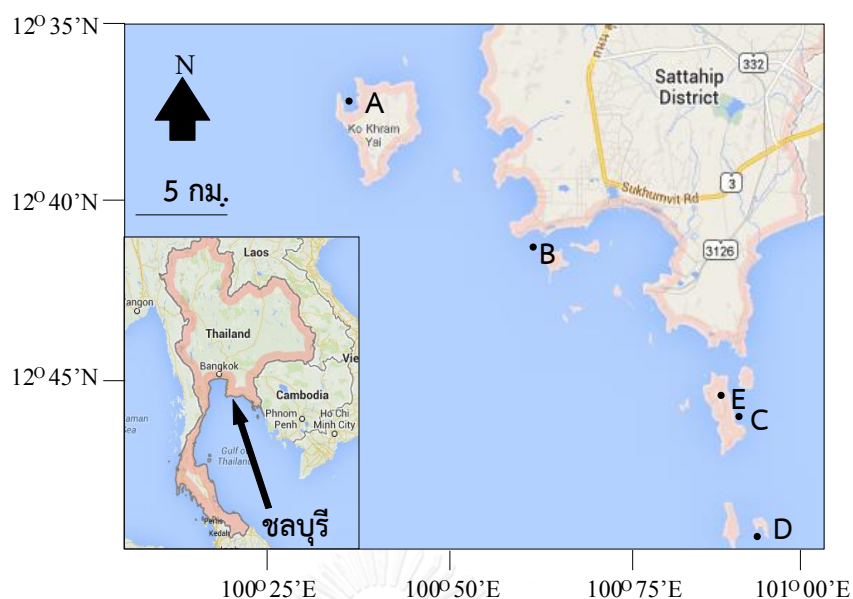
ทำการเตรียมสาหร่าย *Cladophora* sp. (รูปที่ 3.3A) ในถังเลี้ยงที่ให้อากาศและน้ำตลอดเวลาเป็นระยะเวลา 2 เดือน จากนั้น จึงทำการแยกสาหร่ายดังกล่าวใส่ในถังที่มีวัสดุที่ใช้เป็นฐานเช่นเดียวกับฐานปะการังบนพื้นของถังเลี้ยง เพื่อให้สาหร่ายยึดติดกับวัสดุดังกล่าว (รูปที่ 3.3B) ทั้งนี้จากการรายงานของ Carpenter (1985) ระบุว่าเม่นทะเล *Diadema* สามารถครูดกินสาหร่าย *Cladophora* sp. ได้



รูปที่ 3.3 สำหรับ *Cladophora* sp. ที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ (A) และ ที่ติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานในการทดลอง (B)

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ บริเวณแนวปะการังหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี แบ่งออกเป็น พื้นที่สำรวจความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ รวม 4 พื้นที่ คือ เกาะคราม เกาะเตาหม้อ เกาะแสมสาร และเกาะจาน (รูปที่ 3.4A-D) พื้นที่เก็บตัวอย่างเม่นทะเลหนามดำและปะการังเขากวาง 1 พื้นที่ คือ เกาะเตาหม้อ (รูปที่ 3.4B) และพื้นที่ศึกษาในห้องปฏิบัติการ คือ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร (รูปที่ 3.4E) ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี - กองทัพเรือ



ที่มา: <https://maps.google.com>

รูปที่ 3.4 พื้นที่ศึกษาบริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ได้แก่ เกาะคราม (A), เกาะเตาหม้อ (B), เกาะแสมสาร (C), เกาะจาน (D) และ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังแสมสาร (E)

3.3 การศึกษาและขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* และสัดส่วนการครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง

วางแนวสำรวจแบบแถบ (Belt-transect) (รูปที่ 3.5) ตามแนวปะการังทั้ง 4 แห่ง ได้แก่ แนวปะการังเกาะคราม เกาะเตาหม้อ เกาะแสมสาร และเกาะจาน (รูปที่ 3.4A-D) โดยวางแนวสำรวจความยาว 50 เมตร จำนวน 3 แนวสำรวจต่อพื้นที่ ขนานกับชายฝั่ง นับจำนวนประชากรเม่นทะเลหนามดำที่พบซึ่งรวมพื้นที่ด้านข้างของแนวสำรวจห่างออกไปด้านละ 2 เมตร คำนวณความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำต่อพื้นที่ ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ (ตัวต่อตารางเมตร)} = \frac{\text{จำนวนเม่นทะเลหนามดำ (ตัว)}}{\text{พื้นที่ (ตารางเมตร)}}$$

นอกจากนั้น ทำการจำแนกลักษณะการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง โดยระบุพื้นที่ดังกล่าว เป็น ปะการังแข็ง สาหร่าย ฟันหิน ซากปะการัง ฟันทราย/โคลน และอื่นๆ (เช่น ปะการังอ่อน ฟองน้ำ หรือลักษณะต่างๆ ของพื้นที่) จากนั้น จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณเป็นร้อยละของการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการังนั้นๆ



รูปที่ 3.5 การศึกษาความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* และศึกษาสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการังบนแนวสำรวจที่พาดผ่านแนวปะการัง

3.3.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในธรรมชาติ

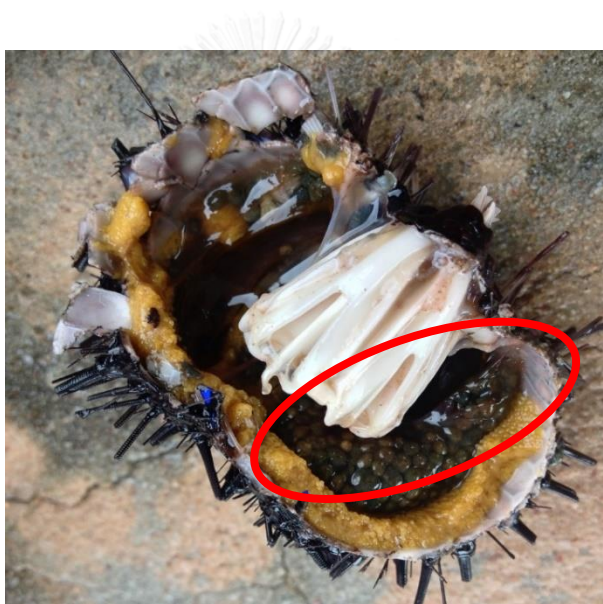
3.3.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเม่นทะเลหนามดำในแนวปะการังเกาะเต่าหม้อ รวม 3 ขนาดตามที่กำหนดในหัวข้อ 3.1.1 โดยเก็บตัวอย่างขนาดละ 30 ตัว รวมทั้งสิ้น 90 ตัว ทั้งนี้ นำตัวอย่างมาทำการรักษาสภาพโดยทันทีในสารละลายเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาปริมาณของหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหาร (รูปที่ 3.6) ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง

ทั้งนี้ การวิเคราะห์ปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารเม่นทะเลหนามดำ ใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Sompongchaiyakul (1989) โดยใช้ 2.25N HCl และ 1.25N NaOH

3.3.2.2 การลดลงของปริมาณอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ

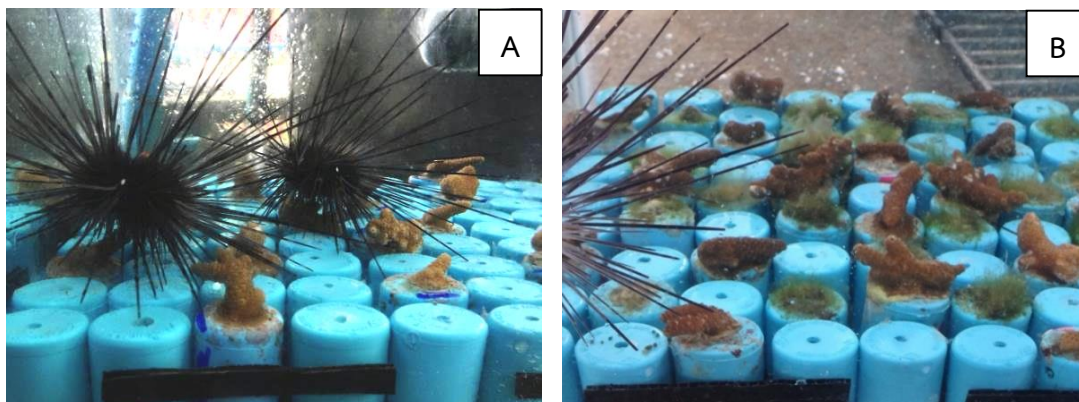
ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเม่นทะเลหนามดำขนาดกลางเพิ่มเติม จำนวน 75 ตัว มาทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในกระเพาะ ภายหลังจากการเก็บตัวอย่างจนถึงชั่วโมงที่ 72 หลังการเก็บตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างมาใส่ในพลาสติกทรงกระบอกขนาด 500 ลิตร โดยไม่ให้อาหาร แต่ให้อากาศและน้ำตลอดเวลา จากนั้นจึงสุ่มเก็บตัวอย่างเม่นทะเลครั้งละ 5 ตัว ณ ชั่วโมงที่ 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 44, 48, 54, 60, 66 และ 72 มารักษาสภาพตัวอย่างในสารละลายเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาอาหารภายในกระเพาะ ณ เวลานั้นๆ (Carreiro-Silva and McClanahan, 2001)



รูปที่ 3.6 กระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum*

3.3.3 พฤติกรรมการครูดกินปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในห้องปฏิบัติการ

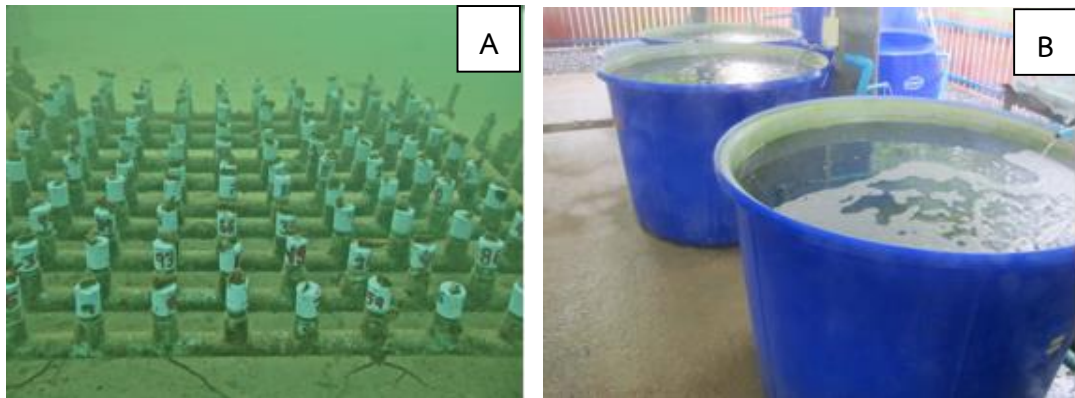
ทำการศึกษาวงจรชีวิตการครูดกินปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ของเม่นทะเลหนามดำ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การครูดกินบนชิ้นส่วนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ที่ไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp (การทดลองที่ 1) และมีสาหร่าย *Cladophora* sp. (การทดลองที่ 2) ตามลำดับ โดยทำการทดลองในตู้กระจกทดลองขนาด 30 x 30 x 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำวัสดุที่ใช้เป็นฐานให้กับชิ้นส่วนปะการังที่เตรียมไว้ตามหัวข้อ 3.1.2 มาวางปูเป็นพื้นให้เต็มพื้นที่ของตู้กระจกทดลอง จากนั้น ในการทดลองการครูดกินปะการังที่ไม่มีสาหร่าย (การทดลองที่ 1) นำวัสดุที่เป็นฐานดังกล่าวที่มีชิ้นส่วนปะการังยึดติดอยู่จำนวน 20 ตัวอย่าง สุ่มวางแทนฐานที่ไม่มีชิ้นส่วนปะการังบริเวณพื้นของตู้กระจก (รูปที่ 3.7A) ขณะที่การทดลองการครูดกินปะการังที่มีสาหร่าย (การทดลองที่ 2) นอกจากนำฐานที่มีชิ้นส่วนปะการังยึดติดจำนวน 20 ตัวอย่างแล้ว นำฐานลักษณะเดียวกันที่มีสาหร่ายขึ้นปกคลุมอีก 20 ตัวอย่าง สุ่มวางบนพื้นของตู้กระจกทดลองเช่นกัน (รูปที่ 3.7B) จากนั้น นำเม่นทะเลหนามดำแต่ละขนาดตามที่กำหนดในหัวข้อ 3.1.1 ที่ผ่านการอดอาหารเป็นเวลา 2 วัน ใส่ในตู้ทดลอง ตู้ละ 1, 2 และ 3 ตัว ตามลำดับ โดยทำการทดลอง 5 ซ้ำ ติดตามพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำเป็นระยะเวลา 3 วัน โดยประเมินอัตราการครูดกินปะการังของเม่นทะเลหนามดำ ซึ่งคำนวณจากพื้นที่สีของปะการังที่หายไปหลังจากใส่เม่นทะเลหนามดำในตู้ทดลอง โดยใช้โปรแกรม CPCe (Kohler and Gill, 2006) พร้อมทั้งนำเม่นทะเลหนามดำมาประเมินประสิทธิภาพการครูดกิน โดยศึกษาปริมาณของหินปูนในกระเพาะอาหาร ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Sompongchaiyakul (1989) ซึ่งใช้ 0.5N HCl และ 0.125N NaOH อนึ่ง ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปะการังเขากวางทั้งก่อนและหลังการทดลอง เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเปียกและพื้นที่ที่หายไปภายหลังการทดลอง



รูปที่ 3.7 การศึกษาพฤติกรรมการครูดกินปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ของเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* โดยการทดลองที่ 1: การทดลองที่ไม่มีสาหร่าย (A) และ การทดลองที่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. (B)

3.3.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ภายหลังจากครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum*

นำชิ้นส่วนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ทั้งหมดภายหลังจากครูดกินของเม่นทะเลหนามดำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทั้งจากการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่าย *Cladophora* sp. มาศึกษาความสามารถในการฟื้นตัว โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษา 14 วัน ในธรรมชาติซึ่งปราศจากศัตรูของปะการัง (รูป 3.8A) และในโรงเพาะฟักปะการัง (รูปที่ 3.8B) ทั้งนี้ ควบคุมระดับความเค็มและอุณหภูมิตามธรรมชาติที่ 32 ± 1 psu และ 28 ± 2 °C ตามลำดับ จากนั้น จึงทำการประเมินอัตราการรอดของปะการัง



รูปที่ 3.8 การศึกษาการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ภายหลังจากครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* โดยทำการปักฟื้นฟูในธรรมชาติ (A) และ ปักฟื้นฟูในโรงเพาะฟักปะการัง (B)

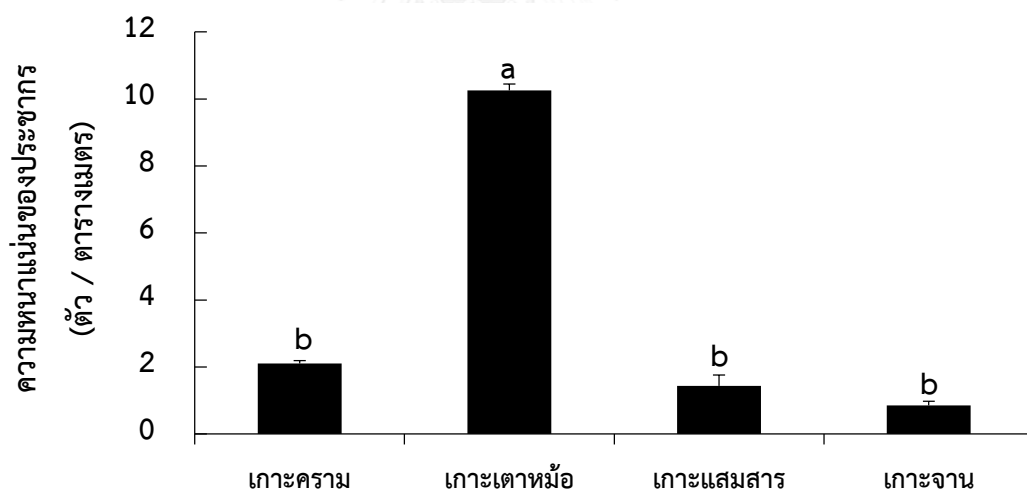


บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* และ ลัดส่วนการครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง

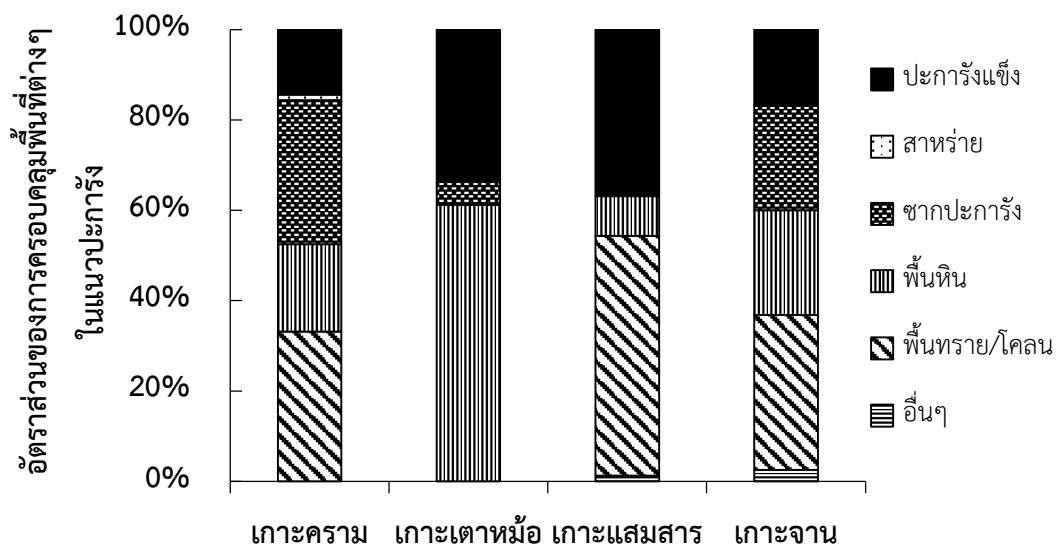
ผลการศึกษาความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำที่พบในแนวปะการังบริเวณ หมู่เกาะแสมสาร แสดงในรูปที่ 4.1 โดยพบความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของประชากรเม่นทะเลหนามดำ มากที่สุดที่เกาะเตาหม้อ (10.25 ± 0.20 ตัวต่อตารางเมตร) ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ พื้นที่อื่นอีก 3 พื้นที่ที่พบความหนาแน่นของประชากรต่ำกว่า ไม่พบความแตกต่างซึ่งกันและกันทางสถิติ (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการัง หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ($n = 3$)

(หมายเหตุ: ตัวอักษรบนแท่งแผนภูมิที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ)

สำหรับสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง (รูปที่ 4.2) พบว่า แนวปะการังที่เกาะแสมสาร และเกาะเตาหม้อ มีเปอร์เซ็นต์ปะการังแข็งที่ครอบคลุมพื้นที่ดังกล่าวมากที่สุด ขณะที่มีเพียงเกาะครามเท่านั้นที่พบมีการครอบคลุมพื้นที่ของสาหร่าย อีกทั้งแนวปะการังที่เกาะคราม และเกาะจาน พบเปอร์เซ็นต์ซากปะการังที่ครอบคลุมมากที่สุด ทั้งนี้แนวปะการังที่เกาะเตาหม้อส่วนใหญ่เป็นพื้นหิน และไม่ปรากฏพื้นที่ทราย/โคลน

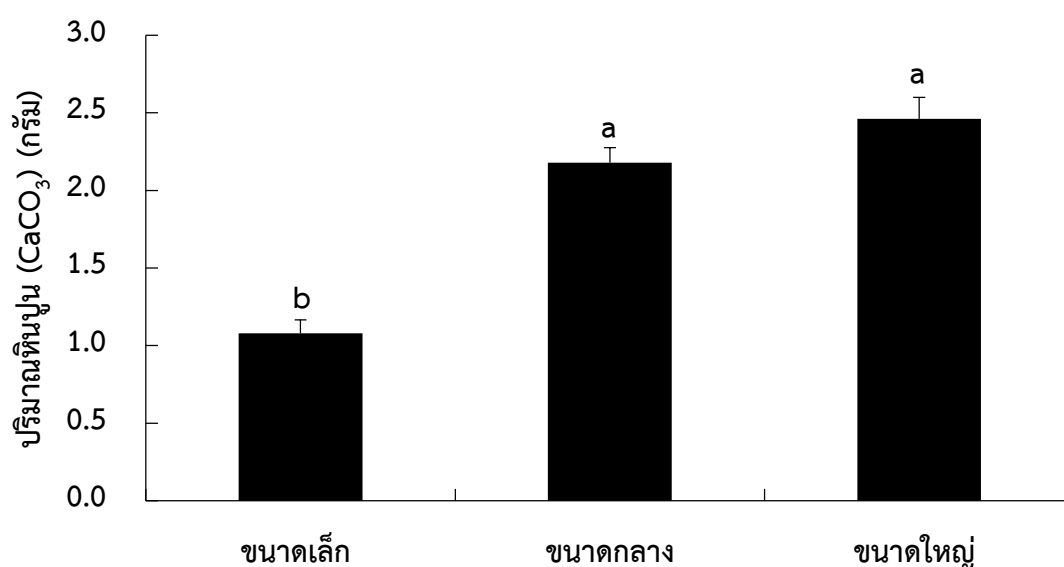


รูปที่ 4.2 สัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการัง บริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

4.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในธรรมชาติ

4.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ

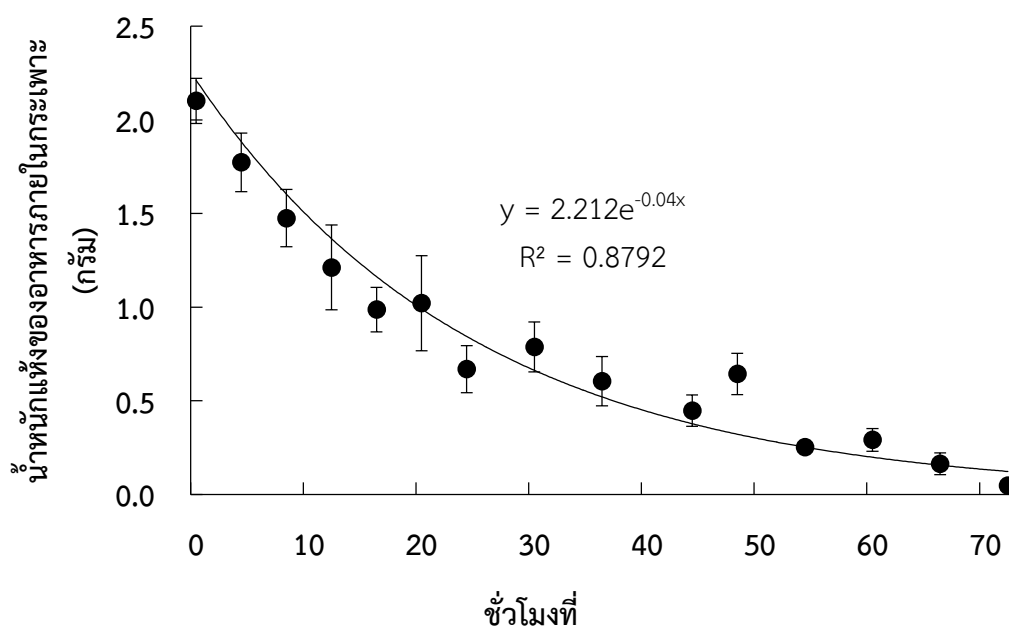
จากการศึกษาปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการังของเกาะเต่าหม้อ พบว่า ปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็กมีความแตกต่างจากปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารเม่นทะเลหนามดำขนาดกลางและขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างระหว่างเม่นทะเลหนามดำขนาดกลางและขนาดใหญ่ (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 ปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ในกระเพาะอาหารของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการังเกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ($n = 30$)
(หมายเหตุ: ตัวอักษรบนแท่งแผนภูมิที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ)

4.2.2 การลดลงของปริมาณอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ

เมื่อนำเม่นทะเลหนามดำขนาดกลางมาทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักดังกล่าวลดลงตามลำดับรูปแบบตามสมการเอกโพเนนเชียล (รูปที่ 4.4) โดยพบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ชั่วโมงที่ 0) น้ำหนักดังกล่าวอยู่ที่ 2.10 ± 0.12 กรัม และเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบน้ำหนักดังกล่าวเหลือ 0.67 ± 0.13 กรัม หรือประมาณ 30 % ของน้ำหนักทั้งหมด ขณะที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 72 ชั่วโมง คงเหลือ น้ำหนักดังกล่าวเพียง 0.05 ± 0.01 กรัม หรือน้อยกว่า 5 % ของน้ำหนักทั้งหมด



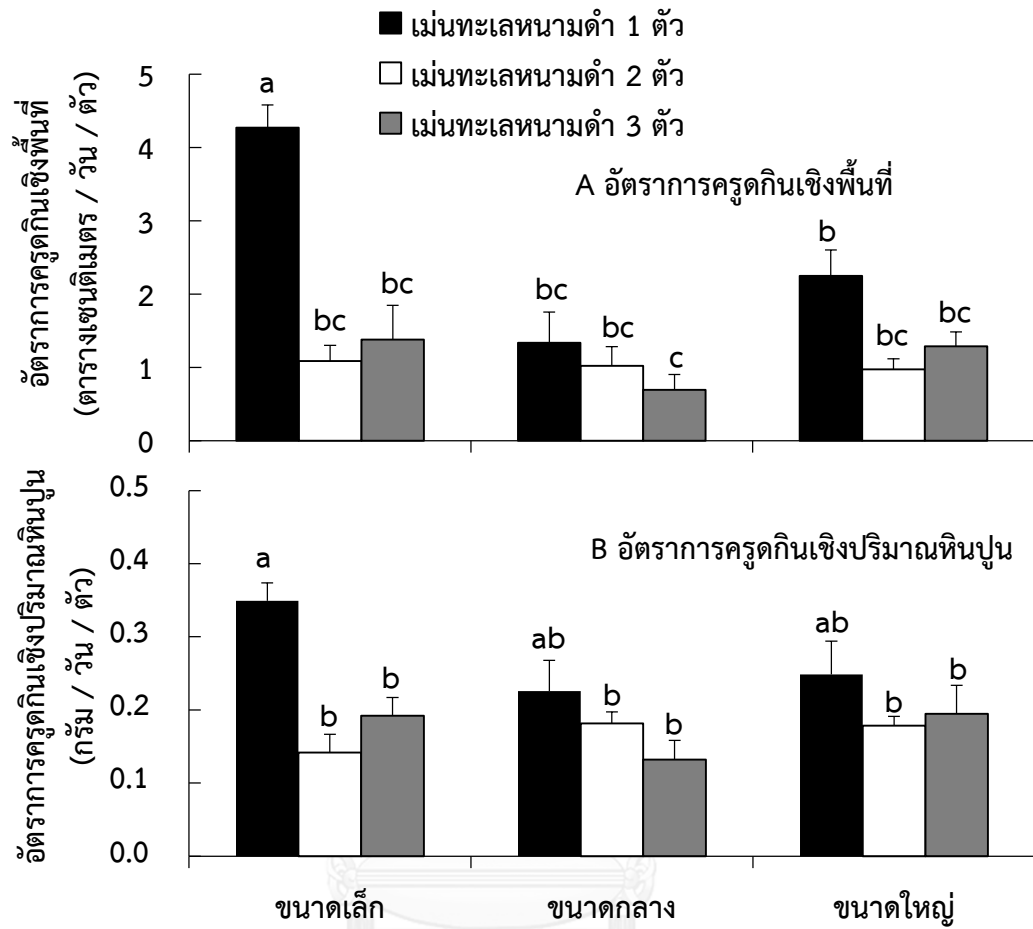
รูปที่ 4.4 การลดลงโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการังเกาะเต่าหม้อ จังหวัดชลบุรี ($n = 5$)

4.3 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ในห้องปฏิบัติการ

4.3.1 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังในการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย

ผลการศึกษาพฤติกรรมการครูดกินปะการังในเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณหินปูนของเม่นทะเลหนามดำ (การทดลองที่ 1) แสดงในรูปที่ 4.5 โดยอัตราการครูดกินในเชิงพื้นที่ต่อตัว (รูปที่ 4.5A) พบว่า ชูดเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว มีแนวโน้มอัตราการครูดกินต่อตัวสูงสุด ทั้งในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชูดเม่นทะเลหนามดำ 2 และ 3 ตัว ในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็ก แต่ไม่แตกต่างกับชูดเม่นทะเลหนามดำ 2 และ 3 ตัว ในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดใหญ่ และไม่แตกต่างกับชูดเม่นทะเลหนามดำทั้ง 2 และ 3 ตัว ในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดกลาง ทั้งนี้ ขนาดและความหนาแน่นของเม่นทะเลหนามดำส่งผลต่ออัตราการครูดกินปะการังหนามดำเชิงพื้นที่ (two way ANOVA; $p < 0.05$)

สำหรับอัตราการครูดกินปะการังในเชิงปริมาณหินปูนของเม่นทะเลหนามดำ (รูปที่ 4.5B) พบว่า ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับอัตราการครูดกินในเชิงพื้นที่ โดยชูดเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว มีอัตราการครูดต่อตัวกินสูงสุดในทุกกลุ่มของขนาดเม่นทะเลหนามดำ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชูดการทดลองอื่นในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็ก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติในกลุ่มเม่นทะเลขนาดกลางและใหญ่ ทั้งนี้ ขนาดของเม่นทะเลหนามดำส่งผลต่ออัตราการครูดกินปะการังหนามดำเชิงปริมาณหินปูน (two way ANOVA; $p < 0.05$)

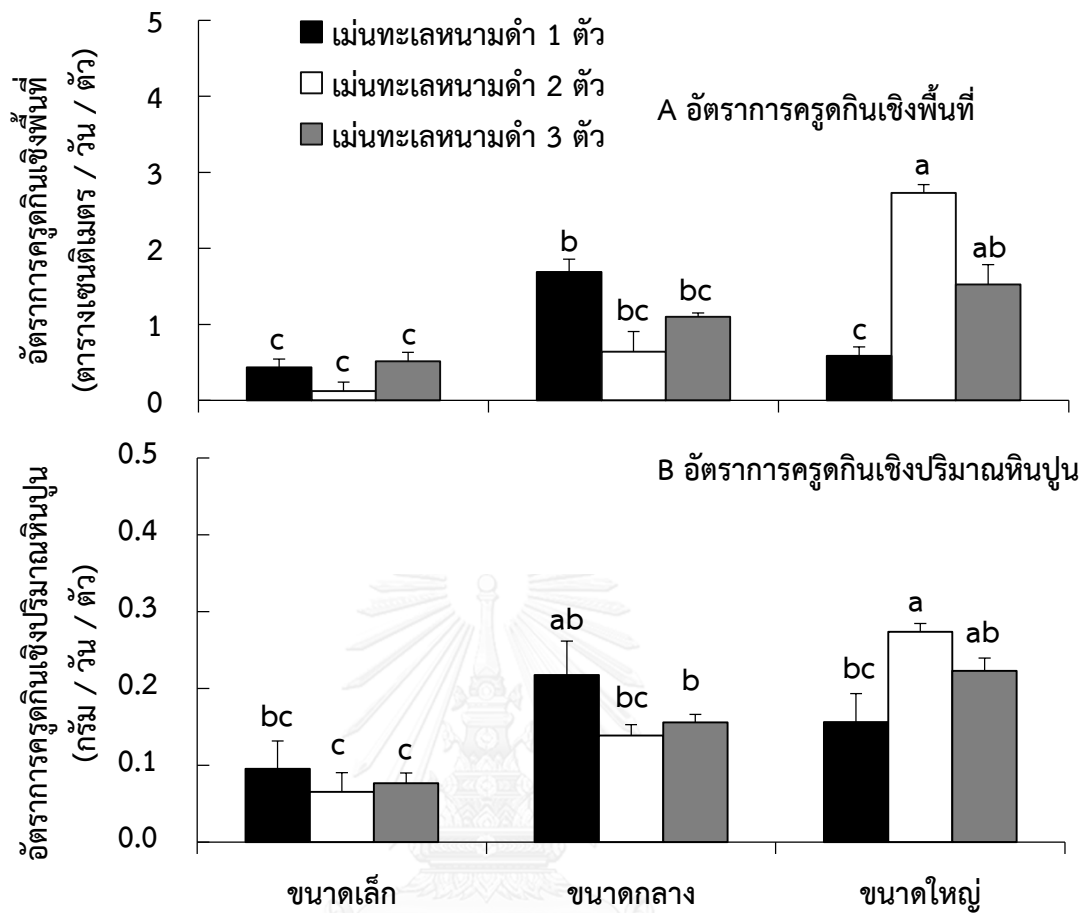


รูปที่ 4.5 อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* จำแนกตามขนาดและความหนาแน่น ในชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. ($n = 5$)
(หมายเหตุ: ตัวอักษรบนแท่งแผนภูมิที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ)

4.3.2 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังในการทดลองที่มีสาหร่าย *Cladophora* sp.

ผลการศึกษาพฤติกรรมการครูดกินปะการังและสาหร่ายในเชิงพื้นที่ ของเม่นทะเลหนามดำ (การทดลองที่ 2) แสดงในรูปที่ 4.6 โดยอัตราการครูดกินเชิงพื้นที่ต่อตัว (รูปที่ 4.6A) พบว่า ผลการทดลองมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับการครูดกินปะการังเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 4.5A) โดยในชุดเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว มีอัตราการครูดกินต่อตัวไม่ต่ำกว่าชุดเม่นทะเลหนามดำ 2 และ 3 ตัว ยกเว้นในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดใหญ่ ที่ชุดเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว มีอัตราการกินต่ำกว่าชุดเม่นทะเลหนามดำ 2 และ 3 ตัว

สำหรับอัตราการครูดกินปะการังและสาหร่ายในเชิงปริมาณหินปูนของเม่นทะเลหนามดำ (รูปที่ 4.6B) พบว่า ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับอัตราการครูดกินต่อตัวในเชิงพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็กมีแนวโน้มในอัตราการครูดกินต่อตัวต่ำกว่ากลุ่มขนาดกลางและใหญ่ และต่ำกว่าในชุดเม่นทะเลหนามดำ 2 และ 3 ตัว ของกลุ่มดังกล่าวอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ขนาดของเม่นทะเลหนามดำส่งผลต่ออัตราการครูดกินปะการังในเชิงปริมาณเชิงพื้นที่ และหินปูน (two way ANOVA; $p < 0.05$)

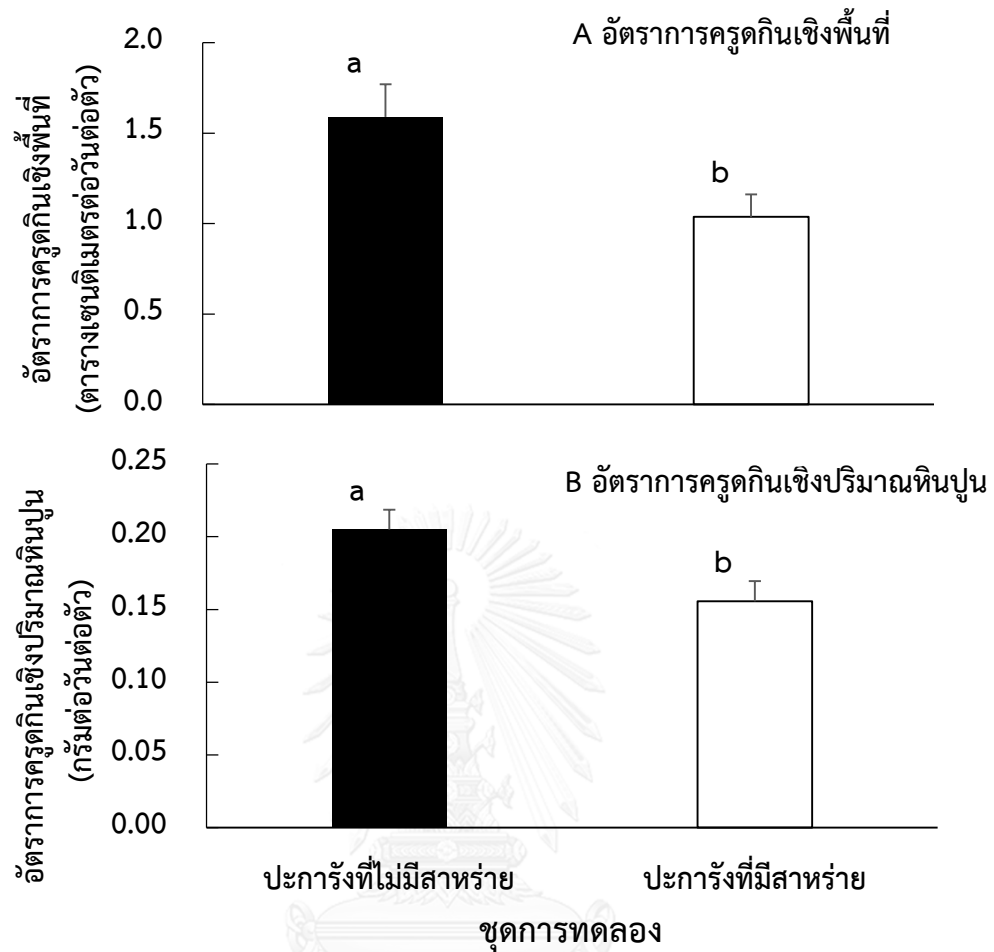


รูปที่ 4.6 อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* จำแนกตามขนาดและความหนาแน่น ในชุดการทดลองที่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. ($n = 5$)
(หมายเหตุ: ตัวอักษรบนแท่งแผนภูมิที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ)

4.3.3 ความแตกต่างของพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังในการทดลองที่มีและไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp.

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการครูดกินโดยเฉลี่ยต่อตัวของเม่นทะเลหนามดำบนปะการังที่มีและไม่มีสาหร่าย พบอัตราการครูดกินปะการังในการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย (การทดลองที่ 1) สูงกว่าการทดลองที่มีสาหร่าย (การทดลองที่ 2) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ หินปูน (รูปที่ 4.7) โดยอัตราการครูดกินต่อวันของเม่นทะเลหนามดำในเชิงพื้นที่ของชุดการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่ายมีค่า 1.59 ± 0.18 และ 1.04 ± 0.12 ตารางเซนติเมตรต่อวันต่อตัว ตามลำดับ ขณะที่อัตราการครูดกินต่อวันของเม่นทะเลหนามดำในเชิงปริมาณหินปูนของชุดการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่ายมีค่า 0.20 ± 0.01 และ 0.16 ± 0.01 กรัมต่อวันต่อตัว ตามลำดับ



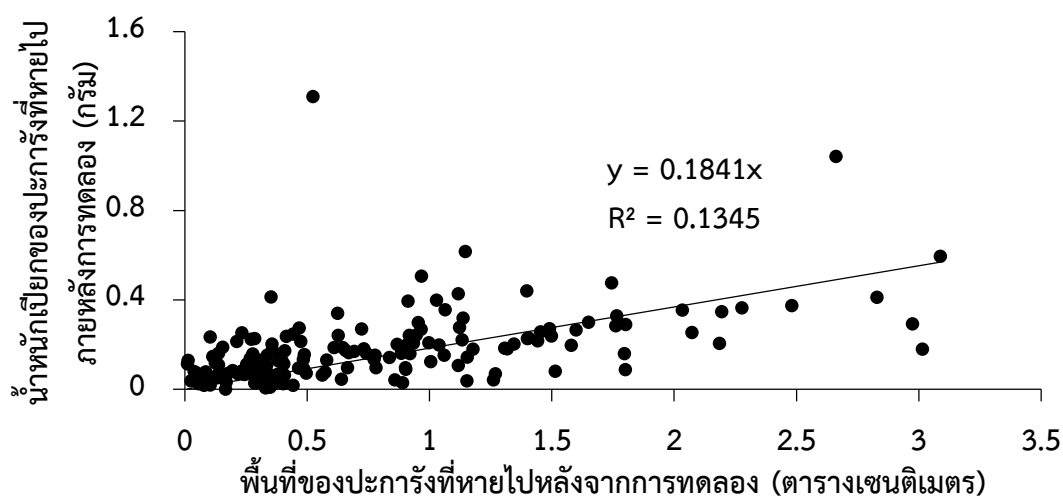


รูปที่ 4.7 อัตราการครูดกินเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ย (\pm S.E.) ของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ที่ไม่มีและมีสาหร่าย *Cladophora* sp. ($n = 90$)

(หมายเหตุ: ตัวอักษรบนแท่งแผนภูมิที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ)

4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการังภายหลังการครูดกิน ของเม่นทะเลหนามดำ

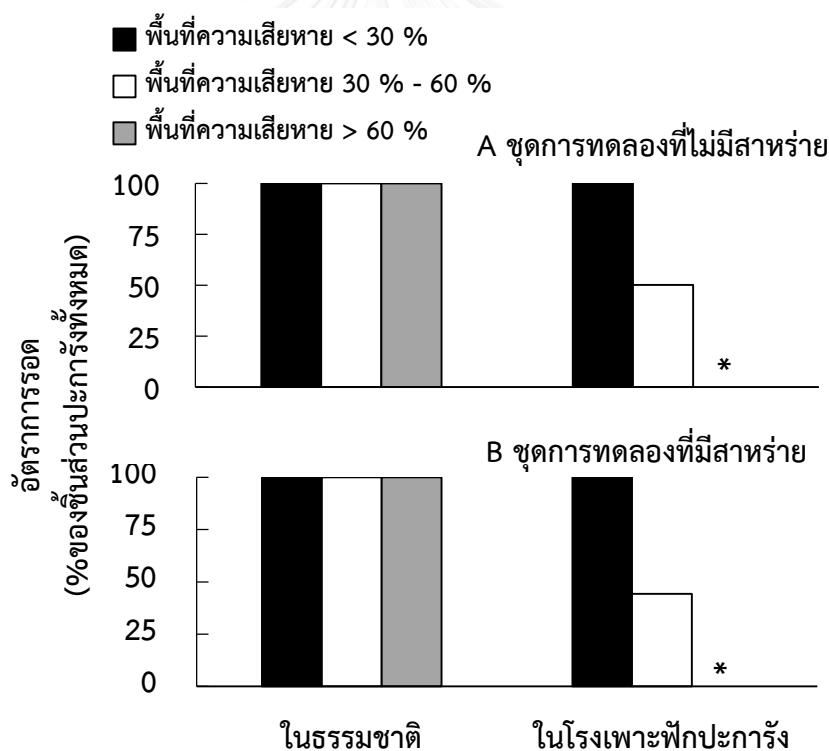
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (น้ำหนักเปียก) และขนาดพื้นที่ของปะการัง *Acropora millepora* ก่อนและหลังการถูกครูดกินโดยเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ปะการังที่ลดลงส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักปะการังเขากวาง ดังแสดงในรูปที่ 4.8



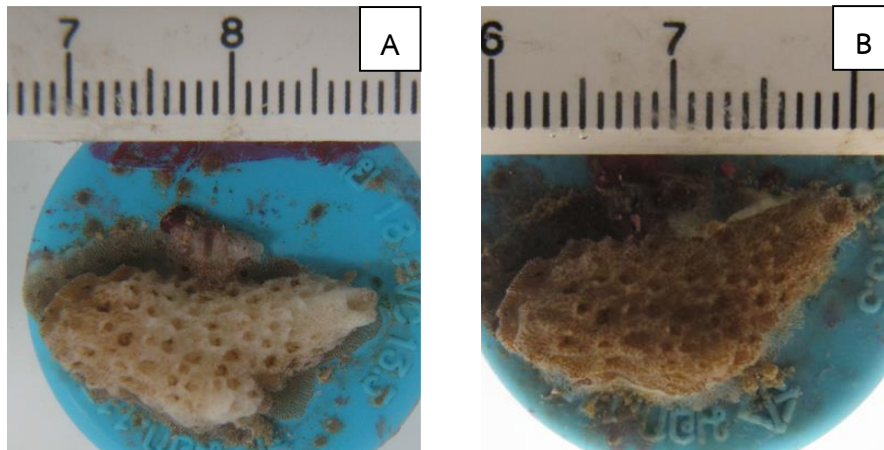
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ($n = 475$)

4.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ภายหลังจากการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum*

เมื่อพักฟื้นชิ้นส่วนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ที่ถูกครูดกินโดยเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* เป็นระยะเวลา 14 วันหลังจากการทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบอัตราการรอดของชิ้นส่วนปะการังเขากวางที่พักฟื้นในธรรมชาติ (รูปที่ 4.9A) ที่ 100% ของทุกชิ้นส่วนปะการัง โดยชิ้นส่วนของปะการังเขากวางที่มีความเสียหายประมาณ 80% ของพื้นที่ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อนำไปพักฟื้นในธรรมชาติ (รูปที่ 4.10) สำหรับการพักฟื้นชิ้นส่วนปะการังเขากวางในโรงเพาะพักปะการังนั้น (รูปที่ 4.9B) พบชิ้นส่วนปะการังมีพื้นที่ความเสียหายน้อยกว่า 30% ของพื้นที่ มีอัตราการรอด 100 % และชิ้นส่วนปะการังเขากวางที่มีความเสียหายมากกว่า 60% ของพื้นที่ ไม่พบอัตราการรอด



รูปที่ 4.9 อัตราการรอดของชิ้นส่วนปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังจากการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* ของชุดการทดลองที่ไม่มีและมีสาหร่าย *Cladophora* sp. ภายหลังจากการพักฟื้นเป็นระยะเวลา 14 วัน ทั้งในธรรมชาติ และในโรงเพาะพักปะการัง (หมายเหตุ: * ไม่พบอัตราการรอด)



รูปที่ 4.10 การฟื้นตัวของปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังจากครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* โดยที่ A: ปะการังที่มีความเสียหายเชิงพื้นที่ประมาณ 80% และ B: ภายหลังจากพักฟื้นเป็นระยะเวลา 14 วัน ในทะเลธรรมชาติ



บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1. ความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* และ สัดส่วนการครอบคลุมของพื้นที่ผิวในแนวปะการัง

จากผลการศึกษาความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* พบจำนวนเม่นทะเลหนามดำบริเวณบริเวณแนวปะการังหมู่เกาะแสมสาร ที่ 3.66 ± 1.11 ตัวต่อตารางเมตร โดยบริเวณแนวปะการังของเกาะเตาหม้อ มีจำนวนเม่นทะเลหนามดำมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแนวปะการังของพื้นที่ดังกล่าว เป็นแนวกันคลื่นที่มีสัดส่วนส่วนใหญ่เป็นพื้นหิน จึงส่งผลให้สาหร่ายซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องอาศัยพื้นที่ในการลงเกาะมีปริมาณมากขึ้น ดังนั้น เม่นทะเลหนามดำซึ่งครูดกินสาหร่ายเป็นอาหาร ย่อมมีปริมาณมากขึ้นด้วยเช่นกัน (Tuya et al., 2001)

สำหรับความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในพื้นที่อื่นที่มีการศึกษา เช่น บริเวณแนวปะการังเกาะค้างคาว อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายงานจำนวนประชากรเม่นทะเลหนามดำที่ 5.2 และ 1-2 ตัวต่อตารางเมตรตามลำดับ (Chavanich et al., 2012; Sangmanee et al., 2012) เมื่อนำผลจากรายงานดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลจากการศึกษานี้ พบว่า เม่นทะเลหนามดำที่เกาะเตาหม้อมีจำนวนมากกว่าที่เกาะค้างคาว และเกาะเต่า 2 และ 5-10 เท่า ตามลำดับ

5.2 ปริมาณอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ในธรรมชาติ

5.2.1 ปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ

จากผลการศึกษาปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* พบปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็ก (3.0-3.5 เซนติเมตร) ขนาดกลาง (4.0-4.5 เซนติเมตร) และขนาดใหญ่ (5.0-5.5 เซนติเมตร) ที่ 1.91 ± 0.09 กรัม อีกทั้งพบปริมาณหินปูนของกระเพาะเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็กมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณหินปูนของเม่นทะเลหนามดำขนาดกลางและขนาดใหญ่ประมาณ 2 เท่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมีความสามารถในการเก็บปริมาณอาหารได้น้อยกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ (Campbell and Reece, 2005)

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณหินปูนโดยเฉลี่ยในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลหนามดำขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ของการศึกษาในครั้งนี้ กับผลการศึกษารายงานที่เกี่ยวข้อง เช่น เม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณอ่าวซัมวัน (Sham Wan) ประเทศฮ่องกง และประเทศเคนยา พบเม่นทะเลหนามดำขนาดประมาณ 7 เซนติเมตร ทั้ง 2 พื้นที่ และมีปริมาณหินปูนในกระเพาะอาหารประมาณ 6 กรัม ซึ่งมากกว่าประมาณ 3 เท่าของผลการศึกษาในครั้งนี้ (Carreiro-Silva and McClanahan, 2001; Dumont et al., 2013) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดของเม่นทะเลหนามดำในการศึกษาครั้งนี้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของเม่นทะเลหนามดำในรายงานการศึกษาดังกล่าว

5.2.2 การลดลงของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะของเม่นทะเลหนามดำ

เมื่อนำสมการเอกโพเนนเชียล ($y = 2.212e^{-0.04x}$) ที่ได้จากการศึกษาน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะในแต่ละชั่วโมง ของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ขนาดกลาง (4.0-4.5 เซนติเมตร) มาเปรียบเทียบกับ กับสมการ $C = C_0 e^{-Rt}$, เมื่อ C คือปริมาณอาหาร, C_0 คือปริมาณอาหารตั้งต้น, R คือ ค่าคงที่ของการลดลงของน้ำหนักแห้ง และ t คือเวลา (ชั่วโมง) โดยที่ $24R$ คือ สัดส่วนการเปลี่ยนถ่ายอาหารของกระเพาะภายใน 1 วัน (Elliott, 1972; Elliott and Persson, 1978) พบว่า จากสมการของผลการศึกษาในครั้งนี้ แสดงถึงสัดส่วนการเปลี่ยนถ่ายอาหารของกระเพาะเม่นทะเลหนามดำที่ 0.96 ต่อวัน ซึ่งน้อยกว่าสัดส่วนดังกล่าวของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum*

และ เม่นทะเล *Echinametra mathaei* ที่ทะเลแดง ประเทศอิสราเอล โดยมีค่า 0.75 และ 1.5 ต่อวัน ตามลำดับ (Mokady et al., 1996) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเม่นทะเลหนามดำของผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถครูดกินอาหารและขับถ่ายอาหารได้เร็วกว่าเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* แต่ช้ากว่า เม่นทะเล *Echinametra mathaei* ในรายงานดังกล่าว

5.3 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora*

5.3.1 พฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการัง ในการทดลองที่มี และไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp.

จากผลการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ทั้งในเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูน ซึ่งได้จากการทดลองที่ไม่มี และ มีสาหร่าย *Cladophora* sp. พบว่าอัตราการครูดกินปะการังเขากวาง มีรูปแบบที่แตกต่างกัน ทั้งในชุดการทดลองที่มีความหนาแน่น และขนาดของเม่นทะเลหนามดำที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะพฤติกรรมการหาอาหาร

โดยทั่วไป ในขณะที่เม่นทะเลเคลื่อนตัวนั้น จะครูดกินบริเวณพื้นผิวด้วย และสาเหตุหลักที่ทำให้เม่นทะเลเคลื่อนตัวคือ อาหาร (James, 2000; Dumont et al., 2007) โดยอาหารหลักของเม่นทะเลคือ สาหร่าย (Ruiz-Ramos et al., 2011) ซึ่งอาจส่งผลให้เม่นทะเลหนามดำในการศึกษาครั้งนี้มีพฤติกรรมการเคลื่อนตัวเพื่อสู่มหาสาหร่ายเป็นอาหาร และในการเคลื่อนตัวของเม่นทะเลหนามดำนั้น มีโอกาสที่จะเคลื่อนตัวผ่าน หรือไม่ผ่านปะการังเขากวางที่อยู่ในตู้กระจกทดลอง ดังนั้นจึงทำให้เม่นทะเลหนามดำในแต่ละชุดการทดลอง มีรูปแบบการครูดกินปะการังเขากวางที่แตกต่างกัน

5.3.2 ความแตกต่างของพฤติกรรมการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำบนปะการัง ในการทดลองที่มีและไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp

ในการเปรียบเทียบอัตราการครูดกินโดยเฉลี่ยของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ในเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนของทั้ง 2 ชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย มีอัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำมากกว่าชุดการทดลองที่มีสาหร่าย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ในชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย เม่นทะเลหนามดำมีการสู่มเคลื่อนตัวไปทั่วตู้กระจกทดลองเพื่อหาสาหร่ายซึ่งเป็นอาหารหลักของเม่นทะเลหนามดำ ส่งผลให้มีโอกาสสูงที่เม่นทะเลหนามดำจะเคลื่อนตัวผ่านปะการัง จึงทำให้อัตราการครูดกินปะการังเขากวางในชุดการทดลองนี้ มีสูงกว่าชุดการทดลองที่มีสาหร่าย โดยในชุดการทดลองที่มีสาหร่าย เม่นทะเลหนามดำจะเคลื่อนตัวเข้าหาสาหร่าย และหยุดเคลื่อนตัวเพื่อที่จะครูดกินสาหร่าย แทนที่จะสู่มเคลื่อนตัวไปทั่วตู้กระจกทดลอง

สำหรับอัตราการครูดกินของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแนวปะการัง แสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งพบว่า อัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ของผลการศึกษาในครั้งนี้ ในชุดทดลองที่ไม่มีสาหร่าย มีค่ามากกว่าอัตราการครูดกินของหอยแปดเกล็ดในเชิงพื้นที่ แต่มีค่าน้อยกว่าอัตราการครูดกินของปลานกแก้ว *Scarus rubroviolaceus* และปลานกแก้ว *Chlorurus perspicillatus* ในเชิงปริมาณหินปูน อย่างไรก็ตาม อัตราครูดกินดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการัง *Platygyra* sp. และปะการัง *Porites* sp. ในเชิงปริมาณหินปูน

จากรายงานของ พีรตน์ เกิดผล (2555) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเติบโตของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ในธรรมชาติ บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี พบว่า ปะการังเขากวางที่มีพื้นที่ด้านข้างโดยเฉลี่ย 11.30 ตารางเซนติเมตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 เดือน จะมีขนาดด้านข้างโดยเฉลี่ยเป็น 39.00 เซนติเมตร โดยคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยที่ 0.13 ตารางเซนติเมตรต่อวันต่อโคโลนี ซึ่งถ้าหากนำผลการศึกษาจากรายงานดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย พบว่า อัตราการเติบโตของปะการังเขากวาง 1 โคโลนี มีน้อยกว่าประมาณ 12 เท่าของอัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่ปะการัง 1 โคโลนี อาจถูกครูดกินหมดโดยเม่นทะเลหนามดำ 1 ตัว ในระยะเวลาประมาณ 9-10 วัน

ตารางที่ 5.1 อัตราการครูดกินบนปะการังของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแนวปะการัง

สิ่งมีชีวิต	อัตราการครูดกินปะการัง	
	เชิงพื้นที่ (ตารางเซนติเมตร / วัน / ตัว)	เชิงปริมาณหินปูน (กรัม / วัน / ตัว)
หอยแปดเกล็ด (Trudgill, 1976; 1983)	0.006 (0.6 ตารางมิลลิเมตร / วัน / ตัว)	
ปลานกแก้ว <i>Scarus rubroviolaceus</i> และ ปลานกแก้ว <i>Chlorurus perspicillatus</i> (Ong and Holland, 2010)		164.38 (60 กิโลกรัม / ปี / ตัว)
เม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> (Dumont et al., 2013)		ปะการัง <i>Platygyra</i> sp. = 0.28 ปะการัง <i>Porites</i> sp. = 0.21
เม่นทะเลหนามดำ <i>Diadema setosum</i> (ผลการศึกษาในครั้งนี้ ในชุดการทดลองที่ไม่มีสาหร่าย)	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> = 1.59	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> = 0.20

5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและพื้นที่ของปะการังภายหลังการครูดกิน ของเม่นทะเลหนามดำ

จากผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนปะการังเขากวางทั้งก่อนและหลังการทดลอง เพื่อประเมินความสัมพันธ์ พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (น้ำหนักเปียก) และพื้นที่ของปะการังเขากวางที่หายไปภายหลังการทดลอง ซึ่งเป็นไปตามรายงานของ Dahl (1973) โดยระบุว่าเมื่อพื้นผิวของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้น้ำหนักของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงในทางเดียวกัน อนึ่ง จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า ความชันของเส้นแนวโน้มในสมการเส้นตรง ($y = 0.1841x$) มีค่าน้อย ซึ่งแสดงว่า การครูดกินเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการัง *Acropora millepora* ของการศึกษาในครั้งนี้ ส่งผลให้พื้นที่ผิวของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงมาก แต่ส่งผลให้น้ำหนักของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

5.4 ความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ภายหลังการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum*

ภายหลังการพักฟื้น 14 วัน ของชิ้นส่วนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ที่ถูกครูดกินโดยเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* ของทั้ง 2 การทดลอง พบอัตราการรอดของชิ้นส่วนปะการังเขากวางที่พักฟื้นในธรรมชาติมีมากกว่าในโรงเพาะฟักปะการัง โดยถึงแม้ว่าสถานที่ฟื้นตัวทั้ง 2 ที่ของชิ้นส่วนปะการังเขากวางมีระดับความเค็ม และอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32 psu และ 28 °C ตามลำดับ แต่อัตราการหมุนเวียนของน้ำทะเลในธรรมชาติมีมากกว่าในโรงเพาะฟักปะการัง ทั้งนี้อาจส่งผลให้ในธรรมชาติมีอาหารในมวลน้ำมีมากกว่าในโรงเพาะฟักปะการัง ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการฟื้นตัวของปะการัง (Connolly et al., 2012)



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

- (1) พบความหนาแน่นของประชากรเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* บริเวณแนวปะการัง ของหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ที่ 3.66 ± 1.11 ตัวต่อตารางเมตร และพบมากที่สุดที่บริเวณแนวปะการังของเกาะเตาหม้อ ที่ 10.25 ± 0.20 ตัวต่อตารางเมตร ทั้งนี้แนวปะการังบริเวณเกาะเตาหม้อมีสัดส่วนการครอบคลุมของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นหิน
- (2) พบปริมาณหินปูน (CaCO_3) ในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* ขนาดเล็ก (3.0-3.5 เซนติเมตร) ขนาดกลาง (4.0-4.5 เซนติเมตร) และขนาดใหญ่ (5.0-5.5 เซนติเมตร) ที่ 1.91 ± 0.09 กรัม และขนาดเล็กมีปริมาณหินปูนน้อยที่สุด ที่ 1.08 ± 0.09 กรัม
- (3) พบการลดลงของน้ำหนักแห้งของอาหารภายในกระเพาะเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* แต่ละชั่วโมง มีรูปแบบตามสมการเอกโพเนนเชียล ($y = 2.212e^{-0.04x}$) โดยเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบปริมาณหินปูนลดลงเหลือประมาณ 30% ของปริมาณหินปูนทั้งหมดที่อยู่ในกระเพาะอาหารเริ่มแรก และเมื่อผ่านไป 72 ชั่วโมง เหลือปริมาณหินปูนที่อยู่ในน้อยกว่า 5 % ของปริมาณหินปูนดังกล่าว ทั้งนี้ มีสัดส่วนการเปลี่ยนถ่ายอาหารของกระเพาะเม่นทะเลเลหนามดำ ที่ 0.96 ต่อวัน
- (4) ในการศึกษาพฤติกรรมการครูดกินอาหารของเม่นทะเลเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ทั้งในเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูน พบว่า อัตราการครูดกินของเม่นทะเลเลหนามดำมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ระหว่างการทดลองที่ไม่มี และ มีสาหร่าย *Cladophora* sp.

(5) ในการเปรียบเทียบอัตราการครูดกินโดยเฉลี่ยของเม่นทะเลหนามดำ *Diadema setosum* บนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ในเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนของทั้ง 2 การทดลอง พบว่า การทดลองที่ไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. มีอัตราการครูดกินของเม่นทะเลหนามดำ ที่ 1.59 ± 0.18 ตารางเซนติเมตรต่อวัน และ 0.20 ± 0.01 กรัมต่อวัน ในเชิงพื้นที่ และเชิงปริมาณหินปูนตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการทดลองที่มีสาหร่าย *Cladophora* sp.

(6) เมื่อนำชิ้นส่วนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ภายหลังจากการทดลองที่มี และไม่มีสาหร่าย *Cladophora* sp. พักฟื้นเป็นระยะเวลา 14 วัน พบอัตราการรอดของชิ้นส่วนปะการังเขากวางที่นำไปฟื้นตัวในทะเลธรรมชาติ 100% ซึ่งมากกว่าอัตราการรอดของปะการังเขากวางที่นำไปฟื้นตัวในระบบเพาะเลี้ยงบนบก



รายการอ้างอิง

- Bak, R. P. M. 1990. Patterns of echinoid bioerosion in two pacific coral reef lagoons. Marine Ecology Progress Series 66 267-272.
- Bak, R. P. M. 1993. Sea urchin bioerosion on coral reefs: place in the carbonate budget and relevant variables. Coral Reefs 13 99-103.
- Birkeland, C. 1977. Life and Death of Coral Reefs. New York, Chapman & Hall.
- Campbell, N. A. and J. B. Reece 2005. Biology. San Francisco, Benjamin Cummings.
- Carpenter, R. C. 1985. Sea urchin mass-mortality: Effect on reef algal abundance, species composition, and metabolism and other coral reef herbivores. The 5th International Coral Reef Congress, Tahiti.
- Carreiro-Silva, M. and T. R. McClanahan 2001. Echinoid bioerosion and herbivory on Kenyan coral reefs: the role of protection from fishing. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 262 133-153.
- Chavanich, S., V. Viyakarn, P. Adams, J. Klammer and N. Cook 2012. Reef communities after the 2010 mass coral bleaching at Racha Yai island in the Andaman sea and Koh Tao in the Gulf of Thailand. Phuket Marine Biological Center Research Bulletin 71 103-110.
- Connolly, S. R., M. A. Lopez-Yglesias and K. R. N. Anthony 2012. Food availability promotes rapid recovery from thermal stress in a scleractinian coral. Coral Reefs 31 951-960.
- Coppard, S. E. and A. C. Campbell 2005. Taxonomic significance of spine morphology in the echinoid genera *Diadema* and *Echinothrix*. Invertebrate Biology 123 (4):357-371.
- Dahl, A. L. 1973. Surface area in ecological analysis: Quantification of benthic coral-reef algae. Marine Biology 23 239-249.
- Davies, S. W. and P. D. Vize 2008. Effects of herbivore grazing on juvenile coral growth in the Gulf of Mexico. The 11th International Coral Reef Symposium, Florida.

- Dumont, C., D. Drolet, I. Deschenes and J. Himmelman 2007. Multiple factors explain the covering behaviour in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Animal Behaviour* 73 (6):979-986.
- Dumont, C. P., D. C. C. Lau, J. C. Astudillo, K. F. Fong, S. T. C. Chak and J. W. Qiu 2013. Coral bioerosion by the sea urchin *Diadema setosum* in Hong Kong: Susceptibility of different coral species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 441 71-79.
- Elliott, J. M. 1972. Rates of gastric evacuation in brown trout, *Salmo trutta* L. *Freshwater Biology* 2 1-8.
- Elliott, J. M. and L. Persson 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fish. *Journal of Animal Ecology* 47 977-991.
- Hoffman, S. G. and D. R. Robertson 1983. Foraging and reproduction of two Caribbean reef Toadfishes (Batrachoididae). *Bulletin of Marine Science* 33 (4):919-927.
- Hopkins, A. (2009). Marine invertebrates as indicators of reef health: A study of the reefs in the region of Andavadoaka, South West Madagascar. *Conservation Science*, Imperial College London. Master of science: 78.
- James, D. W. 2000. Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Marine Biology* 137 913-923.
- Kohler, K. E. and S. M. Gill 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32 (9):1259-1269.
- Lawrence, J. M. 2013. *Sea urchins: Biology and ecology*. San Diego, Academic Press.
- Lewis, J. B. 1964. Feeding and digestion in the tropical sea urchin *Diadema Antillarum* Philippi. *Canadian Journal of Zoology* 42 (4):549-557.
- Lewis, J. B. 1966. Growth and breeding in the tropical echinoid *Diadema antillarum* Philippi. *Bulletin of Marine Science* 16 151-158.
- Millott, N. 1954. Sensitivity to light and the reactions to changes in light intensity of the Echinoid *Diadema antillarum* Philippi. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 238 (655):187-220.

- Mokady, O., B. Lazar and Y. Loya 1996. Echinoid bioerosion as a major structuring force of Red Sea coral reefs. *Biological Bulletin* 190 367-372.
- Ogden, J. C. 1976. Some aspects of herbivore-plant relationships on Caribbean reefs and seagrass beds. *Aquatic Botany* 2 103-116.
- Ogden, J. C. 1977. Carbonate sediment production by parrotfish and sea urchins on carbonate reefs. *Studies in Geology* 4 281-288.
- Ogden, J. C. and P. S. Lobel 1978. The role of herbivorous fishes and urchins in coral reef communities. *Environmental Biology of Fishes* 3 (1):49-63.
- Ong, L. and K. N. Holland 2010. Bioerosion of coral reefs by two Hawaiian parrotfishes: species, size differences and fishery implications. *Marine Biology* 157 (6):1313-1323.
- Randall, J. E. 1967. Food habits of the tropical reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography* 5 665-847.
- Randall, J. E., R. E. Schroeder and W. Starck 1964. Notes on the biology of the Echinoid *Diadema antillarum*. *Caribbean Journal of Science* 4 421-433.
- Ruengsawang, N. and T. Yeemin 2000. Bioerosion caused by grazing activities on coral communities in the Gulf of Thailand. 9th International Coral Reef Symposium.
- Ruiz-Ramos, D. V., E. A. Hernández-Delgado and N. V. Schizas 2011. Population status of the long-spined urchin *Diadema antillarum* in Puerto Rico 20 years after a mass mortality event. *Bulletin of Marine Science* 87 (1):113-127.
- Sammarco, P. W. 1980. *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: Grazing, competition, and biological disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 45 (2):245-272.
- Sammarco, P. W. 1982. Effects of grazing by *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea) on algal diversity and community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 65 (1):83-105.
- Sangmanee, K., M. Sutthacheep and T. Yeemin 2012. The decline of the sea urchin *Diadema setosum* affected by multiple disturbances in the inner Gulf of Thailand. the 12th International Coral Reef Symposium.
- Sompongchaiyakul, P. (1989). Analysis of chemical species for trace metal in near-shore sediment by sequential leaching method. Faculty of Graduate Studies. Bangkok, Chulalongkorn University. Masters degree: 178.

- Stearn, C. W., T. P. Scoffin and W. Martindale 1977. Calcium carbonate budget of a fringing reef on the West coast of Barbados Part I: zonation and productivity. *Bulletin of Marine Science* 27 479-510.
- Trudgill, S. T. 1976. The marine erosion of limestone on Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Zeitschrift fur Geomorphologie, Supplementband* 26 164-200.
- Trudgill, S. T. 1983. Preliminary estimates of intertidal limestone erosion, One Tree Island, Southern Great Barrier Reef, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms* 8 189-193.
- Tuya, F., J. A. Martin, G. M. Reuss and A. Luque 2001. Food preferences of the sea urchin *Diadema antillarum* in Gran Canaria (Canary Islands, central-east Atlantic Ocean). *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 81 (05):845.
- พีรदनย์ เกิดผล. 2555. การเติบโตของปะการังเขากวาง *Acropora* spp. และ ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ซึ่งมาจากการเพาะขยายพันธุ์ที่อนุบาลในโรงเพาะเลี้ยงกบในธรรมชาติ. รายงานปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 18.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนิติ วงศ์เทพวานิชย์ เกิดวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดตรัง สำเร็จ การศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี การศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทาง ทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555 ระหว่างการศึกษานั้น ได้รับทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2556 และได้รับทุนของโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้ มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) รุ่นที่ 21

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการโดยการตีพิมพ์บทความดังนี้

นิติ วงศ์เทพวานิชย์ สุขนา ชวนิชย์ และ วรณพ วิยะกาญจน์. ประชากรของเม่นทะเล หนามดำ *Diadema setosum* (Leske, 1778) ในแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัต หีบ จังหวัดชลบุรี. การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6, 26 มิถุนายน 2558, มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่ อำเภอมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

นอกจากนี้มีการนำเสนอแบบบรรยายในการประชุมวิชาการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Wongthepwanit, N., Chavanich, S., and Viyakarn, V. 2013. Effect of bioerosion by the sea urchin, *Diadema setosum* (Leske, 1778) on the staghorn coral, *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834). The 8th International Conference on Coelenterate Biology (ICCB), 1-5 December 2013, Eilat, Israel

Wongthepwanit, N., Chavanich, S., Viyakarn, V. 2014. Bioerosion by the Sea Urchin on a Staghorn Coral, *Acropora millepora* in Thailand The 3rd Asia Pacific Coral Reef Symposium (APCRS), 23-27 June 2014, Pintung, Taiwan.