ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และ ปะการังโขด *Porites lutea* บริเวณแสมสาร จังหวัดชลบุรี

นายพีรดนย์ เกิดผล

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE BRAIN CORAL *Platygyra sinensis* AND THE HUMP CORAL *Porites lutea* AROUND SAMAE SAN AREA, CHON BURI PROVINCE

Mr. Peeradon Kirdpol

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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และ ปะการังโขด *Porites lutea* บริเวณแสมสาร จังหวัดชลบุรี
โดย	นายพีรดนย์ เกิดผล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศานิต ปิยพัฒนากร)

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

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

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(คุณ นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พีรดนย์ เกิดผล : ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และปะการังโขด *Porites lutea* บริเวณแสมสาร จังหวัดชลบุรี (REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE BRAIN CORAL *Platygyra sinensis* AND THE HUMP CORAL *Porites lutea* AROUND SAMAE SAN AREA, CHON BURI PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. สุชนา ชวนิชย์, 44 หน้า.

ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และปะการังโขด *Porites lutea* เป็นปะการังชนิดเด่นที่สามารถพบได้ทั่วไปในแนวชายฝั่งอ่าวไทย อย่างไรก็ตาม การศึกษาภายในประเทศที่ผ่านมา มีเพียงการศึกษาในเรื่องนิเวศวิทยา การกระจาย และความหลากหลายเท่านั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในเรื่องชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังดังกล่าว จากการศึกษาพบว่าปะการังสมอง *Platygyra sinensis* เริ่มพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึงเดือนเมษายน และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำตั้งแต่คืนที่ 4 หลังพระจันทร์เต็มดวงเป็นต้นไปติดต่อกัน 1-3 วัน ในช่วงเวลาตั้งแต่ 20:30 น. จนสิ้นสุดการปล่อยเวลา 21:30 น. ความหนาแน่นของเซลล์ไข่และสเปิร์มในแต่ละฝักเซลล์สืบพันธุ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ อัตราการปฏิสนธิสูงกว่า 98% และพบอัตราการลงเกาะสูงที่สุด (64±11.37%) ในการเหนี่ยวนำให้ตัวอ่อนปะการังที่มีอายุ 3 วันลงเกาะ อย่างไรก็ตามพบว่าสาหร่ายหินปูนที่ปกคลุมอยู่บนแผ่นกระเบื้องดินเผาที่ได้เตรียมไว้เพื่อการเหนี่ยวนำลงเกาะแก่งแย่งพื้นที่กับตัวอ่อนปะการังส่งผลให้ปะการังวัยอ่อนกว่า 94.6% ถูกสาหร่ายหินปูนเจริญเติบโตทับและตายภายในเวลา 9 เดือน ส่วนการศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* ในบริเวณแสมสารโดยวิธีทางมิญชวิทยา พบว่าปะการังชนิดนี้มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์สองรอบต่อปีในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง ธันวาคม และเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5672041523 : MAJOR MARINE SCIENCE
KEYWORDS: CORAL REPRODUCTION / HISTOLOGY / CORAL SEXUAL PROPAGATION / CORAL SPAWNING / GAMETES DEVELOPMENT

PEERADON KIRDPOL: REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE BRAIN CORAL *Platygyra sinensis* AND THE HUMP CORAL *Porites lutea* AROUND SAMAE SAN AREA, CHON BURI PROVINCE. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUCHANA CHAVANICH, Ph.D., 44 pp.

Platygyra sinensis and Porites lutea are dominant species in shallow waters of the Gulf of Thailand. However, previous studies of these coral species in Thailand were only emphasized on ecological, dispersion, and diversity aspects. In this study, reproductive biology of *Platygyra sinensis* and *Porites lutea* were investigated. The results showed that gamete development of *Platygyra sinensis* started from January to April of each year. Spawning days occurred the 4th night after fullmoon started from 20:30 to 21:30 pm followed by 1 to 3 days. The densities of eggs and sperms per bundle were significantly correlated. The fertilization rates were higher than 98%. In addition the highest settlement rate (64±11.37%) was observed 3 days after the planula stage. The results also showed that high density of crustose coralline algae on pre-conditioned terracotta substrates could overgrew the corals and led to 94.6% mortality within 9 months. In addition gamete developments of *Porites lutea* were investigated through histological approaches. The results showed that *Porites lutea* around Samae San areas had gametes biannually from August to December and January to May of each year.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้คอยให้คำแนะนำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศานิต ปิยพัฒนากร ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์ และ คุณนิพนธ์ พงศ์สุวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการตรวจแก้รูปเล่ม ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุ์พืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ (นสร.) กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ อาจารย์ ดร. จิรารัช กิตนะ และ คุณขัตพันธุ์ จันทะวงษ์ศรี ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ ตลอดจนการดูแลความปลอดภัยขณะดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการ อพ.สธ. และเจ้าหน้าที่ นสร. ทุกท่าน ที่คอยดูแลและช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ภาคสนามในการศึกษาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณปฐพร เกื้อนุ้ย คุณเสธ์ ทรงพลอย คุณจันทร์จิรา คำดีเงิน คุณอิศรา ศรีสุข สำหรับคำแนะนำและการช่วยเหลือทุกอย่าง รวมไปถึง คุณศุภกาญจน์ จันทร์แดง คุณนิติ วงเทพวานิชย์ คุณวิภาดา ลลิตภัทรกิจ คุณทิพวิมล รัตนะวงวาล คุณณัฐธิดา จันทรศิริ คุณนเรนทร์ ฤทธิ์ ชิ้นฟัก คุณอภิรัตน์ นิลพนาพรรณ สมาชิกในกลุ่มวิจัยปะการังและเพื่อนๆพี่ๆที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกคน ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข และคอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือสนับสนุนเสมอมา วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก "ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนำมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอบกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยห่วงใยอบรมสั่งสอนถามสารทุกข์สุกดิบทุกเช้าเที่ยงเย็น เป็นแรงผลักดันและกำลังใจสำคัญที่ทำให้งานทุกอย่างประสบความสำเร็จ เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวเหตุผล ทฤษฎีที่สำคัญ หรือสมมติฐาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 การสำรวจเอกสาร 3

2.1 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการัง 3

2.2 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 4

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 4

2.3.1 อุณหภูมิน้ำทะเล 4

2.3.2 ช่วงเวลาทางจันทรคติ 5

2.3.3 ปริมาณแสง 5

2.4 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 5

2.5 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* 8

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 11

3.1 ตัวอย่างปะการัง 11

3.2 พื้นที่เก็บตัวอย่างและสถานที่ศึกษา 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.3 การเตรียมตัวอย่างปะการัง 12
3.3.1 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 12
3.3.2 ปะการังโขด *Porites lutea* 13
3.4 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางสรีรวิทยา 13
3.4.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 13
3.4.2 ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 14
3.4.3 ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ออกสู่มวลน้ำ 14
3.4.4 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ 14
3.5 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* โดยวิธีมิญชวิทยา 15
3.5.1 ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* 15
3.5.2 ขนาดรังไข่ (ovaries) และถุงสเปิร์ม (spermaries) ของปะการังโขด *Porites lutea* 15
3.6 อัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และอัตรารอดระยะหลังการลงเกาะของ ตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 16
3.6.1 อัตราการปฏิสนธิของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 16
3.6.2 อัตราการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 16
3.6.3 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะบนพื้นผิว 17
บทที่ 4 ผลการศึกษา 18
4.1 การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางสรีรวิทยา 18
4.1.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 18
4.1.2 ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* 18

หน้า

4.1.3 ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ออกสู่มวลน้ำ.....21

4.1.4 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ.....22

4.2 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* โดยวิธีมิญชวิทยา.....24

4.2.1 ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea*.....24

4.2.1.1 การสร้างเซลล์ไข่ (oogenesis).....24

4.2.1.2 การสร้างเซลล์สเปิร์ม (spermatogenesis).....26

4.2.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของรังไข่ (ovaries) และถุงสเปิร์ม (spermaries) ของปะการังโขด *Porites lutea*.....28

4.3 อัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และอัตรารอดระยะหลังการลงเกาะของ ตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*.....29

4.3.1 อัตราการปฏิสนธิของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*.....29

4.3.2 อัตราการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*.....30

4.3.3 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะบนพื้นผิว.....31

บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผล.....32

5.1 วิจารณ์ผลการศึกษา.....32

5.1.1 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis*.....32

5.1.2 ปะการังโขด *Porites lutea*.....36

5.2 สรุปผลการศึกษา.....37

รายการอ้างอิง.....39

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 พัฒนาการของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ศึกษาด้วยวิธีมิญชวิทยา..... 7

รูปที่ 2-2 พัฒนาการของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra contorta* โดยวิธีทางสรีรวิทยา.....8

รูปที่ 3-1 ลักษณะของโคโลนีปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และปะการังโขด *Porites lutea* ที่ใช้ในการศึกษา..... 11

รูปที่ 3-2 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณแนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ (A) และสถานที่ในการศึกษา ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร (B) ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี..... 12

รูปที่ 3-3 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ที่พบตามระยะการพัฒนาของเซลล์ไข่..... 14

รูปที่ 4-1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560..... 19

รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดกของเซลล์ไข่และความหนาแน่นของสเปิร์มของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ปี 2558..... 22

รูปที่ 4-3 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ.....23

รูปที่ 4-4 ลักษณะของเซลล์ไข่ของปะการังโขด *Porites lutea* ในระยะต่างๆ..... 25

รูปที่ 4-5 การพัฒนาเซลล์ไข่ของปะการังโขด *Porites lutea* ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2559 จำแนกตามระยะการพัฒนา (stage II ถึง IV).....26

รูปที่ 4-6 ลักษณะของถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ในระยะต่างๆ..... 27

รูปที่ 4-7 การพัฒนาถุงสปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2559 จำแนกตามระยะการพัฒนา (stage II ถึง IV)..... 28

รูปที่ 4-8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตในรอบปีของรังไข่และถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea*.....29

รูปที่ 4-9 อัตราการลงเกาะของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในปี 2559 ณ ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 จำแนกตามอายุของตัวอ่อนปะการัง.....30

Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 4-10 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะเป็นเวลา 9 เดือน.....31

รูปที่ 5-1 อุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณเกาะแสมสารและเกาะข้างเคียง จังหวัดชลบุรี.....33

รูปที่ 5-2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำรายวันในช่วงเดือนที่ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ.....34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 ช่วงเดือนที่พบเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ตั้งแต่ปี 2557-2560 20

ตารางที่ 4-2 ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560 21

ตารางที่ 4-3 ขนาดของบันเดิล ความดกของเซลล์ไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในปี 2558 21

ตารางที่ 4-4 อัตราการปฏิสนธิภายในโคโลนีเดียวกันและแบบข้ามโคโลนีของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558-2560 29

ตารางที่ 4-5 อัตราการลงเกาะของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560 30

ตารางที่ 5-1 ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra* spp. ชนิดต่างๆ จำแนกตามสถานที่ 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

1.1 แนวเหตุผล ทฤษฎีที่สำคัญ หรือสมมติฐาน

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศทางทะเลที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นแหล่งดำรงชีวิตของสัตว์น้ำนานาชนิด โดยเป็นทั้งแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ แหล่งหลบภัยของสัตว์ผู้ถูกล่า การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปะการังจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ อย่างไรก็ตาม รายงานการศึกษาเกี่ยวกับปะการังในประเทศที่ผ่านมาถึงแม้ว่ามีค่อนข้างมาก แต่ส่วนใหญ่เป็นงานด้านความหลากหลายและการกระจายของประชากรปะการัง งานศึกษาด้านอื่น เช่น งานด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์เบื้องต้นหรือด้านปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อปะการังยังมีไม่มาก ผนวกกับในปัจจุบัน แนวปะการังทั่วโลกอยู่ในภาวะที่เสื่อมโทรมอย่างหนัก การศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นเพื่อเข้าใจถึงชีววิทยาการสืบพันธุ์ของกลุ่มปะการังก้อน ได้แก่ ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* (Milne Edwards and Haime, 1849) และปะการังโขด *Porites lutea* (Milne Edwards and Haime, 1851) ซึ่งไม่มีรายงานการศึกษาใดๆ ในประเทศ เพื่อนำไปเป็นประโยชน์ในการฟื้นฟูระบบนิเวศแนวปะการังจากการเพาะขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การฟื้นฟูระบบนิเวศแนวปะการังโดยอาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างปะการังเทียม (artificial reefs) ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการลงเกาะให้กับตัวอ่อนของปะการัง และการเพาะฟักปะการังจากเซลล์สืบพันธุ์โดยตรง ซึ่งทำได้โดยการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ที่มีการปล่อยออกสู่มวลน้ำตามธรรมชาติ แล้วนำมาทำการปฏิสนธิและอนุบาลในโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง ทั้งนี้ จุดเด่นของวิธีการเพาะฟักปะการังจากเซลล์สืบพันธุ์โดยตรงนี้ไม่เพียงเป็นการเพิ่มอัตรารอดให้กับปะการังแต่ละระยะเมื่อเปรียบเทียบกับการสืบพันธุ์ของปะการังตามธรรมชาติ แต่ยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมให้กับลูกพันธุ์ปะการังรุ่นใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับการขยายพันธุ์ปะการังแบบไม่อาศัยเพศ อย่างไรก็ตาม การฟื้นฟูระบบนิเวศแนวปะการังด้วยหลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศต้องใช้เวลานานและมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่าการฟื้นฟูโดยหลักการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการวางแผนในการอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรปะการัง โดยการเพาะขยายพันธุ์ในระบบเพาะฟักเพื่อนำกลับคืนสู่ธรรมชาติต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และ ปะการังโขด *Porites lutea* โดยศึกษาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมองด้วยวิธีทางสรีรวิทยา (physiology) และ ปะการังโขดด้วยวิธีทางมิญชวิทยา (histology) และศึกษาอัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และอัตรารอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสมอง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนจัดการและการอนุรักษ์ฟื้นฟูแนวปะการัง โดยการเพาะขยายพันธุ์ในระบบเพาะฟักเพื่อนำกลับคืนสู่ธรรมชาติต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 การสำรวจเอกสาร

2.1 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการัง

ปะการังเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังที่จัดอยู่ในไฟลัม Cnidaria ลำดับ Scleractinia มีจุดเด่นที่แตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่นในไฟลัมเดียวกันคือ มีโครงร่างแข็งที่ประกอบด้วยหินปูน มีการดำรงชีวิตทั้งแบบเป็นตัวเดี่ยว (solitary) และอยู่รวมกันเป็นโคโลนี (colony) ลำตัวมีเนื้อเยื่อทั้งหมด 3 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอก (ectodermis) ชั้นกลาง (mesoglea) และชั้นใน (gastrodermis) มีหนวด (tentacle) 6 เส้น หรือเป็นทวีคูณของ 6 ซึ่งใช้ในการจับอาหาร กำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากปาก และป้องกันตัว (Barnes, 1987; Levinton, 1995; Veron, 2000)

การสืบพันธุ์ของปะการังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศส่วนใหญ่เป็นการแตกหน่อ (budding) เพื่อขยายขนาดของโคโลนี หรือเป็นการแตกหักของชิ้นส่วนโคโลนี (fragmentation) ซึ่งสามารถเกิดเป็นโคโลนีใหม่ อย่างไรก็ตาม การสืบพันธุ์ในลักษณะนี้ส่งผลให้ปะการังมีรหัสทางพันธุกรรมคงเดิม (Harrison, 2011) ขณะที่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศซึ่งแบ่งออกเป็น แบบแยกเพศ (gonochoristic) ที่แต่ละโคโลนีของปะการังสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้เพียงเพศเดียวเท่านั้น และแบบกะเทย (hermaphroditic) ที่แต่ละโคโลนีสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ทั้งเซลล์ไข่และสเปิร์ม (Harrison, 2011) ทั้งนี้ ปะการังส่วนใหญ่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ ทำให้เกิดการปฏิสนธิภายนอก จนได้ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำที่เรียกว่า พลานูลา (planula larvae) อย่างไรก็ตาม ปะการังบางชนิดที่มีการปฏิสนธิภายใน ซึ่งมีการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังภายในโคโลนีแม่ ก่อนปล่อยตัวอ่อนระยะว่ายน้ำออกสู่มวลน้ำ (Richmond and Hunter, 1990) ปะการังที่มีลักษณะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ หรือ ตัวอ่อนปะการังออกสู่มวลน้ำดังกล่าว เรียกว่า ปะการังกลุ่มที่เป็น spawner หรือ brooder ตามลำดับ (Richmond and Hunter, 1990) เซลล์สืบพันธุ์ของกลุ่มปะการังที่เป็นกะเทยและมีรูปแบบการสืบพันธุ์แบบปฏิสนธิภายนอก (hermaphroditic broadcast spawner) จะถูกปล่อยออกมาในลักษณะที่เป็นกลุ่ม ซึ่งเรียกว่า บันเดิล (bundle) ประกอบด้วยเซลล์ไข่ที่มีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดปะการัง พร้อมกับมีถุงสเปิร์ม (sperm pocket) แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ไข่ในบันเดิลดังกล่าว เมื่อบันเดิลเหล่านี้ล่องลอยขึ้นสู่ผิวน้ำจึงมีการแตกตัวและกระจายเซลล์ไข่และสเปิร์ม

ออกจากกัน เพื่อประโยชน์ในการผสมข้ามโคโลนี และสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรม ก่อนที่จะปฏิสนธิและมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนพลานูลาในที่สุด

2.2 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

การสร้างและการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์จนถึงระยะสมบูรณ์เพศของปะการังมีระยะเวลาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและหลากหลายปัจจัย หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ อุณหภูมิ จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำทะเลที่สูงขึ้นจะช่วยเร่งการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้ถุงสเปิร์มที่พัฒนาเร็วขึ้นเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ที่เร็วกว่าพื้นที่มีอุณหภูมิน้ำทะเลต่ำกว่า (Babcock et al., 1986) ตัวอย่างระยะเวลาในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ปะการังชนิดต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการสร้างไข่ของปะการังสมอง *Platygyra acuta* ในน่านน้ำของฮ่องกง ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน ขณะที่ระยะเวลาการสร้างสเปิร์มใช้เวลาเพียง 2 เดือนก่อนการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เท่านั้น (Chui et al., 2014) สำหรับกรณีปะการังเขากวาง Acroporidae 4 ชนิด ในบริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่าใช้ระยะเวลาในการสร้างไข่ใกล้เคียงกันที่ 5–6 เดือน ขณะที่สเปิร์มใช้เวลาในการพัฒนา 1 เดือนก่อนพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำ (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) ทั้งนี้ ปะการังเขากวาง *Acropora cervicornis* บริเวณแนวชายฝั่ง รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เวลาในการสร้างทั้งเซลล์ไข่และสเปิร์มใกล้เคียงกันที่ประมาณ 8 เดือน (Vargas-Ángel et al., 2006)

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1 อุณหภูมิน้ำทะเล

สืบเนื่องจากการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ที่เร็วขึ้น อุณหภูมิของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นจึงกระตุ้นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ให้เกิดเร็วขึ้น (Babcock et al., 1986; Nozawa, 2012; Howells et al., 2014) ปะการังที่อาศัยอยู่ในบริเวณน้ำตื้นจึงมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ก่อนกลุ่มที่อาศัยอยู่ในระดับน้ำที่ลึกกว่า เพราะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลในน้ำตื้นเกิดขึ้นเร็วกว่า (Harrison et al., 1984)

2.3.2 ช่วงเวลาทางจันทรคติ

ช่วงเวลาทางจันทรคติที่ส่งผลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละชนิดมีความเฉพาะเจาะจงแตกต่างกัน ปะการังส่วนใหญ่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์หลังดวงจันทร์เต็มดวง หรือหลังขึ้น 15 ค่ำเป็นต้นไป (Richmond and Hunter, 1990) นอกจากนี้ ช่วงเวลาตามจันทรคติยังสัมพันธ์กับความเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล กล่าวคือ ปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในคืนน้ำตาย หรือคืนที่มีความเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำน้อยที่สุด เพื่อลดการกระจายของเซลล์สืบพันธุ์ในมวลน้ำ ซึ่งเป็นการสร้างโอกาสให้มีการปฏิสนธิสูงสุด (Babcock et al., 1994) อนึ่ง ในประเทศไทยมีรายงานการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังบางชนิด เช่น ปะการังเขากวาง *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงระหว่างแรม 7–12 ค่ำ ของเดือนกุมภาพันธ์ ขณะที่ปะการังเขากวาง *Acropora humilis* และ *Acropora hyacinthus* มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในรอบของวิถีดวงจันทร์ถัดไป (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) สำหรับปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora darmicornis* ซึ่งเป็นกะเทยและมีการสืบพันธุ์แบบปฏิสนธิภายใน (hermaphroditic brooder) บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงขึ้น 15 ค่ำ และแรม 15 ค่ำของทุกเดือน (ปฐพร เกื้อนุ้ย, 2551)

2.3.3 ปริมาณแสง

การที่ปะการังมีพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเวลากลางคืนเป็นการลดโอกาสการมองเห็นเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งถูกล่าขณะถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำ เช่น จากปลาที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (Harrison et al., 1984; Babcock et al., 1986) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปะการังในกลุ่มปะการังแข็ง (scleractinian) ไม่มีอวัยวะที่พัฒนามาเพื่อรับแสง พฤติกรรมการตอบสนองต่อแสงของปะการังที่เกี่ยวกับการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การตอบสนองต่อแสงของรงควัตถุ (pigment) ภายในเนื้อเยื่อของปะการัง หรือการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) เป็นต้น (Harrison and Wallace, 1990; Guest, 2004)

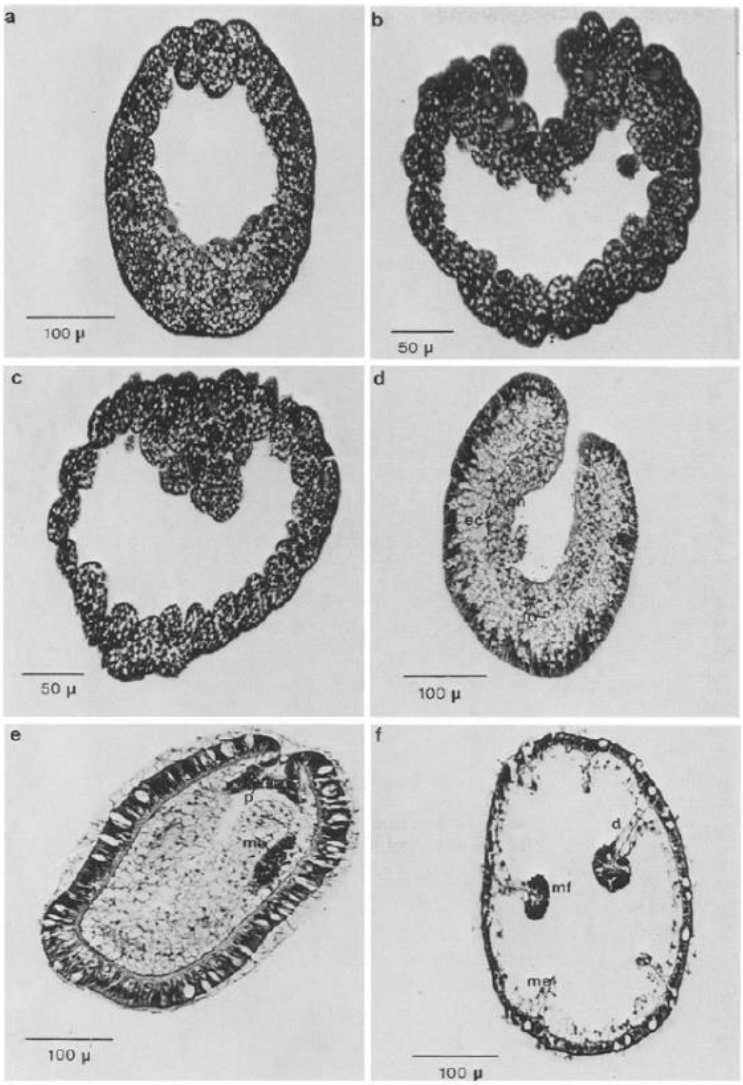
2.4 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* มีลักษณะเป็นปะการังก้อนขนาดใหญ่ที่มีผนังกั้นระหว่างโพลิปยื่นออกมาคล้ายกับสมอง มีลักษณะเพศเป็นแบบกะเทยที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ (Simpson, 1985; Babcock et al., 1986; Mangubhai and Harrison, 2006) ปะการังชนิดนี้

สามารถพบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Veron, 2000) รวมถึงอ่าวไทยทั้งหมด การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra* spp. สามารถศึกษาได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) (Mangubhai and Harrison, 2008) เนื่องจากมีขนาดโพลิปใหญ่มากกว่า 10 มิลลิเมตร (Veron, 2000) ซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่เพียงพอและง่ายต่อการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของเซลล์ไข่ที่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ การพัฒนาของเซลล์ไข่สามารถแบ่งออกได้ตามระยะการพัฒนาซึ่งปรากฏให้เห็นเป็นสีที่เปลี่ยนแปลงไป จากสีขาวจนถึงสีชมพูเข้ม (Harrison et al., 1984; Oliver et al., 1988; ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550)

หลังจากที่เซลล์ไข่ของปะการังได้รับการผสมกับเซลล์สเปิร์มแล้ว ตัวอ่อนที่รับการผสมจากเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียที่มาจากปะการังต่างโคโลนีกันจะเริ่มแบ่งเซลล์จนพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ และลงเกาะบนพื้นผิวเพื่อเข้าสู่กระบวนการเมตามอร์โฟสิส (metamorphosis) ตัวอย่างการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางมิญชวิทยา (histology) และ *Platygyra contorta* โดยวิธีทางสรีรวิทยา (physiology) แสดงในรูปที่ 2-1 และ 2-2 ตามลำดับ (Babcock and Heyward, 1986); Okubo et al., 2013) พบการแบ่งเซลล์ครั้งแรกเกิดขึ้น 2 ชั่วโมงหลังจากเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิ จากนั้นจึงค่อยๆ แบ่งเซลล์ทวีคูณต่อไปจนมีลักษณะแบนลง เรียกว่าระยะหมอน (cushion stage) และมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนที่เริ่มว่ายน้ำอย่างรวดเร็วเพื่อหาพื้นผิวที่เหมาะสมแก่การลงเกาะ (Babcock and Heyward, 1986; Chui et al., 2014)

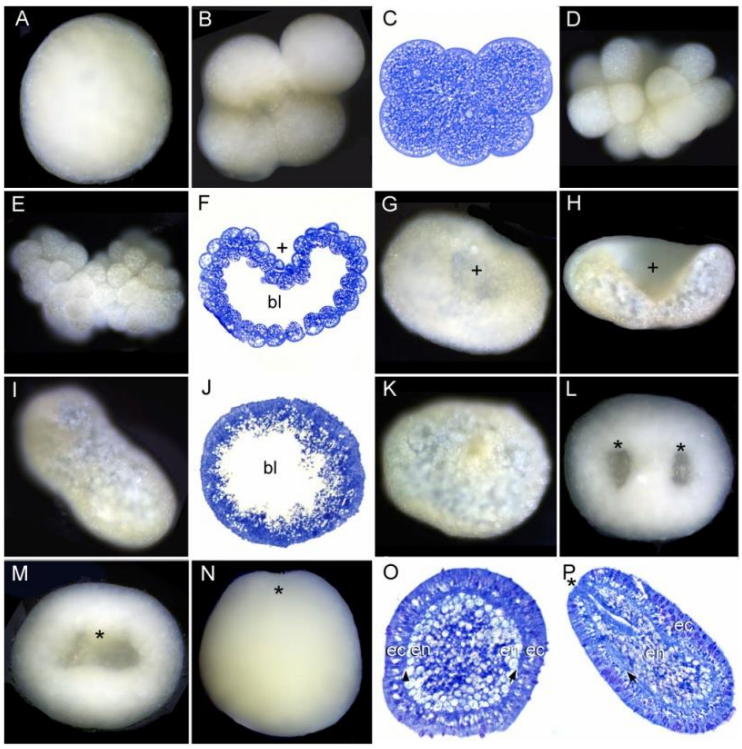
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ที่มา Babcock and Heyward (1986)

รูปที่ 2-1 ตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางมิญชวิทยา จำแนกตามระยะการพัฒนา โดย A–B: ระยะโมรูลา (morula) อายุ 7 ชั่วโมง; C: ระยะโมรูลา อายุ 10 ชั่วโมง; D: ระยะพลานูลา (planula) ก่อนการยืดตัว อายุ 26 ชั่วโมง; E: ระยะพลานูลา หลังการยืดตัวและมีการพัฒนาช่องปากอย่างสมบูรณ์ อายุ 6.5 วัน; และ F: ตัวอ่อนระยะเมตามอร์โฟสิส (metamorphosis) ก่อนการลงเกาะ อายุ 8 วัน



(ที่มา Okubo et al. (2013)

รูปที่ 2-2 ตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra contorta* โดยวิธีทางสรีรวิทยา จำแนกตามระยะการ โดย A–D: ระยะ 8–32 เซลล์; E: ระยะโมรูลา (morula); F: ภาพตัดขวางของระยะหมอน (cushion); G: ลักษณะภายนอกของระยะหมอนโดยเครื่องหมาย + แสดงการเกิด ซูโดบลาสโทพอร์ (pseudoblastopore); H: ระยะหมอน (cushion); I: ซูโดบลาสโทพอร์หายไปก่อนเข้าสู่ระยะสร้างช่องปาก; J: ภาพตัดขวางของระยะก่อนสร้างช่องปาก โดยแสดงช่องว่างภายในเรียกว่า บลาสทูลา (blastula); K: ลักษณะภายนอกของระยะก่อนสร้างช่องปาก L-M: ระยะสร้างช่องปากโดยเครื่องหมาย * แสดงการเกิดบลาสโทพอร์ (blastopore); N-O: ลักษณะภายนอกและภาพตัดขวางของระยะพลานูลา (planula) ก่อนการยืดตัว และ P: ระยะพลานูลาหลังเกิดการยืดตัว

2.5 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea*

ปะการังโขด *Porites lutea* เป็นปะการังอีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นก้อนขนาดใหญ่ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีใหญ่ได้มากกว่า 4 เมตร (Veron, 2000) และพบได้ทั่วไปในอ่าวไทย ปะการังโขดมีลักษณะเพศเป็นแบบแยกเพศ โดยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำ (Fadlallah, 1983; Simpson, 1985; Babcock et al., 1986)

การศึกษาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* นั้นแตกต่างออกไปจากการศึกษาในปะการังสมอง เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของ corallite ของปะการังโขด *Porites* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.0–1.5 มิลลิเมตร เท่านั้น (Veron, 2000) ทำให้ยากต่อการศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์ ทั้งนี้ ปะการังกลุ่มที่มีโพลิปขนาดใหญ่มีการสร้างเซลล์ไข่ต่อโพลิปมากกว่ากลุ่มปะการังที่มีโพลิปขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญ (Shlesinger et al., 1998) อีกทั้งการที่รูปแบบการสืบพันธุ์ที่มีลักษณะเพศแตกต่างกันในแต่ละโคโลนี (Fadlallah, 1983) จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทางมิญชวิทยาประกอบการคัดแยกลักษณะเพศของปะการังโคโลนีนั้นๆ

มิญชวิทยา เป็นการศึกษาเนื้อเยื่อหรือเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในระดับเล็ก (microscopic) โดยการแบ่งชิ้นส่วนของสิ่งที่ต้องการศึกษาออกเป็นแผ่นบางเพื่อนำไปย้อมสี แล้วจึงนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ วิธีการนี้เป็นที่นิยมในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อภายในตัวปะการัง รวมถึงการศึกษาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ที่ต้องการย้อมสี ซึ่งส่งผลให้สามารถคัดแยกเซลล์สืบพันธุ์ออกจากเนื้อเยื่ออื่นได้อย่างชัดเจน (Baird et al., 2011)

การจำแนกลักษณะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites* sp. โดยวิธีการทางมิญชวิทยา สามารถแยกออกได้ 4 ระยะ ตามขนาดและลักษณะรูปร่างของเซลล์ไข่หรือถุงสเปิร์ม (Glynn et al., 1984) เช่น การพบสาหร่ายซูแซนเทลลีเคลื่อนตัวเข้าสู่เซลล์ไข่ในระยะสุดท้าย (Fadlallah, 1983; Glynn et al., 1984) ทำให้สามารถระบุถึงความพร้อมในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาอย่างแพร่หลาย หรือระยะพัฒนาของสเปิร์ม (spermatocyte) ซึ่งจำแนกได้อย่างชัดเจนจากลักษณะช่องว่าง เรียกว่า ลูเม็น (lumen) และการจัดเรียงปลายหางของสเปิร์มไปในทิศทางเดียวกันที่จุดศูนย์กลางทำให้มีลักษณะคล้ายช่อดอกไม้ เป็นต้น

พฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* และชนิดใกล้เคียงมีความแตกต่างจากปะการังสมองเนื่องจากลักษณะการแยกเพศของแต่ละโคโลนี กล่าวคือ ปะการังโขดสามารถปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำในลักษณะเป็นละอองฟุ้งคล้ายกลุ่มเมฆ (Babcock et al., 1986) นอกจากนี้ ยังมีรายงานพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงกลางวันบริเวณหมู่เกาะฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา (Riddle, 2011) ซึ่งพบการปล่อยเซลล์ไข่ก่อนการปล่อยสเปิร์มหนึ่งวันในช่วงเวลาระหว่าง 12:00 น. ถึง 14:00 น. อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาใดๆ ที่กล่าวถึงการเก็บทั้งเซลล์ไข่และสเปิร์มของปะการังโขดดังกล่าวมาศึกษาการพัฒนาของตัวอ่อนเมื่อได้รับการปฏิสนธิ แต่มีการศึกษาของปะการังชนิดใกล้เคียง เช่น ศึกษาลักษณะการเคลื่อนตำแหน่งของสาหร่ายซูแซนเทลลีในเซลล์ไข่และตัวอ่อนของปะการัง *Porites cylindrica* ซึ่งมีลักษณะเป็นกิ่ง (Hirose and Hidaka,

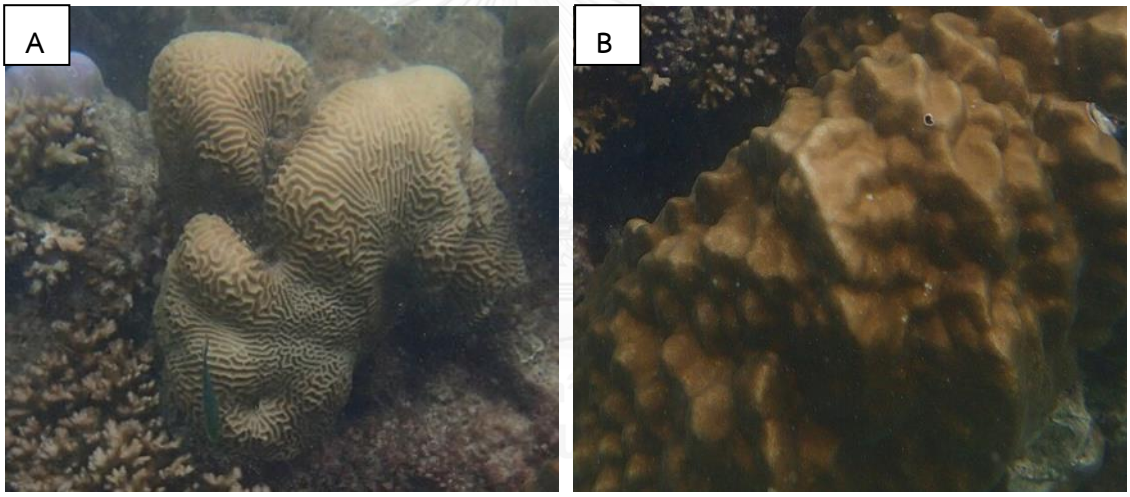
2006) หรือศึกษารูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการัง *Porites astreoides* ที่มีลักษณะเป็นก้อน (Chornesky and Peters, 1987) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ตัวอย่างปะการัง

ปะการังที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* (Milne Edwards & Haime, 1849) (รูปที่ 3-1A) ซึ่งสามารถสร้างไข่และสเปิร์มได้ในโคโลนีเดียวกัน (simultaneous hermaphroditism) ขณะที่ปะการังโขด *Porties lutea* (Milne Edwards & Haime, 1851) (รูปที่ 3-1B) สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้เพียงเซลล์ไข่หรือเซลล์สเปิร์มภายในโคโลนีนั้นๆเท่านั้น (simultaneous gonochoristism)

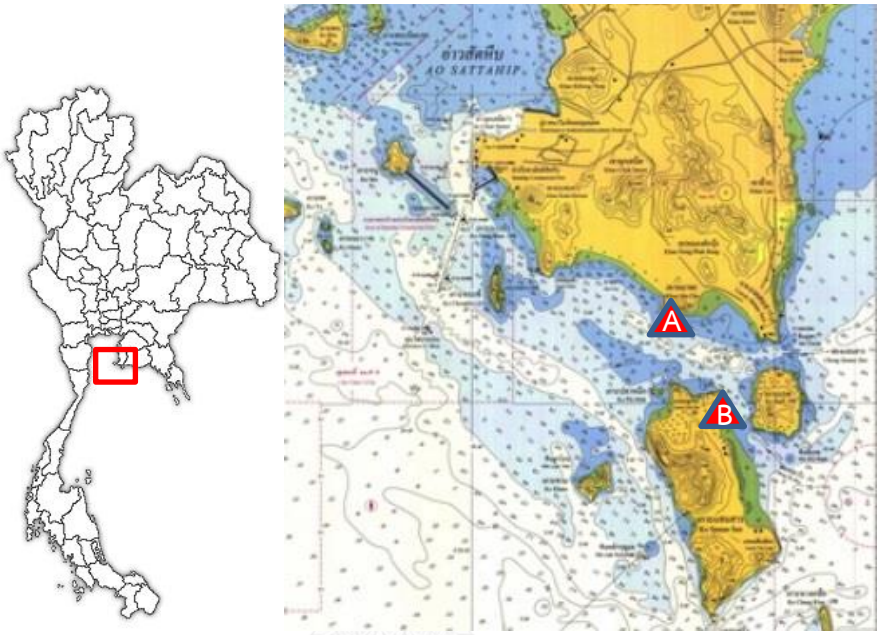


รูปที่ 3-1 ลักษณะของโคโลนี A: ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และ B: ปะการังโขด *Porites lutea* ที่ใช้ในการศึกษา

3.2 พื้นที่เก็บตัวอย่างและสถานที่ศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และปะการังโขด *Porites lutea* บริเวณแนวปะการังชายฝั่งทะเลเขาหมาจอ ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ที่ระดับความลึกประมาณ 3 เมตร (รูปที่ 3-2A) โดยเก็บตัวอย่างปะการังสมอง *Platygyra sinensis* มาทำการเพาะฟัก ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย

ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (รูปที่ 3-2B) และนำมาศึกษาทางสรีรวิทยา ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขณะที่นำตัวอย่างปะการังโขด *Porites lutea* มาศึกษาทางมิญชวิทยา ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-2 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ A: แนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ และ B: สถานที่ในการศึกษา ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

Chulalongkorn University

3.3 การเตรียมตัวอย่างปะการัง

3.3.1 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

สุ่มเลือกโคโลนีปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 1 เมตร จำนวน 15 โคโลนี มาทำการติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง ต่อเนื่องทุกเดือน เป็นเวลา 1 รอบปี (12 เดือน) โดยกะเทาะชิ้นส่วนปะการังให้มีขนาดประมาณ 5 x 5 ตารางเซนติเมตร ต่อโคโลนี โคโลนีละ 3 ชิ้น เป็นประจำทุกเดือน จากนั้น เมื่อสามารถระบุช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จากการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ได้ จึงทำการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ (ไข่และสเปิร์ม) ของปะการังดังกล่าวจำนวน 10 โคโลนี มาศึกษาทางสรีรวิทยาของการพัฒนาภายหลังการปฏิสนธิต่อไป

3.3.2 ปะการังโขด *Porites lutea*

สุ่มเลือกโคโลนีปะการังโขด *Porites lutea* ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 1 เมตร จำนวน 10 โคโลนี เพื่อติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโดยวิธีทางมิญชวิทยา ต่อเนื่องทุกเดือน เป็นเวลา 1 รอบปี (12 เดือน) โดยทำการกะเทาะชิ้นส่วนปะการังให้มีขนาดประมาณ 5 x 5 ตารางเซนติเมตร ต่อโคโลนี โคโลนีละ 3 ชิ้น โดยเลือกกะเทาะบริเวณกลางโคโลนี เนื่องจากบริเวณขอบของโคโลนีมีการขยายตัวเพื่อเพิ่มขนาด ทำให้ทรัพยากรถูกนำไปใช้ในการเติบโตเป็นหลัก และเป็นบริเวณที่โพลิปยังมีอายุน้อย รวมถึงเป็นวิวัฒนาการของปะการังเพื่อลดความเสี่ยงจากการล่าหรือการแตกหักของโคโลนี (Chornesky and Peters, 1987) หลังจากนั้น จึงนำชิ้นส่วนของปะการังดังกล่าวไปรักษาสภาพของเนื้อเยื่อด้วย 10% ฟอร์มาลินในน้ำทะเล เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปรักษาไว้ใน 70% แอลกอฮอล์ เพื่อศึกษาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์โดยวิธีทางมิญชวิทยาต่อไป

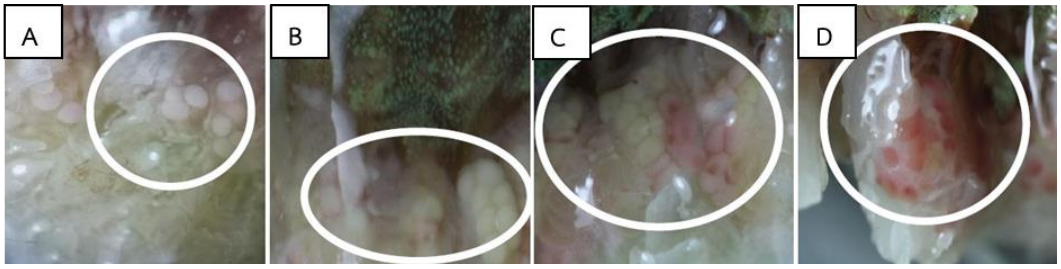
3.4 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางสรีรวิทยา

แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ 2) ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 3) ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ และ 4) ระยะการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังหลังการปฏิสนธิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

ติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยการดำน้ำแบบ SCUBA เพื่อเก็บตัวอย่างมาศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ แบ่งระยะการพัฒนาของเซลล์ไข่ที่พบออกเป็น 4 ระยะตามวิธีการจำแนกของ Harrison et al. (1984) ได้แก่ 1) ระยะเซลล์ไข่สีขาว 2) ระยะเซลล์ไข่สีเหลือง 3) ระยะเซลล์ไข่สีเหลืองปนสีชมพู และ 4) ระยะเซลล์ไข่สีชมพู (พีรดนย์ เกิดผล และคณะ, 2559) (รูปที่ 3-3)



รูปที่ 3-3 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ที่พบตามระยะการพัฒนาของเซลล์ไข่ ประกอบด้วย A: เซลล์ไข่สีขาว; B: เซลล์ไข่สีเหลือง; C: เซลล์ไข่สีเหลืองปนชมพู; และ D: เซลล์ไข่สีชมพู ตามลำดับ

3.4.2 ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

เมื่อพบเซลล์ไข่มีลักษณะเป็นสีชมพูเข้ม บ่งบอกถึงการที่เซลล์ไข่มีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ จึงสังเกตการปรากฏของถุงสเปิร์ม เพื่อยืนยันความพร้อมของเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมด ทำให้สามารถคาดการณ์ช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำได้ จากนั้นจึงติดตามการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยการดำน้ำแบบ SCUBA ในพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่เวลา 19:00–22:00 น. ตั้งแต่แรม 1 ค่ำ ภายหลังการปรากฏของถุงสเปิร์ม เป็นต้นไป จนปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ บันทึกเวลาที่ปะการังพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ (setting time) และช่วงเวลาที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawning time) ตามวิธีการของ ชโลทร รักษาทรัพย์ (2550)

3.4.3 ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ออกสู่มวลน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ที่ถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำโดยใช้อุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ (gamete collector) มาทำการศึกษาขนาด ความดกของเซลล์ไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มต่อบันเดิลต่อไป โดยสุ่มศึกษาทั้งสิ้น 3 โคโลนี รวม 5 ซ้ำ

3.4.4 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ

นำเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* รวมทั้งสิ้น 5 โคโลนี มาทำการผสมเข้าด้วยกัน เพื่อศึกษาการพัฒนาของตัวอ่อนหลังการปฏิสนธิผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ โดยศึกษาตั้งแต่ได้รับการปฏิสนธิ (ชั่วโมงที่ 0) และต่อเนื่องทุกชั่วโมงเป็นเวลา 15 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงศึกษาทุก 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 30, 60, 84 และ 108 ตามลำดับ อนึ่ง ทำการสุ่ม

ตัวอ่อนปะการังเพื่อศึกษาเป็นจำนวน 200 ตัว และบันทึกภาพลักษณะภายนอกของตัวอ่อนปะการังทุกช่วงเวลาดังกล่าว

3.5 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* โดยวิธีมิญชวิทยา

เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของ corallite ของปะการังโขด *Porites lutea* มีขนาดเล็กกว่าปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ทำให้ยากต่อการศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาโดยใช้วิธีทางมิญชวิทยา โดยดัดแปลงจากขั้นตอนการศึกษาของ Baird et al. (2011) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการละลายแคลเซียม (decalcification) การนำน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration) การฝังตัวอย่าง (embed) โดยจัดเรียงชิ้นตัวอย่างเพื่อศึกษาทั้งในระนาบตัดขวาง (transverse section) และระนาบตัดตามยาว (longitudinal section) ทั้งนี้ ทำการตัดตัวอย่าง (cutting) ด้วยเครื่อง rotary microtome ที่ความหนา 7 ไมโครเมตร ทำการย้อมสีด้วย haematoxylin และ eosin (Haematoxylin & Eosin staining technique) กล่าวคือ haematoxylin เป็นการย้อมให้ส่วนนิวเคลียสของเซลล์ติดสีน้ำเงิน ขณะที่ eosin เป็นการย้อมส่วนอื่นของเซลล์ให้เป็นสีแดง (Baird et al., 2011) เพื่อความสะดวกในการจำแนกชนิดและระดับการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการติดสไลด์ (mounting) เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.1 ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea*

แบ่งระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* ออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 (stage I, II, III และ IV) ตามลำดับ (Glynn et al., 1984) ซึ่งเป็นการจำแนกตามลักษณะของรูปทรง ขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ รวมถึงการมีอยู่ของสาหร่ายซูแซนเทลลีภายในเซลล์สืบพันธุ์ (Fadlallah, 1983; Glynn et al., 1984)

3.5.2 ขนาดรังไข่ (ovaries) และถุงสเปิร์ม (spermaries) ของปะการังโขด *Porites lutea*

ศึกษาขนาดรังไข่และถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ผ่านกล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน (compound light microscope) เพื่อสุ่มวัดขนาดความกว้างและความยาวของรังไข่และถุงสเปิร์ม

โดยศึกษาตัวอย่างในระนาบตัดตามยาว หลังจากนั้น นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (geometeric mean diameter, GMD) ซึ่งคำนวณจากรากที่สองของผลคูณระหว่างความกว้างและความยาวที่วัดได้

3.6 อัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และอัตรารอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

นำเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platgyra sinensis* ที่ปล่อยออกสู่มวลน้ำจำนวนทั้งสิ้น 5 โคโลนี มาทำการผสมและศึกษาการปฏิสนธิ โดยบันทึกอัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการัง และอัตรารอดของตัวอ่อนปะการังภายหลังการลงเกาะบนพื้นผิว ตามวิธีการของ ชโลทร รักษาทรัพย์ (2550) โดยทำการศึกษาในปี 2558–2560

3.6.1 อัตราการปฏิสนธิของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

ทำการศึกษาอัตราการปฏิสนธิของปะการังสมอง *Platgyra sinensis* ทั้งที่มาจากโคโลนีเดียวกัน (self-fertilization) และการผสมแบบข้ามโคโลนี (cross-fertilization) โดยการผสมแบบภายในโคโลนีเดียวกัน ทำการศึกษาในปะการังโคโลนีเดียวกัน รวม 3 โคโลนี (ซ้ำ) และการผสมแบบข้ามโคโลนีนั้น นำเซลล์สืบพันธุ์จากปะการังทั้งสิ้น รวม 5 โคโลนี มาทำการผสมเข้าด้วยกัน ทั้งนี้อัตราการปฏิสนธิคำนวณจากการสุ่มนับจำนวนเซลล์ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิกับสเปิร์มในชั่วโมงที่ 8 ภายหลังการผสม ทำการสุ่มนับทั้งสิ้นรวม 3 ซ้ำ โดยตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการปฏิสนธิสังเกตจากการที่ตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายหมอน (cushion stage) (Okubo et al., 2013; Chui et al., 2014) หรือคล้ายแผ่นข้าวเกรียบ (prawn-chip stage) ในกรณีของปะการังเขากวาง Acroporidae (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) ซึ่งสามารถจำแนกได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า

3.6.2 อัตราการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

นำตัวอ่อนปะการังสมองที่ได้รับปฏิสนธิในหัวข้อ 3.6.1 จำนวน 100 ตัว รวมทั้งสิ้น 3 ซ้ำ มาทำการศึกษาอัตราการลงเกาะบนพื้นผิวหลังจากที่ตัวอ่อนปะการังสมอง *Platgyra sinensis* มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะพลานูลา และลงเกาะบนพื้นผิวแผ่นกระเบื้องดินเผาที่จัดเตรียมไว้ตามวิธีของ ชโลทร รักษาทรัพย์ (2550) นอกจากนั้น ทำการศึกษาอายุของตัวอ่อนปะการังที่เหมาะสมในการลงเกาะบน

พื้นผิว ณ ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการวางวัสดุ โดยศึกษาจากตัวอ่อนปะการังอายุ 3, 4 และ 5 วันหลังการผสมเซลล์สืบพันธุ์ จำนวน 100 ตัว รวมทั้งสิ้น 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง

3.6.3 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะบนพื้นผิว

ศึกษาอัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platgyra sinensis* ในการศึกษาของปี 2559 ภายหลังทำการลงเกาะบนพื้นผิวแผ่นกระเบื้องที่จัดเตรียมไว้ เมื่อตัวอ่อนปะการังมีอายุ 1, 4 และ 9 เดือน ภายหลังการลงเกาะ ตามลำดับ โดยทำการนับผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางสรีรวิทยา

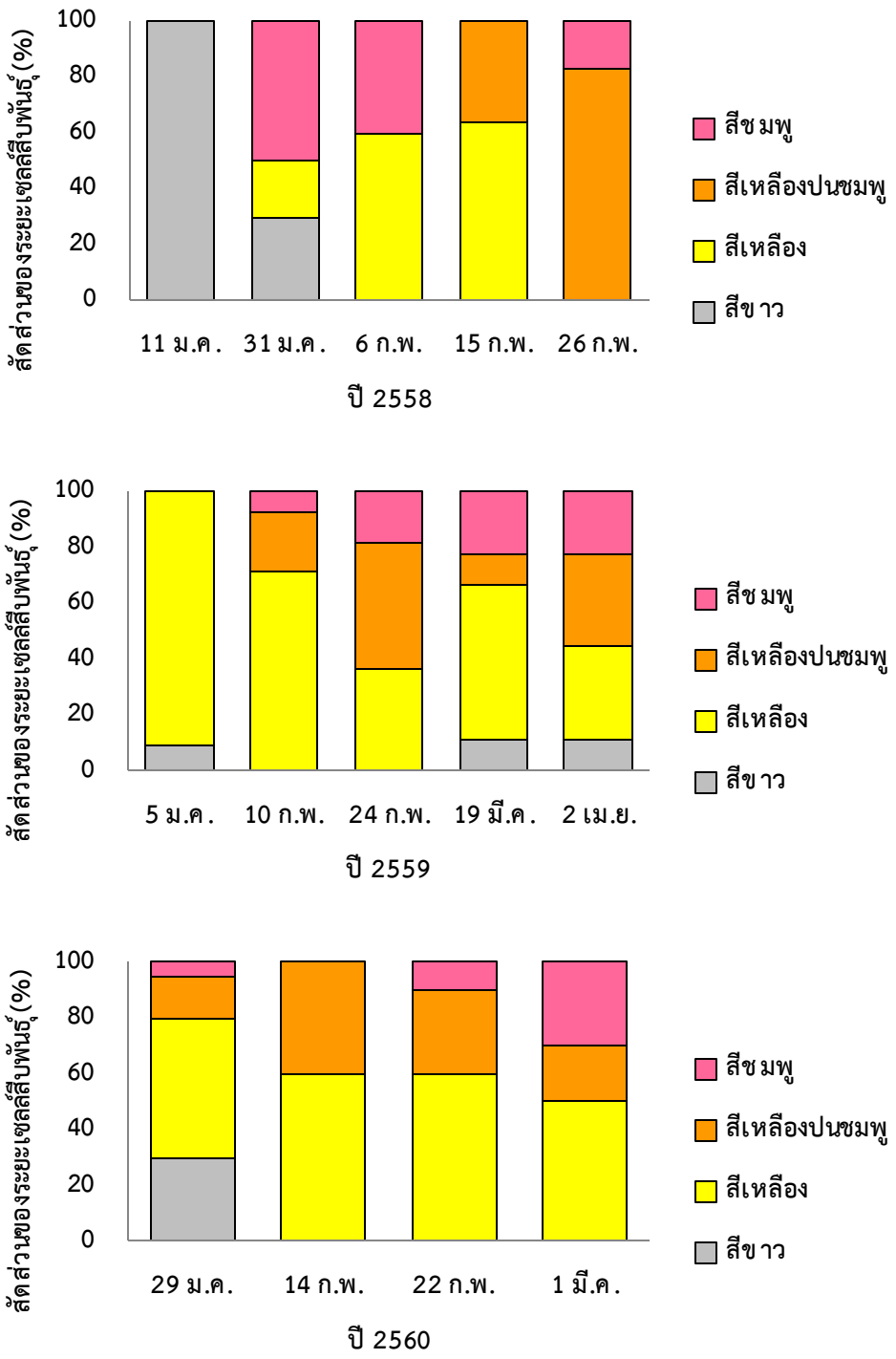
4.1.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

จากการติดตามการพัฒนาและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* บริเวณแนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2558 ถึง 2560 พบว่าปะการังสมองมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน (รูปที่ 4-1 และ ตารางที่ 4-1) โดยที่การพัฒนาของเซลล์ไข่ภายในแต่ละโคโลนีเป็นไปอย่างไม่พร้อมกัน สังเกตจากการพบเซลล์ไข่ที่มีสีขาวล้วน สีเหลืองล้วน สีเหลืองปนสีชมพู หรือสีชมพูล้วน อย่างใดอย่างหนึ่งพร้อมกัน สำหรับช่วงเวลาการพบถุงสเปิร์มนั้น พบประมาณ 15–30 วันก่อนปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนของปะการังที่มีการพัฒนาเซลล์ไข่จากระยะหนึ่งเป็นอีกระยะหนึ่งตามการปรากฏของสีในแต่ละปีที่ทำการเก็บตัวอย่างพบว่า ในปี 2558 ปะการังสมองมีการพัฒนาเซลล์ไข่จากสีขาวเป็นสีเหลือง ช้ากว่าปี 2559 ที่กว่า 90% ของโคโลนีที่พบในช่วงเวลาเดียวกันมีเซลล์ไข่สีเหลือง อย่างไรก็ตาม ในปี 2558 พบสัดส่วนปะการังกว่า 50% ใช้เวลาเพียงประมาณ 1 เดือนในการพัฒนาเซลล์ไข่จากสีขาวเป็นสีชมพู ซึ่งรวดเร็วกว่าปี 2559 และ 2560 ที่มีสัดส่วนของปะการังที่พัฒนาเซลล์ไขในแต่ละระยะใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

สำหรับการติดตามระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมองภายหลังที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ข้อ 4.1.1) พบว่า ปะการังดังกล่าวมีพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนเมษายน (ตารางที่ 4-2) โดยปะการังมีความพร้อมในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 20:17 – 20:45 น. และมีช่วงเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เป็นเวลา 15 – 30 นาทีจึงสิ้นสุด ระหว่างช่วงเวลา 20:50 – 21:15 น. ทั้งนี้ ช่วงเวลาตามจันทรคติปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ จากข้อมูลทั้งสามปีพบว่า ปะการังเริ่มทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์พร้อมกันหลายโคโลนี (mass spawning) ตั้งแต่แรม 4 ค่ำ ต่อเนื่องกัน 2 – 3 คืน จากนั้น จึงเว้นช่วงเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จนถึงคืนข้างแรมในรอบถัดไป



รูปที่ 4-1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560

ตารางที่ 4-1 ช่วงเดือนที่พบเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ตั้งแต่ปี 2557-2560

เดือน/ปี	ไม่พบเซลล์สืบพันธุ์	พบเซลล์สืบพันธุ์
2557		
พฤศจิกายน	✓	
ธันวาคม	✓	
2558		
มกราคม		✓
กุมภาพันธ์		✓
มีนาคม		✓
เมษายน		✓
พฤษภาคม	✓	
มิถุนายน	✓	
กรกฎาคม	✓	
สิงหาคม	✓	
กันยายน	✓	
ตุลาคม	✓	
พฤศจิกายน	✓	
ธันวาคม	✓	
2559		
มกราคม		✓
กุมภาพันธ์		✓
มีนาคม		✓
เมษายน		✓
พฤษภาคม	✓	
มิถุนายน	✓	
กรกฎาคม	✓	
สิงหาคม	✓	
กันยายน	✓	
ตุลาคม	✓	
พฤศจิกายน	✓	
ธันวาคม	✓	
2560		
มกราคม		✓
กุมภาพันธ์		✓
มีนาคม		✓
เมษายน		✓
พฤษภาคม	✓	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-2 ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560

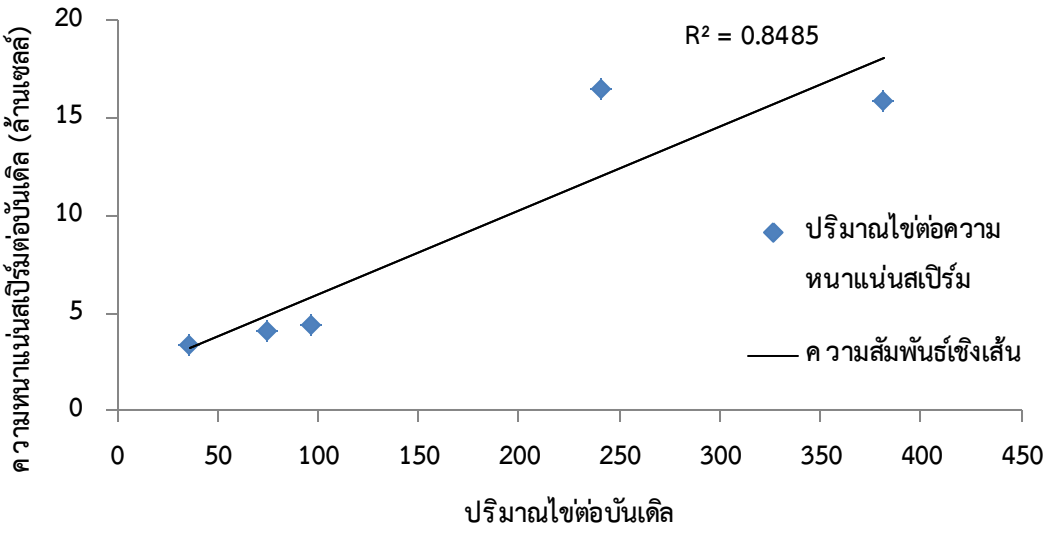
ปี	วันที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์		ช่วงเวลาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	
	วันที่	วันทางจันทรคติ	ช่วงพร้อมปล่อย	ช่วงเวลาปล่อย
2558	06–12 มี.ค.	ขึ้น 15 ค่ำ–แรม 6 ค่ำ	20:45	20:50–21:25
	26–27 มี.ค.	ขึ้น 6–7 ค่ำ	20:30	21:00–21:20
	09 เม.ย.	แรม 5 ค่ำ	20:45	21:15–21:40
2559	26 ก.พ.–01 มี.ค.	แรม 3–7 ค่ำ	20:25	21:00–21:25
2560	16–18 มี.ค.	แรม 4–6 ค่ำ	20:17	20:25–21:15

4.1.3 ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ออกสู่มวลน้ำ

หลังจากที่ปะการัง *Platygyra sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำในลักษณะของบันเดิลที่เป็นกลุ่มของเซลล์ไข่และถุงสเปิร์มถูกบีบอัดและปล่อยออกมาเป็นก้อน จึงทำการสุ่มเก็บบันเดิลและนับปริมาณเซลล์ไข่และเซลล์สเปิร์มต่อบันเดิล พบว่า บันเดิลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1,650 - 3,625 ไมโครเมตร ขณะที่มีความดกของเซลล์ไข่ที่ 36 - 382 ฟองต่อบันเดิล และมีความหนาแน่นของสเปิร์มที่ 3.27 - 16.4 x 10^6 เซลล์ต่อบันเดิล (ตารางที่ 4-3) ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ระหว่างความดกของไข่ต่อความหนาแน่นของสเปิร์มพบว่ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือปริมาณความดกไข่แปรผันตรงกับความหนาแน่นของเซลล์สเปิร์มต่อบันเดิล (รูปที 4-2)

ตารางที่ 4-3 ขนาดของบันเดิล ความดกของเซลล์ไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในปี 2558

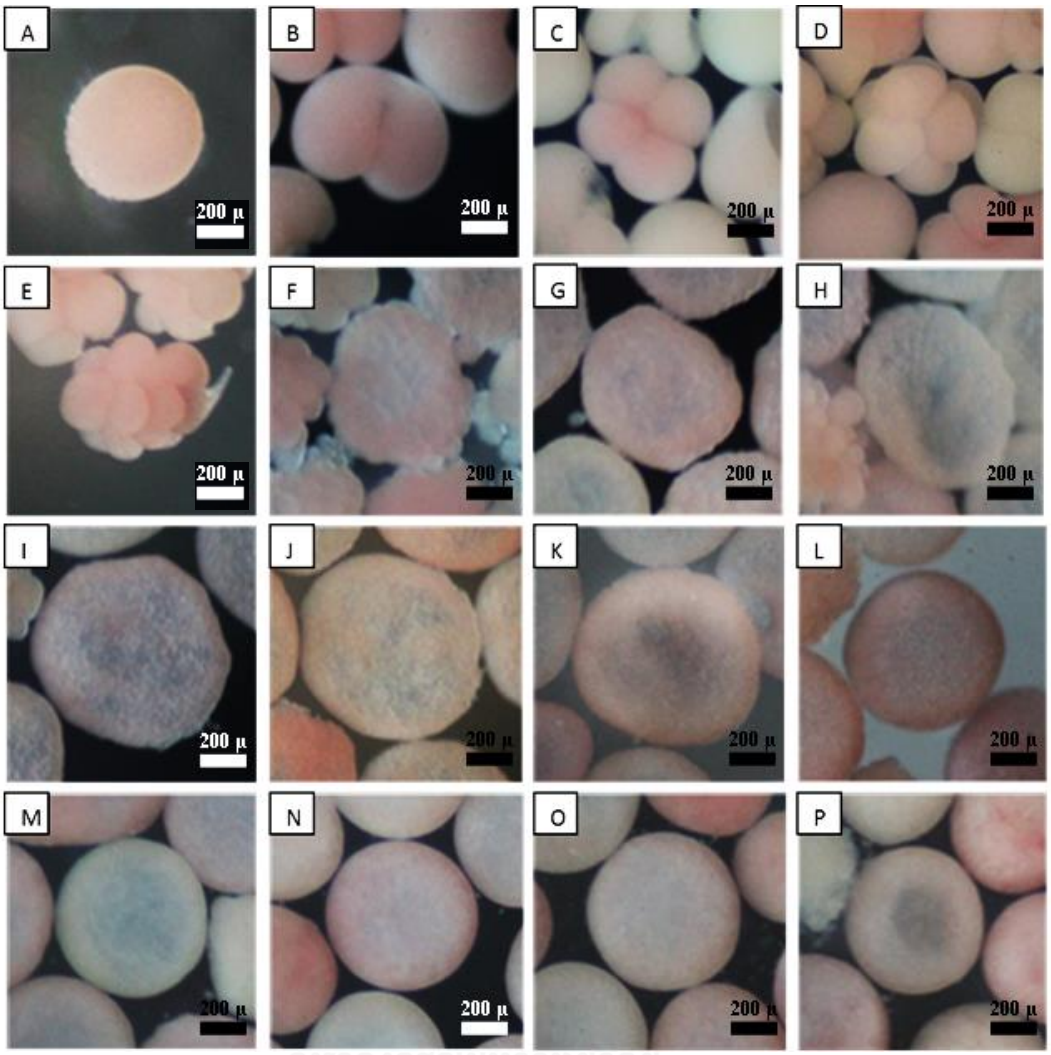
บันเดิลที่	ขนาดของบันเดิล (ไมโครเมตร)	ความดกไข่ (ฟอง/บันเดิล)	ความหนาแน่นของสเปิร์ม (x 10^6 เซลล์/บันเดิล)
1	3,625	382	15.8 ± 0.54
2	2,105	75	4.08 ± 0.44
3	2,295	97	4.38 ± 0.34
4	1,650	36	3.27 ± 0.82
5	3,110	241	16.4 ± 0.91
ค่าเฉลี่ย	2,559.27 ± 356.63	166.2 ± 64.12	8.78 ± 2.99



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดกของเซลล์ไข่และความหนาแน่นของสเปิร์มของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ปี 2558

4.1.4 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ

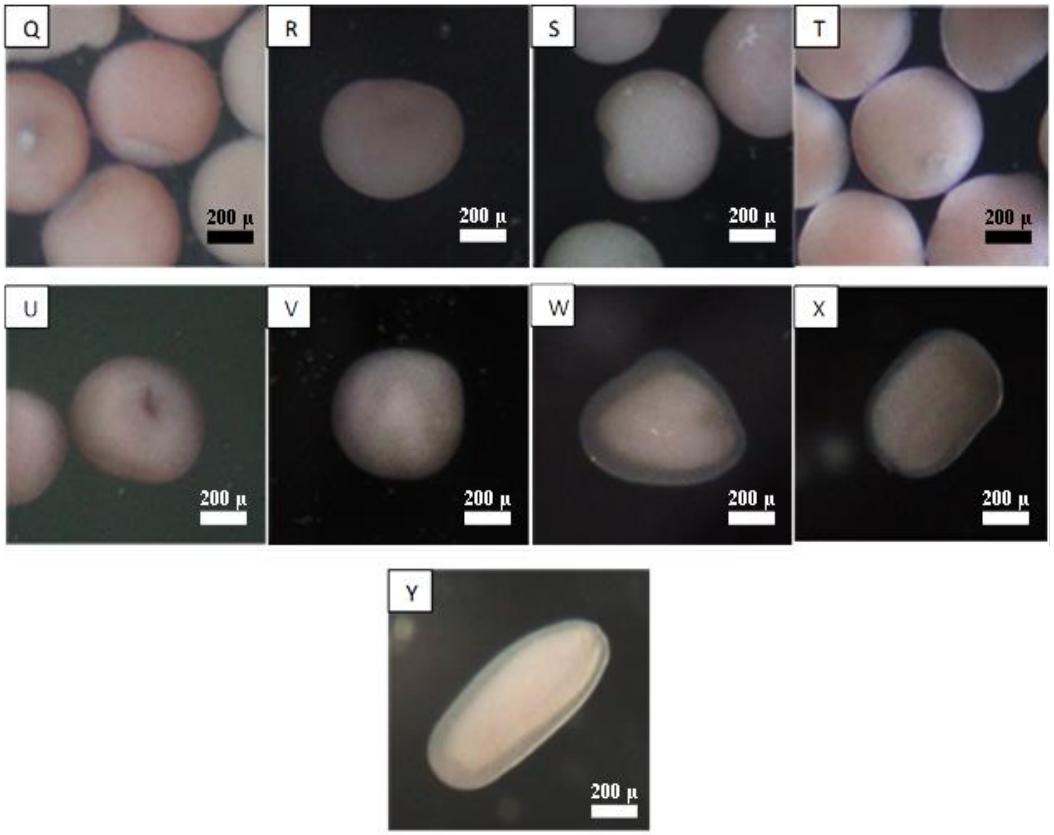
ผลการศึกษาการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ แสดงในรูปที่ 4-3 โดยเซลล์ไข่ในชั่วโมงที่ 0 แสดงลักษณะเริ่มการปฏิสนธิ (รูปที่ 4-3A) จากนั้นเซลล์ไข่จึงเริ่มทำการแบ่งเซลล์ครั้งแรกจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ในชั่วโมงที่ 1 (รูปที่ 4-3B) และทำการแบ่งเซลล์อย่างทวีคูณทุกชั่วโมงจนเข้าสู่ระยะโมรูลา (morula stage) ซึ่งมีการแบ่งเซลล์ 16 – 32 เซลล์ (รูปที่ 4-3C ถึง 4-3E) กระบวนการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป ทำให้ตัวอ่อนมีรูปร่างทรงกลมผิวเรียบ เข้าสู่ระยะหมอน (cushion stage) และเกิดซูโดบลาสโตพอร์ (pseudo-blastopore) จากจุดกึ่งกลาง จากนั้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 8 เป็นต้นไป ตัวอ่อนจึงเริ่มหนาขึ้นอีกครั้งจากวงรอบนอกเข้าสู่จุดศูนย์กลางจน ซูโดบลาสโตพอร์หายไป (รูปที่ 4-3F ถึง 4-3O) และภายในชั่วโมงที่ 15 รูปทรงของตัวอ่อนปะการังจึงมีการพัฒนาเป็นทรงกลมอีกครั้ง และเกิดบลาสโตพอร์ (blastopore) บริเวณกึ่งกลางเพื่อสร้างช่องปาก (รูปที่ 4-3P ถึง 4-3Q) และในช่วงชั่วโมงที่ 21 ตัวอ่อนจึงเริ่มสามารถเคลื่อนที่ได้ก่อนที่ค่อยยืดตัวจนมีลักษณะเป็นกระสวย เรียกว่า ระยะพลานูลา (planula stage) ในที่สุด (รูปที่ 4-3R ถึง 4-3Y) และมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 96



แถบสเกล = 200µm

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-3 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* หลังการปฏิสนธิ โดยแบ่งออกเป็นระยะเริ่มการปฏิสนธิ (A: ชั่วโมงที่ 0); ระยะการแบ่งเซลล์ (B: ชั่วโมงที่ 1; C: ชั่วโมงที่ 2; D: ชั่วโมงที่ 3); ระยะโมรูลา (E: ชั่วโมงที่ 4); ระยะหมอน และเกิดซูโดบลาสโตพอร์ (F: ชั่วโมงที่ 5; G: ชั่วโมงที่ 6; H: ชั่วโมงที่ 7; I: ชั่วโมงที่ 8; J: ชั่วโมงที่ 9; K: ชั่วโมงที่ 10; L: ชั่วโมงที่ 11; M: ชั่วโมงที่ 12; N: ชั่วโมงที่ 13; O: ชั่วโมงที่ 14); ระยะเกิดบลาสโตพอร์ (P: ชั่วโมงที่ 15; Q: ชั่วโมงที่ 18); และระยะพลานูลา (R: ชั่วโมงที่ 21; S: ชั่วโมงที่ 24; T: ชั่วโมงที่ 27; U: ชั่วโมงที่ 30; V: ชั่วโมงที่ 60; W: ชั่วโมงที่ 72; X: ชั่วโมงที่ 84; และ Y: ชั่วโมงที่ 108) แถบ Scale = 200µm



แถบสเกล = 200µm

รูปที่ 4.3 (ต่อ)

4.2 การศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* โดยวิธีมิญชวิทยา

จากการศึกษาพบว่าปะการังโขด *Porites lutea* ในบริเวณแนวปะการังชายฝั่งทะเลเขาหมาจอ ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีอัตราส่วนของโคโลนีเพศผู้ และเพศเมียเป็น 1:1 (n=10)

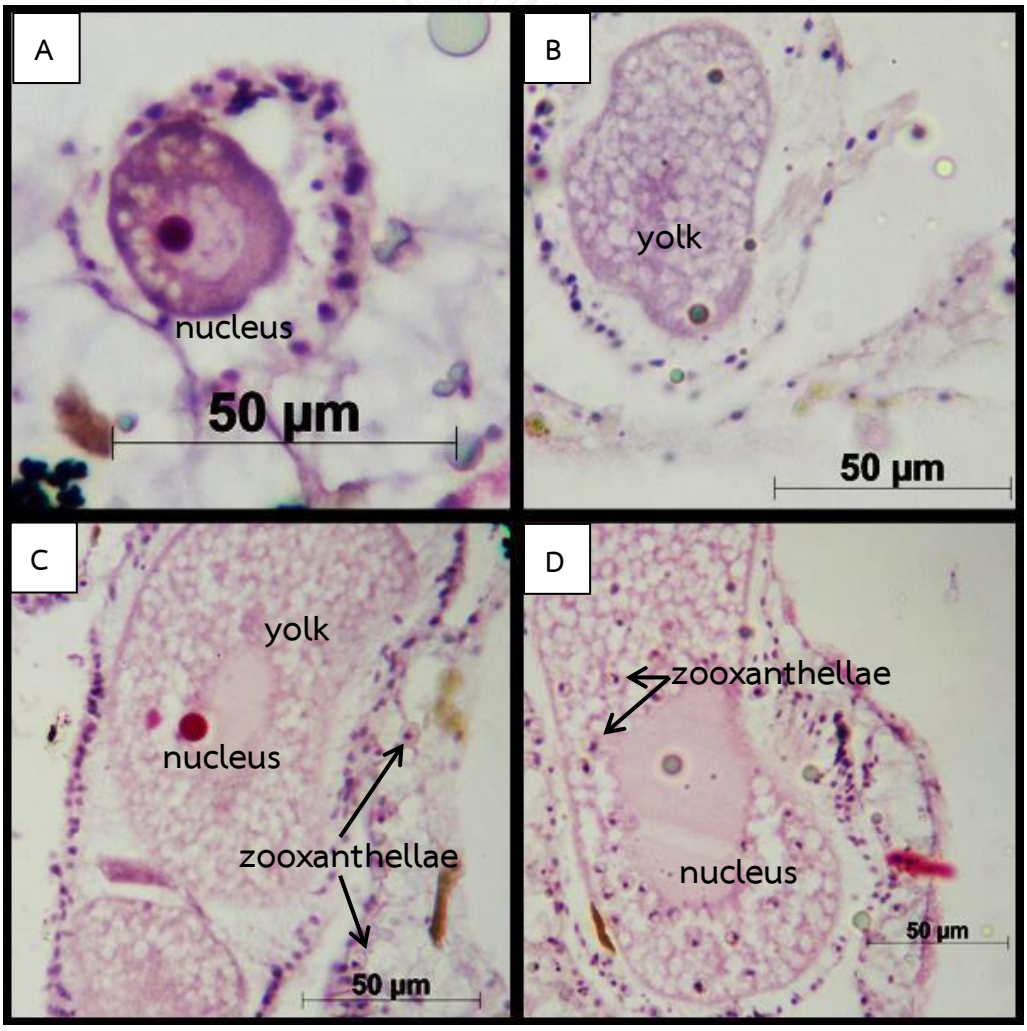
4.2.1 ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea*

แบ่งออกเป็น การสร้างเซลล์ไข่ (oogenesis) และ เซลล์สเปิร์ม (spermatogenesis)

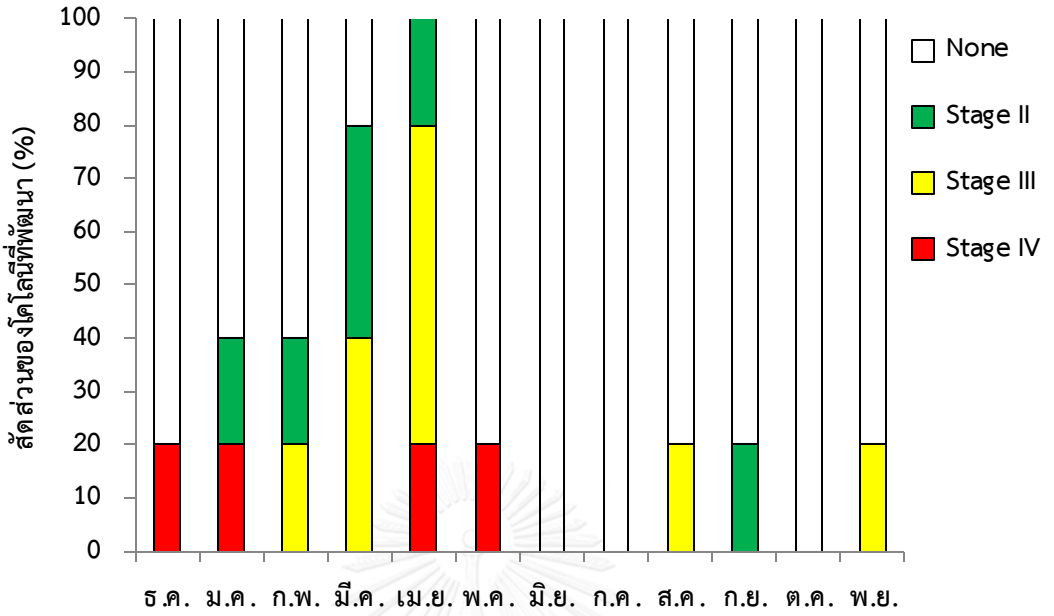
4.2.1.1 การสร้างเซลล์ไข่ (oogenesis)

ลักษณะของเซลล์ไข่ของปะการังโขด *Porites lutea* ที่พบจากการศึกษาโดยวิธีมิญชวิทยาแสดงในรูปที่ 4-4 โดยในเซลล์ไข่ระยะที่ 2 (stage II) ปรากฏเป็นนิวเคลียสที่ถูกล้อมรอบด้วยไข่แดง

เล็กน้อย (รูปที่ 4-4A) ส่วนเซลล์ไข่ระยะที่ 3 (stage III) จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจน และปรากฏสาหร่ายซูแซนเทลลีเคลื่อนตัวมาอยู่รอบๆเซลล์ไข่ (รูปที่ 4-4B และ 4-4C) เซลล์ไข่ของปะการังโขดส่วนใหญ่มีการพัฒนาในช่วง 5 เดือน ระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม อย่างไรก็ตามพบว่า มีบางโคโลนีที่มีการพัฒนาของเซลล์ไข่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม (รูปที่ 4-5) ทั้งนี้ ในช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และตุลาคม ไม่ปรากฏเซลล์ไข่ระยะใดๆ ให้เห็นจากการศึกษา อีกทั้งไม่ปรากฏเซลล์ไข่ระยะที่ 1 (stage I) ให้เห็นตลอดรอบปี อนึ่ง การปรากฏของเซลล์ไข่ระยะที่ 4 (stage IV) ในช่วงเดือนธันวาคมและเมษายน ซึ่งสามารถจำแนกจากการปรากฏของสาหร่ายซูแซนเทลลีภายในเซลล์ไข่ (รูปที่ 4-4D) หลังจากนั้น ไม่พบเซลล์ไข่ระยะที่ 4 ในทุกตัวอย่างของเดือนถัดไปจากเดือนที่พบเซลล์ไข่ระยะที่ 4



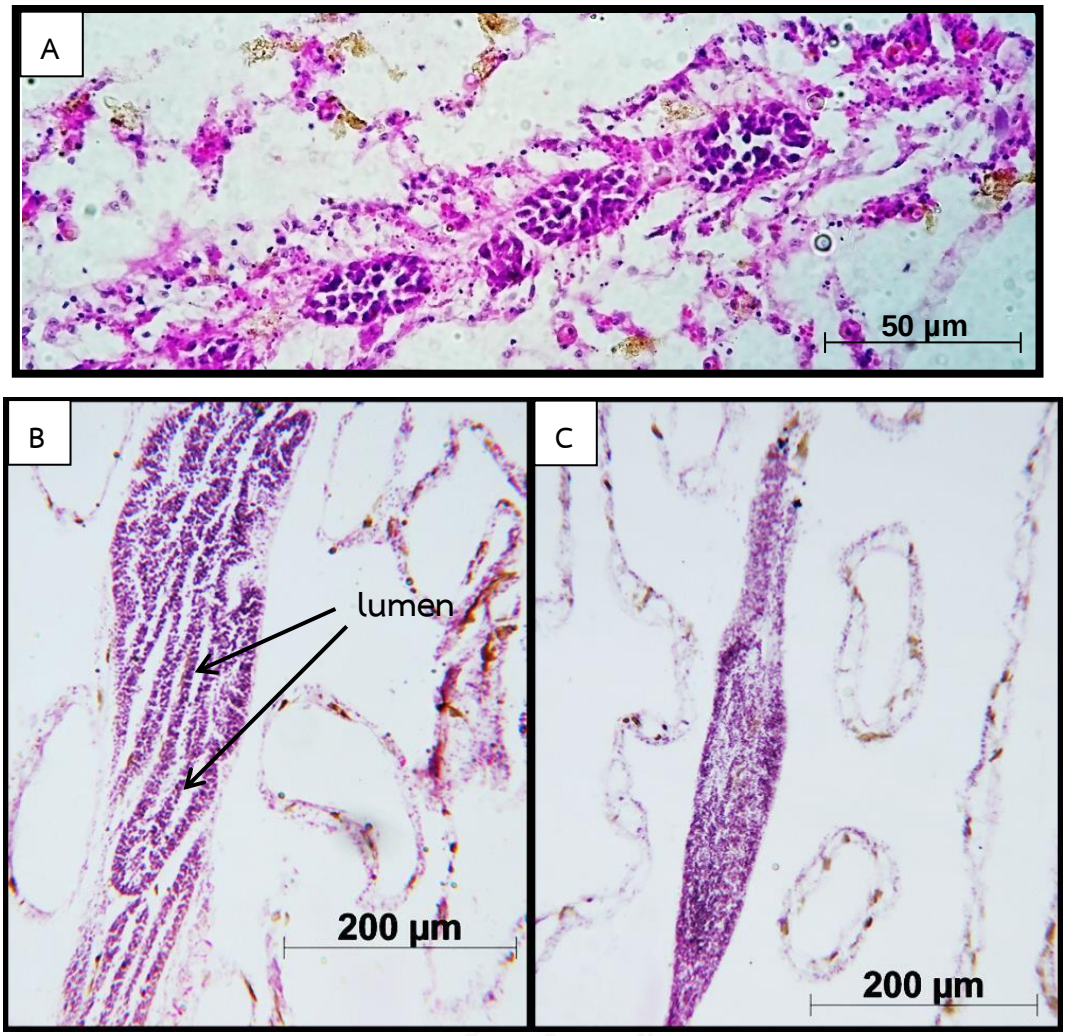
รูปที่ 4-4 ลักษณะของเซลล์ไข่ของปะการังโขด *Porites lutea* ในระยะต่างๆ โดย A: ระยะที่ 2 (stage II); B: ระยะที่ 2–3 (stage II–III); C: ระยะที่ 3 (stage III) และ D: ระยะที่ 4 (stage IV)



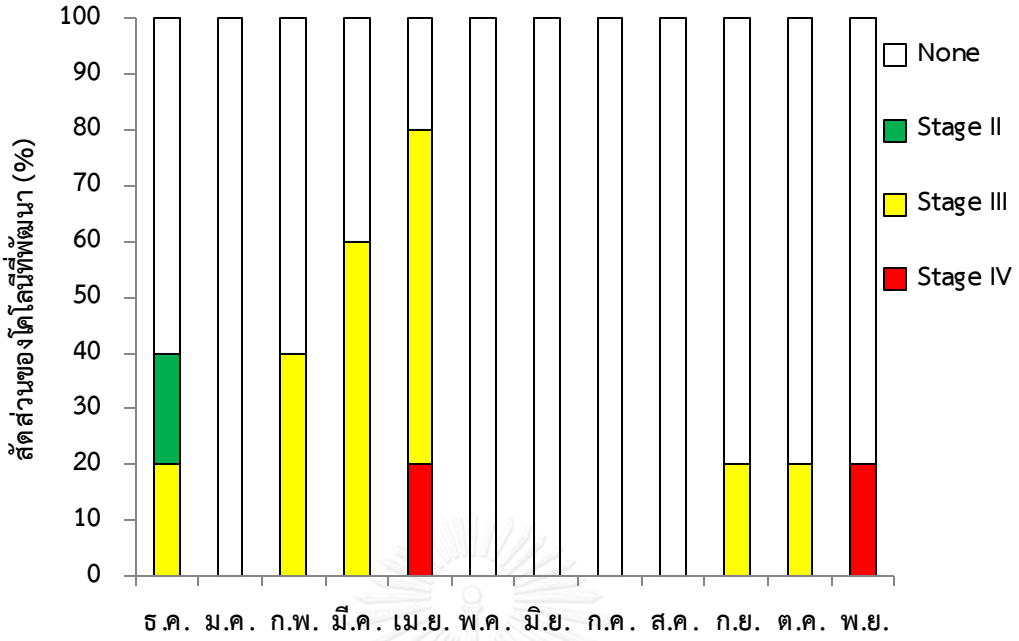
รูปที่ 4-5 การพัฒนาเซลล์ไข่ของปะการังโขด *Porites lutea* ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2559 จำแนกตามระยะการพัฒนา stage II ถึง IV (ไม่พบ stage I)

4.2.1.2 การสร้างเซลล์สเปิร์ม (spermatogenesis)

ลักษณะของถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ระยะที่ 2 (stage II) ระยะที่ 3 (stage III) และระยะที่ 4 (stage IV) ที่พบจากการศึกษาโดยวิธีมิญชวิทยาแสดงในรูปที่ 4-6 โดยที่ระยะที่ 2 มีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์สเปิร์มรวมกันมีขนาดประมาณ 25 ไมโครเมตร (รูปที่ 4-6A) ส่วนระยะที่ 3 ปรากฏช่องว่าง ลูเม็น (lumen) ล้อมรอบไปด้วยเซลล์สเปิร์มมากมายเรียงตัวอยู่โดยรอบ (รูปที่ 4-6B) และในระยะที่ 4 พบว่าลูเม็นหายไปและถูกแทนที่ด้วยเซลล์สเปิร์มที่แบ่งเซลล์จนเต็มถุงสเปิร์ม (รูปที่ 4-6C) พบการพัฒนาของเซลล์สเปิร์มในช่วง 3-4 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน โดยเริ่มการพัฒนาที่ล่าช้ากว่าเซลล์ไข่ประมาณ 1 เดือน ทั้งนี้ พบการพัฒนาในบางโคโลนีระหว่างช่วงเดือนกันยายนถึงธันวาคม (รูปที่ 4-7) หลังจากนั้นไม่พบถุงสเปิร์มระยะที่ 4 ในตัวอย่างส่วนใหญ่ ของเดือนถัดไปภายหลังที่พบถุงสเปิร์มระยะที่ 4



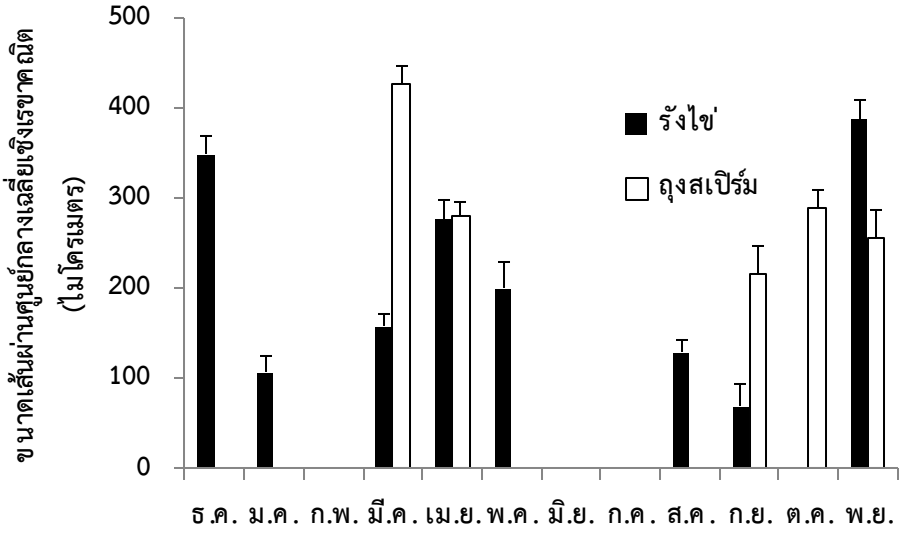
รูปที่ 4-6 ลักษณะของถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ในระยะต่างๆ โดย A: ระยะที่ 2 (stage II); B: ระยะที่ 3 (stage III) และ C: ระยะที่ 4 (stage IV)



รูปที่ 4-7 การพัฒนาถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea* ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2559 จำแนกตามระยะการพัฒนา stage II ถึง IV (ไม่พบ stage I)

4.2.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของรังไข่ (ovaries) และถุงสเปิร์ม (spermaries) ของปะการังโขด *Porites lutea*

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของรังไข่และถุงสเปิร์มแสดงในรูปที่ 4-8 พบรังไข่เริ่มพัฒนาในเดือนมกราคม (107.40 ± 17.13 ไมโครเมตร) และมีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับจนถึงเดือนเมษายน (276.90 ± 21.31 ไมโครเมตร) จากนั้นจึงเริ่มพัฒนาอีกครั้งในเดือนสิงหาคม (129.50 ±13.31 ไมโครเมตร) และมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม (387.80 ± 21.90 และ 349.70 ± 19.29 ไมโครเมตร) ตามลำดับ ขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของถุงสเปิร์มพบว่า มีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดในเดือนมีนาคมและตุลาคม ที่ 427.20 ± 20.28 และ 290.0 ± 18.93 ไมโครเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4-8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตในรอบปีของรังไข่และถุงสเปิร์มของปะการังโขด *Porites lutea*

4.3 อัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และอัตราการอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

4.3.1 อัตราการปฏิสนธิของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

อัตราการปฏิสนธิของปะการังสมอง *Platgyra sinensis* ในปี 2558 – 2560 แสดงในตารางที่ 4-4 โดยการปฏิสนธิของเซลล์ไข่และสเปิร์มที่มาจากโคโลนีเดียวกันมีค่าต่ำ (0 – 1.49 %) ขณะที่การปฏิสนธิข้ามโคโลนีมีค่าสูง (98.3 – 100 %)

ตารางที่ 4-4 อัตราการปฏิสนธิภายในโคโลนีเดียวกันและแบบข้ามโคโลนีของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560

อัตราการปฏิสนธิ (%)	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560
ภายในโคโลนีเดียวกัน	1.49 ± 1.49	0.13 ± 0.04	0
แบบข้ามโคโลนี	98.26 ± 0.70	98.92 ± 0.63	100

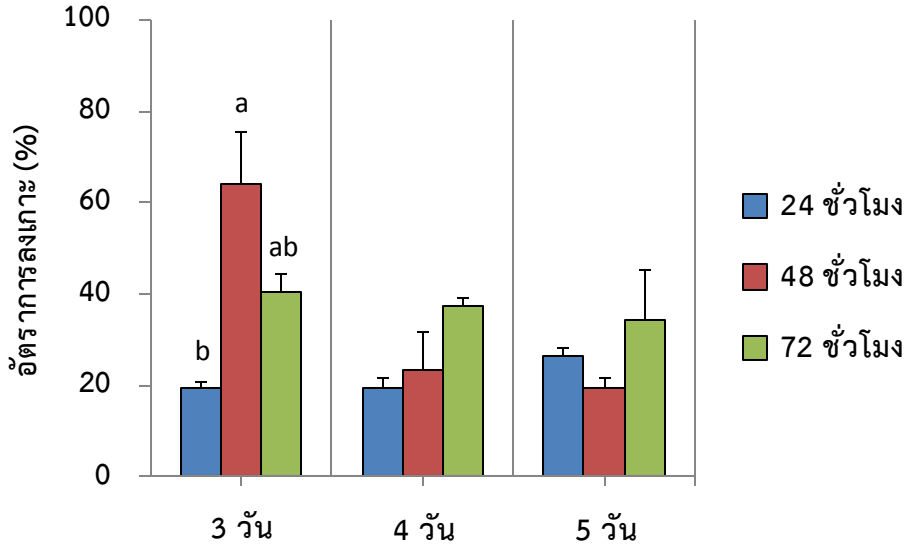
4.3.2 อัตราการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558 – 2560 แสดงใน ตารางที่ 4-5 โดยพบอัตราการลงเกาะที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 22.23±2.72 – 42±4.16 %

สำหรับการศึกษาอายุของตัวอ่อนปะการังที่เหมาะสมในการลงเกาะบนพื้นผิว ณ ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการวางวัสดุ พบว่าตัวอ่อนปะการังที่เริ่มเหนี่ยวนำให้ลงเกาะตั้งแต่อายุ 3 วัน มีอัตราการลงเกาะสูงที่สุด ณ ชั่วโมงที่ 48

ตารางที่ 4-5 อัตราการลงเกาะของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ระหว่างปี 2558–2560

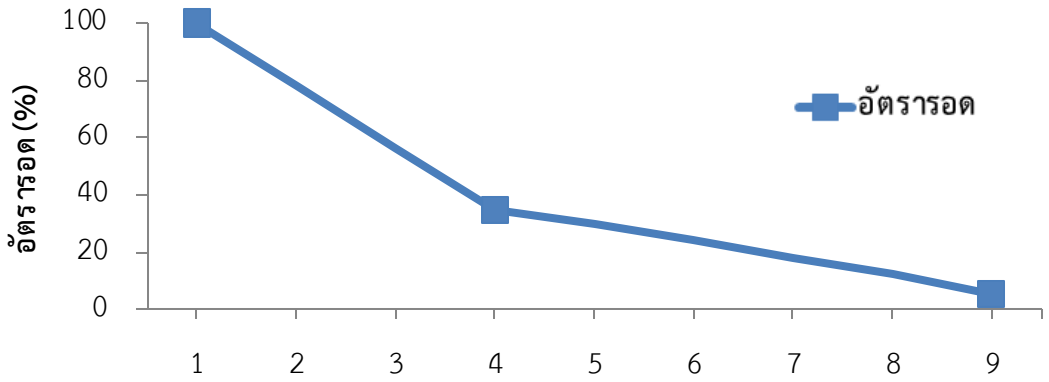
	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560
อัตราการลงเกาะ (%)	22.23 ± 2.72	26.80 ± 4.81	42.00 ± 4.16



รูปที่ 4-9 อัตราการลงเกาะของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในปี 2559 ณ ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 จำแนกตามอายุของตัวอ่อนปะการัง

4.3.3 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะบนพื้นผิว

อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platgyra sinensis* เมื่อตัวอ่อนปะการังมีอายุ 1, 4 และ 9 เดือน ภายหลังการลงเกาะ ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 4-10 โดยพบอัตรารอดเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ 4 (34.8%) และเดือนที่ 9 (5.4%) มีค่าลดลงตามลำดับ



รูปที่ 4-10 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ภายหลังการลงเกาะเป็นเวลา 9 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผล

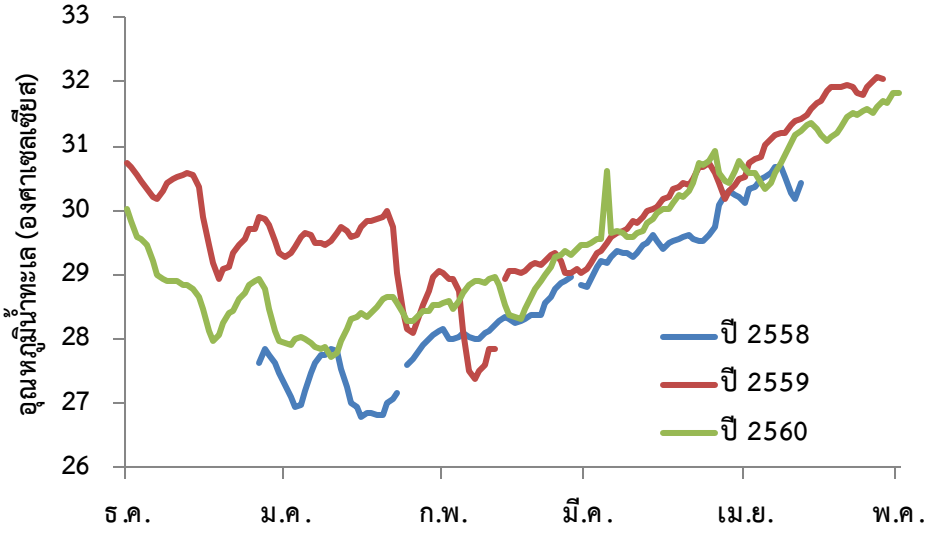
5.1 วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1.1 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

จากการศึกษาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* โดยวิธีทางสรีรวิทยา ตลอด 3 ปี (ปี 2558 – 2560) พบวงรอบการสืบพันธุ์มีเพียงปีละ 1 ครั้ง โดยการพัฒนาเซลล์ไข่เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงระยะพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนเมษายน รวมใช้เวลาตั้งแต่เริ่มต้นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จนกระทั่งปล่อยสู่มวลน้ำประมาณ 4 – 5 เดือน สอดคล้องกับปะการังสมองชนิดอื่นในภูมิภาคเดียวกัน เช่น ปะการังสมอง *Platygyra acuta* ในประเทศฮ่องกง ซึ่งมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่เดือนตุลาคมและอนุมานว่าปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงมิถุนายนจากการไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ในตัวอย่างชิ้นส่วนปะการังที่ติดตาม (Chui et al., 2014)

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมองดังกล่าวบริเวณเกาะแสมสารและเกาะใกล้เคียง จังหวัดชลบุรี มีความแตกต่างกันในแต่ละปี โดยปี 2558 ปะการังใช้เวลาพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงต้น (เซลล์ไข่สีขาว) นานกว่าปี 2559 และ 2560 แต่สามารถพัฒนาจนพร้อมในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ภายในเวลาค่อนข้างสั้นเพียง 1 เดือนเท่านั้น สอดคล้องกับระดับอุณหภูมิน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในช่วงปลายเดือนมกราคม (รูปที่ 5-1) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าระดับการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ในแต่ละปีมีความช้าเร็วต่างกัน แต่ปะการังชนิดนี้ยังคงมีพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในแต่ละปีที่ไม่แตกต่างกัน โดยยึดจากปัจจัยทางจันทรคติเป็นหลัก กล่าวคือ ตั้งแต่คืนแรม 4 ค่ำเป็นต้นไปที่เกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อย่างพร้อมเพรียงกัน (mass spawning) ซึ่งแตกต่างออกไปในแต่ละพื้นที่ทั่วโลก (ตารางที่ 5-1) นอกจากนี้ ปัจจัยทางจันทรคติ ยังเกี่ยวโยงกับระดับน้ำขึ้นลงอีกด้วย เนื่องจากปะการังมีพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงที่น้ำนิ่ง (Oliver et al., 1988) โดยช่วงเวลาในคืนที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อย่างพร้อมเพรียงกันนั้น มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำน้อยมาก ทำให้กระแสน้ำค่อนข้างนิ่ง (รูปที่ 5-2) ซึ่งเป็นโอกาสในการเสริมสร้างความสำเร็จในการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์จากต่างโคโลนีภายในเวลา 1 – 2 ชั่วโมงแรกหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธ์ออกสู่มวลน้ำ ในทางตรงกันข้าม ปัจจัยเกี่ยวกับแสงเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เช่นกัน กล่าวคือ ช่วงเวลาหลัง 20:00 น. เป็นต้นไป ซึ่งมีปริมาณแสงในธรรมชาติลดต่ำลงถึงระดับที่เหมาะสมในคืนข้างแรม (Wilson and Harrison, 2003; Levitan et al., 2004) ดังนั้น ด้วยปัจจัยทาง

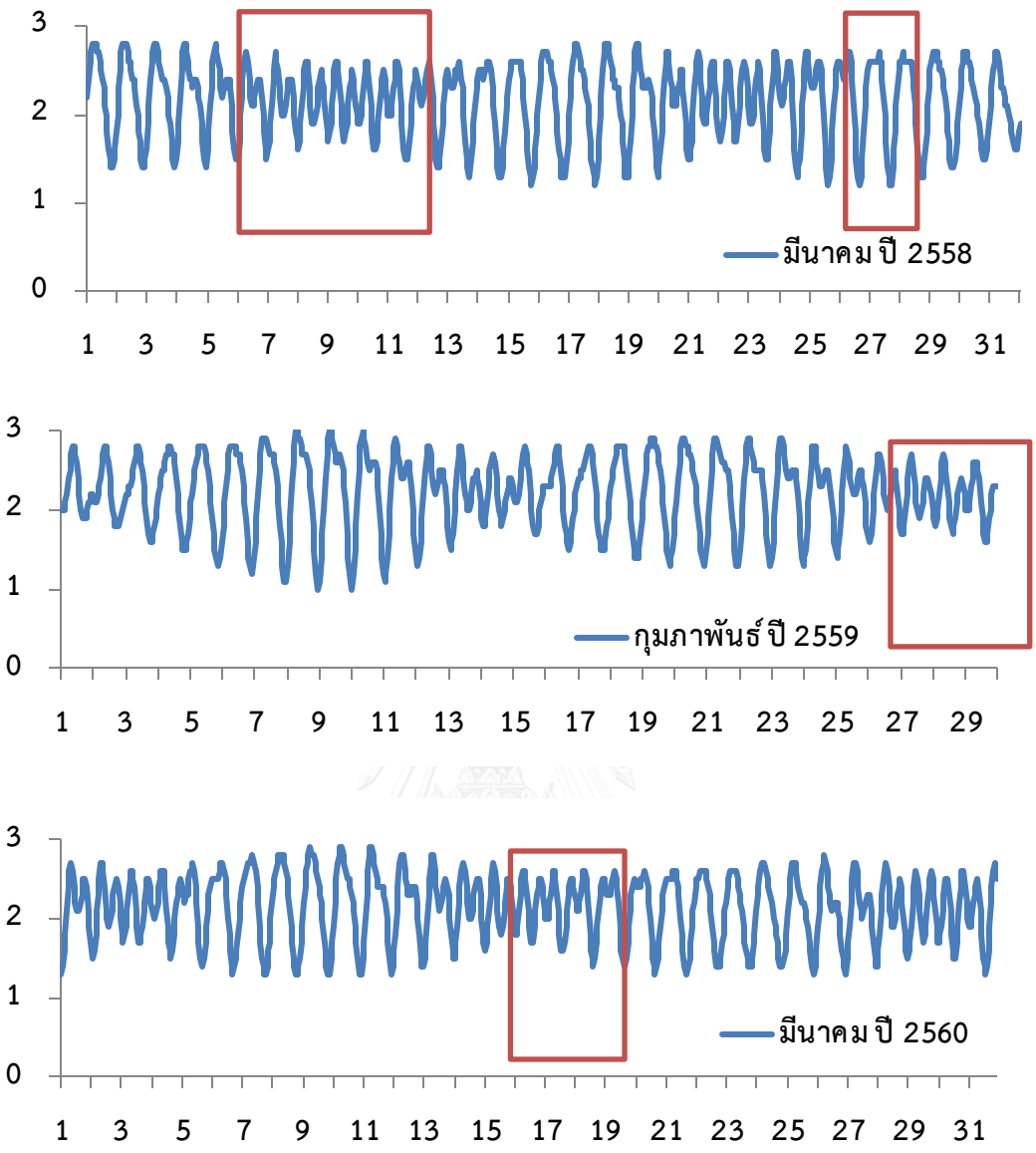
จันทรคติเหล่านี้ ทั้งระดับน้ำ กระแสน้ำ และแสง ที่ประจวบเหมาะกับความพร้อมของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง จึงทำให้ปรากฏเป็นการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้นในช่วงวันและเวลาดังกล่าว



รูปที่ 5-1 อุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณเกาะแสมสารและเกาะข้างเคียง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 5-1 ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra* spp. ชนิดต่างๆ จำแนกตามสถานที่

ชนิดปะการัง	ช่วงเวลาที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	ช่วงเวลาตามจันทรคติ	สถานที่	คณะผู้ศึกษา (เอกสารอ้างอิง)
Platygyra lamellina	มิ.ย. – ก.ค.	ขึ้น 7 ค่ำ	อิสราเอล	Shlesinger and Loya (1985)
Platygyra acuta	พ.ค. – มิ.ย.	-	ฮ่องกง	Chui et al. (2014)
Platygyra sinensis	มี.ค. – เม.ย.	แรม 4 ค่ำ	ไทย	การศึกษาครั้งนี้
Platygyra daedalea	ก.พ. – มี.ค.	ขึ้น 15 ค่ำ – แรม 7 ค่ำ	เคนยา	Mangubhai and Harrison (2008)
Platygyra ryukuensis	มี.ค. – เม.ย.	แรม 3–4 ค่ำ	สิงคโปร์	Guest (2004)
Platygyra pini	มี.ค. – พ.ค.	แรม 3–5 ค่ำ	สิงคโปร์	Guest et al. (2012)
Platygyra sinensis	ต.ค. – พ.ย.	แรม 1–7 ค่ำ	ออสเตรเลีย	Babcock and Heyward (1986)



กรอบสี่เหลี่ยม: ช่วงเวลาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำของปะการังสมอง

รูปที่ 5-2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำรายวันในช่วงเดือนที่ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ

ปะการังสมองเป็นกลุ่มปะการังที่มีขนาดโพลิปใหญ่ (Veron, 2000) ขนาดของบันเดิลและความดกของเซลล์สืบพันธุ์ภายในบันเดิลมีปริมาณมากเช่นกัน (Shlesinger et al., 1998) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความดกของเซลล์ไข่มีความหลากหลาย ตั้งแต่ต่ำกว่า 100 ฟอง ถึง 400 ฟองต่อบันเดิล นอกจากนี้ จากการศึกษาโดยวิธีทางมิญชวิทยาของ Shlesinger et al. (1998) พบว่า

ความดกไข่ของปะการังสมอง *Platygyra lamellina* ในรังไข่มีความหลากหลายตั้งแต่ 12 - 60 ฟอง ต่อรังไข่ จึงมีความเป็นไปได้ที่ในแต่ละโพลิปของปะการังจะมีความดกไข่ไม่เท่ากันตั้งแต่แรกอยู่แล้ว ซึ่งการจะหาคำตอบได้จากการศึกษานี้จำเป็นต้องทำการศึกษาโดยวิธีทางมิญชวิทยาต่อไป

อัตราการปฏิสนธิจากการผสมข้ามโคโลนีมีค่าสูงกว่า 98% ขณะที่การผสมภายในโคโลนีเดียวกันมีค่าต่ำกว่า 2% ซึ่งไม่แตกต่างไปจากการศึกษาอื่น (Chui et al., 2014) หลังจากนั้น เซลล์ไข่ที่รับการปฏิสนธิจึงทำการแบ่งเซลล์ครั้งแรกภายใน 1 ชั่วโมง ซึ่งเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นในต่างประเทศที่ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง (Babcock et al., 1986; Chui et al., 2014) ทั้งนี้ รวมถึงการพัฒนาเข้าสู่ระยะอื่นเช่นกัน ที่มีการพัฒนาเร็วกว่าการศึกษาอื่น อาจเนื่องมาจากระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลที่สูงกว่า (Babcock et al., 1986; Richmond and Hunter, 1990; Richmond, 1997) อย่างไรก็ตาม ไม่พบการเกิดบลาสโทพอร์ (blastopore) สองช่องในขั้นตอนการเกิดช่องปาก (รูปที่ 2-2 L) ก่อนรวมเป็นช่องเดียวดังเช่นการศึกษาของ Okubo et al. (2013) ซึ่งอาจเป็นเพราะ กระบวนการนี้เกิดขึ้นเร็วมาก หรือความถี่ในการติดตามการพัฒนาในการศึกษานี้ยังไม่ครอบคลุมทุกช่วงเวลา หรือเกิดจากความผิดปกติของการสร้างช่องปาก (Chui et al., 2014) เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนการเหนี่ยวนำให้ตัวอ่อนปะการังทำการลงเกาะบนพื้นผิวที่เตรียมไว้ เป็นไปตามวิธีการของ ชโลทร รักษาทรัพย์ (2550) กล่าวคือ สาหร่ายหินปูนที่อาศัยอยู่บนพื้นผิววัสดุที่จัดเตรียมไว้เป็นปัจจัยสำคัญที่เหนี่ยวนำให้เกิดการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเช่นเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550; ปฐพร เกื้อนุ้ย, 2551; Heyward and Negri, 1999; Price, 2010) อย่างไรก็ตาม ตัวอ่อนของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในการศึกษานี้ ใช้เวลาในการพัฒนาเพื่อทำการลงเกาะบนพื้นผิวได้เร็วกว่ากลุ่มปะการังเขากวาง Acroporidae ทั้งนี้ อัตราการลงเกาะ (รูปที่ 4-9) รวมถึงอัตรารอด (รูปที่ 4-10) มีค่าลดลงมากกว่าการศึกษาในปะการังเขากวาง *Acropora* spp. ของ ชโลทร รักษาทรัพย์ (2550) เมื่อเวลาผ่านไป

ถึงแม้ว่าสาหร่ายหินปูนเป็นเครื่องเหนี่ยวนำให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะบนพื้นผิวอย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากมีความหนาแน่นของสาหร่ายหินปูนมากเกินไปจะทำให้ตัวอ่อนปะการังถูกสาหร่ายหินปูนดังกล่าวเติบโตทับตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะได้ดังเช่นการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งตัวอ่อนปะการังถูกสาหร่ายหินปูนปกคลุมทำให้อัตรารอดลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (รูปที่ 4-10) ทั้งนี้ อาจเลือกวัสดุที่มีสาหร่ายหินปูนที่ตายแล้วหรือมีการปกคลุมเป็นบางส่วน เนื่องจากสารเคมีที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ

ให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะนั้น ยังคงอยู่ลึกลงไปในชั้นหินปูน (Heyward and Negri, 1999) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

5.1.2 ปะการังโขด *Porites lutea*

การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังโขดโดยวิธีการทางมิญชวิทยา นับเป็นองค์ความรู้ใหม่ในประเทศไทย ถึงแม้ว่ามีการศึกษาด้วยวิธีนี้ในปะการังโขดหลากหลายชนิดจากหลากหลายพื้นที่ (Kojis and Quinn, 1982; Glynn et al., 1984; Neves, 2000; Guest, 2004; Hirose and Hidaka, 2006; Baird et al., 2011; Stoddart et al., 2012) ในต่างประเทศแล้วก็ตาม แต่ด้วยความแตกต่างของภูมิประเทศ ละติจูด รวมถึงปัจจัยทางธรรมชาติอีกมากมาย ทำให้พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของปะการังชนิดเดียวกันสามารถแตกต่างกันได้ในแต่ละพื้นที่ (Nozawa, 2012) การคัดแยกลักษณะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* โดยใช้วิธีการทางมิญชวิทยาสามารถแบ่งออกได้ 4 ระยะ ตามขนาดและลักษณะรูปร่างของเซลล์ไข่หรือถุงสเปิร์ม (Glynn et al., 1984) การศึกษาครั้งนี้พบอัตราส่วนเพศเป็น 1:1 ซึ่งมีทั้งความเหมือนและความแตกต่างจากการศึกษาอื่น (Harriot, 1982; Kojis and Quinn, 1982; Fadlallah, 1983; Guest, 2004; Baird et al., 2011) อันบ่งบอกถึงความแตกต่างของแต่ละพื้นที่การศึกษา หรืออาจมีสาเหตุมาจากจำนวนตัวอย่างในการศึกษานี้มีน้อยเกินไป เป็นต้น จากผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบการพัฒนาของเซลล์ไข่ (oogenesis) ระยะที่ 2 – 4 และการพัฒนาของถุงสเปิร์ม ที่ระยะ 3 – 4 (ระยะที่ 2 พบเพียง 1 ตัวอย่าง) ซึ่งเพียงพอต่อการคาดการณ์ช่วงเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ เนื่องจากปะการังโขดโอนถ่ายพลังงานเพื่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่ 3 ไปสู่ระยะที่ 4 ก่อน และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ สำหรับระยะที่ 1 – 2 นั้น ถูกเก็บรักษาไว้เพื่อพัฒนาในช่วงเวลาถัดไป (Stoddart et al., 2012) ดังนั้น จึงทำให้การศึกษาครั้งนี้พบการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่ 3 และ 4 รวม 2 ครั้งในรอบปี รวมถึงการพบกลุ่มตัวอย่างในเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม ที่มีการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์อย่างสมบูรณ์เพียงบางโคโลนี นอกจากนี้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของรังไข่ และถุงสเปิร์ม มีขนาดเฉลี่ยในเดือนเมษายน และพฤศจิกายน ใกล้เคียงกัน แต่จำนวนตัวอย่างที่พบการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ต่ำกว่าถึงเท่าตัว (รูปที่ 4-5 และ 4-7) จึงมีความเป็นไปได้ว่าการพบการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม เกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 1 และ 2 ที่หยุดการพัฒนาในช่วงเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม และเก็บรักษาไว้เพื่อโอนถ่ายพลังงานไปใช้ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ระยะที่ 3 ให้เข้าสู่ระยะที่ 4 (Stoddart et al., 2012)

การจำแนกระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่ 1 และ 2 เป็นไปได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเซลล์ไข่ในระยะที่ 1 เป็นเพียงเซลล์ล้อมรอบนิวเคลียสขนาดเล็ก ประมาณ 6–10

ไมโครเมตร ในขณะที่ถุงสเปิร์มเป็นเพียงกลุ่มเซลล์จำนวนหนึ่งเช่นเดียวกับระยะที่ 2 ซึ่งแตกต่างกันเพียงแค่ขนาดของเซลล์ไข่และจำนวนเซลล์ภายในถุงสเปิร์มเท่านั้น (Glynn et al., 1984; Szmant-Froelich et al., 1986; Baird et al., 2011) เซลล์ไข่และถุงสเปิร์มในระยะที่ 3 – 4 สามารถจำแนกได้ในการศึกษานี้ด้วยขนาดและลักษณะที่แตกต่างจากระยะก่อนหน้า กล่าวคือ เซลล์ไข่ระยะที่ 3 มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจนจากกระบวนการสะสมสารอาหาร (vitellogenensis) เพื่อสร้างไข่แดง (yolk) และสามารถพบสาหร่ายซูแซนเทลลีเคลื่อนตัวเข้ามาอยู่โดยรอบ สังเกตจากเซลล์ทรงกลมขนาดเล็กที่ย้อมติดสีม่วงของ haematoxylin ซึ่งใช้ระบุนิวเคลียสของเซลล์ต่างๆ เนื่องจากสภาพความเป็นกรดของ DNA/RNA ภายในนิวเคลียสจับกับสีดังกล่าวซึ่งมีสภาพเป็นเบส และสุดท้ายจึงเคลื่อนเข้าสู่เซลล์ไข่ และถูกจำแนกให้เป็นระยะที่ 4 (Fadlallah, 1983; Glynn et al., 1984; Hirose and Hidaka, 2006; Baird et al., 2011) ขณะที่ระยะการพัฒนาของถุงสเปิร์มระยะที่ 3 นั้น ถุงสเปิร์มปรากฏเป็นกลุ่มของเซลล์สเปิร์มที่เรียงตัวกันโดยรอบและเกิดช่องว่างตรงกลาง เรียกว่าลูเม็น (lumen) ส่วนระยะที่ 4 นั้น เซลล์สเปิร์มมีการแบ่งเซลล์จนมีขนาดเล็กกว่าในระยะที่ 3 มาก และมีการจัดเรียงหางของสเปิร์มไปในทิศทางเดียวกันจากจุดศูนย์กลางของถุงสเปิร์มแทนที่ช่องว่างลูเม็น ทำให้มีลักษณะคล้ายช่อดอกไม้ (bouquet)

5.2 สรุปผลการศึกษา

5.2.1 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* บริเวณเกาะแสมสารและเกาะข้างเคียงมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่การปรากฏของเซลล์ไข่สีขาวจนเป็นสีชมพู โดยใช้เวลารวม 3 – 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน ทั้งนี้ เซลล์ไข่มีการพัฒนาที่ไม่พร้อมกัน สำหรับถุงสเปิร์มนั้นพบแทรกอยู่ระหว่างรังไข่ในชิ้นตัวอย่างปะการัง โดยที่มีการปรากฏให้เห็นล่วงหน้าประมาณ 1 เดือนก่อนการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำ

5.2.2 การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อย่างพร้อมเพรียงกันของสมอง *Platygyra sinensis* เกิดขึ้นในคืนที่ 4 หลังดวงจันทร์เต็มดวงเป็นต้นไป (แรม 4 ค่ำ) ติดต่อกัน 1 – 3 วัน ระหว่างเวลาประมาณ 20:30 น. จนเสร็จสิ้นการปล่อยในช่วงเวลาประมาณ 21:30 น.

5.2.3 ปัจจัยทางจันทรคติ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ระดับน้ำ และปริมาณแสง ส่งผลต่อพฤติกรรมการสร้างและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis*

5.2.4 ปริมาณความหนาแน่นของเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในแต่ละฝักมีความสัมพันธ์กัน โดยเซลล์ไข่จะมีความหนาแน่นตั้งแต่ 36 - 382 ฟองต่อบันเดิล และความหนาแน่นสเปิร์มตั้งแต่ $3.27\pm0.82\times10^{6}$ - $16.4\pm0.91\times10^{6}$ เซลล์ต่อบันเดิล

5.2.5 อัตราการปฏิสนธิข้ามโคโลนีของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* มีค่าสูงกว่า 98% ขณะที่อัตราการลงเกาะแตกต่างกันในแต่ละปีตั้งแต่ 22.23±2.72 – 42±4.16 % โดยที่การเหนี่ยวนำตัวอ่อนปะการังให้ลงเกาะตั้งแต่วันที่ 3 หลังจากปฏิสนธิ ส่งผลต่ออัตราการลงเกาะสูงสุด

5.2.6 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ในการศึกษานี้เกิดขึ้นเร็วกว่าปะการังกลุ่มเดียวกันในพื้นที่อื่นๆ

5.2.7 อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังสมอง *Platygyra sinensis* ลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นผลมาจากสาหร่ายหินปูน (coralline algae) ที่ใช้เป็นตัวเหนี่ยวนำในการลงเกาะมีความหนาแน่นมากเกินไป ส่งผลต่อการแก่งแย่งพื้นที่ โดยเติบโตครอบคลุมปะการังในที่สุด

5.2.8 ปะการังโขด *Porites lutea* ในบริเวณเกาะแสมสารใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมด 3 – 5 เดือน มีอัตราส่วนเพศที่ 1:1 (n=10) และมีการพัฒนาเพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 2 ช่วงในรอบปี ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงธันวาคม และ เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ตามลำดับ

5.2.9 เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังโขด *Porites lutea* ที่พัฒนาในช่วงปลายปี (สิงหาคมถึงธันวาคม) อาจเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ที่หลงเหลือจากช่วงการพัฒนาระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชโลทร รักษาทรัพย์. 2550. อัตรารอดและการเติบโตของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora spp.* ในระบบเพาะเลี้ยง. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 115 หน้า.

ปฐพร เกื้อนุ้ย. 2551. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) บริเวณหมู่เกาะแสมสาร. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 107 หน้า.

พีรดนย์ เกิดผล, สุชนา ชวนิชย์ และ วรณพ วิยกาญจน์. 2559. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี. เอกสารการประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 7 "ทรัพยากรไทย : หวนดูทรัพย์สิ่งสินตน", 24-26 มีนาคม 2559, มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น. 755-760

ภาษาอังกฤษ

Babcock, R. C., G. D. Bull, P. L. Harrison, A. J. Heyward, J. K. Oliver, C. C. Wallace and B. L. Willis. 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. Marine Biology 90: 379-394.

Babcock, R. C. and A.J. Heyward. 1986. Larval development of certain gamete-spawning scleractinian corals. Coral Reefs 5: 111-116.

Babcock, R. C., B. L. Willis and C. J. Simpson. 1994. Mass spawning of corals on a high latitude coral reef. Coral Reefs 13: 161-169.

Baird, A. H., D.R. Blakeway, T.J. Hurley and J.A. Stoddart. 2011. Seasonality of coral reproduction in the Dampier Archipelago, northern western Australia. Marine Biology 158: 275-285.

Barnes, R.D. 1987. Invertebrate Zoology; Fifth Edition. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.

Chornesky, E.A. and E.C. Peters. 1987. Sexual reproduction and colony growth in the scleractinian coral *Porites astroides*. Biological Bulletin 172: 161-177.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Chui, A. P. Y., M. C. Wong, S. H. Liu, G. W. Lee, S. W. Chan, P. L. Lau, S. M. Leung and P. Ang. 2014. Gametogenesis, embryogenesis, and fertilization ecology of *Platygyra acuta* in marginal nonreefal coral communities in Hong Kong. Journal of Marine Biology 9 pp.

Fadlallah, Y.H. 1983. Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinian corals, a review. Coral reefs 2: 129-150.

Glynn, P. W., S. B. Colley, C. M. Eakin, D. B. Smith, J. Cortes, N. J. Gassman, H. M. Guzmfin, J. B. Del Rosario and J. S. Feingold. 1984. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama and Galfipagos Islands (Ecuador). II. Poritidae. Marine Biology 118: 191-208.

Guest, J.R. 2004. Reproductive patterns of scleractinian corals on Singapore's reefs Doctor of Philosophy. Department of Biological Sciences National University of Singapore: 192 pp.

Guest, J.R., L.M. Chou and B. Goh. 2012. Reproductive seasonality of the reef building coral *Platygyra pini* on Singapore's reefs. Raffles Bulletin of Zoology 25: 123-131.

Harriot, V.J. 1982. Reproductive ecology of four scleractinian species at Lizard Island. Coral Reefs 2: 9-18.

Harrison, P. L. 2011. Sexual reproduction of scleractinian corals. Coral Reefs: an ecosystem in transition 59-85.

Harrison, P. L., R. C. Babcock, G. D. Bull, J. K. Oliver, C. C. Wallace and B. L. Willis. 1984. Mass spawning in tropical reef corals. Science 223: 1186-9.

Harrison, P. L. and C.C. Wallace. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. Coral Reefs, Ecosystem of the World 25: 133-207.

Heyward, A. J. and A.P. Negri. 1999. Natural inducers for coral larval metamorphosis. Coral Reefs 18: 273-279.

Hirose, M. and M. Hidaka. 2006. Early development of zooxanthella-containing eggs of the corals *Porites cylindrica* and *Montipora digitata*: the endodermal localization of zooxanthellae. Zoological Science 23: 873-881.

Howells, E. J., D. Abrego, G.O. Vaughan and J.A. Burt. 2014. Coral spawning in the Gulf of Oman and relationship to latitudinal variation in spawning season in the northwest Indian Ocean. Sci Rep 4: 7484.

Kojis, B.L. and N.J. Quinn. 1982. Reproductive strategies in four species of *Porites* (Scleractinia). Proceeding of the 4th International Coral Reef Symposium 2: 145-151.

Levinton, J.S. 1995. Marine biology: function, biodiversity, ecology. Oxford University Press, Inc.

Levitan, D.R., H. Fukami, J. Jara, D. Kline, T.M. McGovern, K.E. McGhee, C.A. Swanson and N. Knowlton. 2004. Mechanisms of reproductive isolation among sympatric broadcastspawning corals of the *Montastraea annularis* species complex. Evolution 58: 308-323.

Mangubhai, S. and P. L. Harrison. 2006. Seasonal patterns of coral reproduction on equatorial reefs in Mombasa, Kenya. proceedings of 10th International Coral Reef Symposium 106-114.

Mangubhai, S. and P. L. Harrison. 2008. Gametogenesis, spawning and fecundity of *Platygyra daedalea* (Scleractinia) on equatorial reefs in Kenya. Coral Reefs 27: 117-122.

Neves, E.G. . 2000. Histological analysis of reproductive trends of three *Porites* species from Kane'ohe Bay, Hawai'i. Pacific Science 54: 195-200.

Nozawa, Y. 2012. Annual variation in the timing of coral spawning in a high-latitude environment: influence of temperature. Biological Bulletin 222: 192-202.

Okubo, N., T. Mazeki, Y. Nozawa, Y. Nakano and Y.T. Lien. 2013. Comparative embryology of eleven species of stony corals (Scleractinia). PLoS One 8: 22 pp.

Oliver, J. K., R.C. Babcock, P.L. Harrison and B.L. Willis. 1988. Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. Proceeding of the 6th International Coral Reef Symposium 2: 803-810.

Richmond, R. H. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistance of reefs. Life and Death of Coral Reefs 175-197.

Richmond, R. H. and C.L. Hunter. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific and the Red Sea. Marine Ecology Progress Series 60: 185-203.

Riddle, D. 2011. Aquarium corals: a first report: early summer daytime spawning of *Porites lutea* in Hawai'i. Advance Aquarist Magazine X:

Shlesinger, Y. , T.L. Goulet and Y. Loya. 1998. Reproductive patterns of scleractinian corals in the northern Red Sea. Marine Biology 132: 691-701.

Shlesinger, Y. and Y. Loya. 1985. Coral community reproductive patterns: Red Sea versus the Great Barrier Reef. Science 228: 1333-1335.

Simpson, C. J. 1985. Mass spawning of scleractinian corals in the Dampier Archipelago and the implications for management of coral reefs in western Australia. Western Australian Department of Conservation and Environment Bulletin 244: 1-35.

Stoddart, C.W., J.A. Stodart and D.R. Blakeway. 2012. Summer spawning of *Porites lutea* from north-western Australia. Coral Reefs 31: 787-792.

Szmant-Froelich, A., M. Reutter and L. Riggs. 1986. Sexual reproduction of *Favia fragum* (Esper): lunar patterns of gametogenesis, embryogenesis and planulation in Puerto Rico. Bulletin of Marine Science 37: 880-892.

Vargas-Ángel, B., S.B. Colley, S.M. Hoke and J.D. Thomas. 2006. The reproductive seasonality and gametogenic cycle of *Acropora cervicornis* off Broward County, Florida, USA. Coral Reefs 25: 110-112.

Veron, J.E.N. 2000. Corals of the World. Australian Institute of Marine Sciences and CRR Qld Pty Ltd.

Wilson, J.R. and P.L. Harrison. 2003. Spawning patterns of scleractinian corals at the Solitary Islands - a high latitude coral community in Eastern Australia. Marine Ecology Progress Series 260: 115-123.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพีรดนย์ เกิดผล เกิดวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2534 ณ กรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2557 ระหว่างการศึกษาได้รับทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2559

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการโดยการตีพิมพ์บทความ รวมถึงการนำเสนอทางโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

บทความทางวิชาการ

พีรดนย์ เกิดผล, สุชนา ชวนิชย์ และวรณพ วิยกาญจน์ ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ในรายงานการประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 7 "ทรัพยากรไทย : หวนดูทรัพท์สิ่งสินตน" หน้า 755-760 ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2558

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

Kirdpol, P., Chavanich, S. and Viyakarn, V. 2016. Reproductive Biology of the Brain Coral, *Platygyra sinensis* at Mu Ko Samae San, Chon Buri Province in the Upper Gulf of Thailand. The 13th International Coral Reef Symposium (ICRS), 19-24 June 2016, Honolulu, Hawaii, USA. (Poster Presentation)

Kirdpol, P., Chavanich, S. and Viyakarn, V. 2017. Reproductive biology of the massive coral, *Porites lutea* at Mu Ko Samae San, Chon Buri Province in the upper Gulf of Thailand. The 10th IOC/WESTPAC International Scientific Conference, 17-20 April 2017, Qingdao, People's Republic of China. (Poster Presentation)