สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การฟื้นตัวของปะการังแข็งที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว บริเวณเกาะไข่ จังหวัดชุมพร

RECOVERY OF SCLERACTINIAN CORAL AFTER CORAL BLEACHING PHENOMENON IN KOH KHAI, CHUMPORN PROVINCE

T132478

สุริยา เอี่ยมสำอางค์
SURIYA IAMSAM-ANG

ภพ
ส866ก
2556
เลขหมู่..........
เลขทะเบียน 132478
วัน,เดือน,ปี 18 ก.ค. 2557
.b.12609969
.i..........

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2556

KMITL-2013-AG-M-081-153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOVERY OF SCLERACTINIAN CORAL AFTER CORAL BLEACHING PHENOMENON IN KOH KHAI, CHUMPORN PROVINCE

SURIYA IAMSAM-ANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL PRODUCTION TECHNOLOGY AND FISHERIES

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

KMITL-2013-AG-M-081-153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การฟื้นตัวของปะการังแข็งที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวบริเวณเกาะไข่ จังหวัดชุมพร
นักศึกษา	นายสุริยา เอี่ยมสำอางค์
รหัสประจำตัว	51606552
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.มณฑล แก่นมณี

บทคัดย่อ

การฟื้นตัวของปะการังแข็งที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 ในพื้นที่ศึกษาตัวแทนบริเวณแนวปะการังเกาะไข่ จังหวัดชุมพร โดยวิธีการติดตามการฟื้นตัวประกอบด้วย (1) การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบนวัสดุเทียม (2) การวิเคราะห์ปริมาณลิปิดทั้งหมดที่สะสมในเนื้อเยื่อของปะการัง (3) ศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ วิธีการศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนทำการเก็บตัวอย่าง 7 ครั้งระหว่างเดือนธันวาคม 2552 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555 ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณลิปิดทั้งหมดและการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เก็บตัวอย่าง จากโคโลนีปะการังแข็งที่ทำเครื่องหมายไว้ทั้งหมด 8 ชนิดคือ *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Favia favus*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutea* และ *Hydnophora microconos* โดยเก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคม 2553 เมษายน กรกฎาคม และกันยายน 2554 ผลการศึกษาความหนาแน่นของโคโลนีปะการังที่ลงเกาะบนวัสดุเทียมก่อนและหลังการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวประมาณ 8 เดือนพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (21.30 โคโลนีต่อตารางเมตรสำหรับปะการังก่อนการฟอกขาว และ 34.08 โคโลนีต่อตารางเมตรสำหรับ 8 เดือนหลังการฟอกขาวตามลำดับ; $p<0.05$) โคโลนีของปะการังที่ลงเกาะบนวัสดุเทียมหลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวแล้ว 22 เดือน มีความหนาแน่นสูงที่สุดคือ153.36 โคโลนีต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเมตร โดยปะการังชนิดเด่นที่พบบนแผ่นวัสดุเทียมคือ *Pocillopora damicornis*., *Fungia* sp. และ *Porites* sp. ตามลำดับ ผลการศึกษาปริมาณลิปิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหลังการฟอกขาวในช่วงเวลาต่างๆ พบว่าในเดือนกรกฎาคม 2554 มีปะการัง 3 ชนิดที่เริ่มมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นภายหลังการฟอกขาวตามระยะเวลาคือ *Hydnophora microconos*, *Porites lutea* และ *Symphyllia recta* ปะการังชนิดที่มีปริมาณลิปิดทั้งหมดที่สะสมในเนื้อเยื่อมากที่สุดคือ *Montipora efflorescens* รองลงมา คือ *Hydnophora microconos* และ *Favia favus* เมื่อตรวจสอบพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในปะการังพบว่าปะการังชนิด *Montipora efflorescens, Turbinaria frondens, Favia favus* และ *Porites lutea* เริ่มพบการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในโพลิปหลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวประมาณหนึ่งปี และยังพบความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์กับปริมาณลิปิดทั้งหมดที่พบในเนื้อเยื่อปะการังเหล่านี้ โดยปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อปะการังเพิ่มขึ้นระหว่างที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแม้ปะการังแข็งจะอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว แต่ปะการังที่รอดชีวิตบางส่วนยังมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการฟื้นตัวตามธรรมชาติของปะการัง ภายหลังสภาพแวดล้อมกลับมาสู่สภาวะที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Recovery of Scleractinian coral after coral bleaching Phenomenon in Koh Khai, Chumporn Province
Student	Mister.Suriya Iamsam-ang
Student ID	51606552
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Division	Animal Production Technology and Fisheries
Year	2013
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Monthon Ganmanee

ABSTRACT

Recovery of scleractinian coral after bleaching event in summer of 2010 in Koh Khai, Chumporn were carried out using 3 techniques; (1) density of new recruit of coral colony on artificial substrate (ceramic tile), (2) total lipid content determination in coral tissue and (3) gametogenesis. Artificial substrate were deployed and collected 7 times before-, during- and after bleaching event (from December 2009 to February 2011). For total lipid content determination and gemetogenesis, coral tissues were collected from 8 tagged coral colonies namely: *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Favia favus*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutea* and *Hydnophora microconos* in December 2010, April, July and September 2011. Results of the study showed that densities of new recruits of coral on artificial substrate before and 8 months after bleaching event were not significantly different (21.03 and 34.08 colony/m^{-2} for before and 8 month after bleaching event, respectively; $p<0.05$). The magnitude of new recruit was intense through time, reached to the highest (153.6 colony/m^{-2}) 22 month after bleaching event. Cauliflower coral (*Pocillopora* sp), Mushroom coral (*Fungia* sp.) and Massive coral (*Porites* sp.) were among the dominant taxa of new recruits. Total lipid content in *Hydnophora microconos, Porites lutea and*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symphyllia recta increased though time from bleaching event. The highest lipid content in coral tissue after bleaching event were observed in *Montipora efflorescens*, *Hydnophora microconos* and *Favia favus*. Histological results revealed development of oocyte and testis in *Montipora efflorescens, Turbinaria frondens, Favia favus* and *Porites lutea* one year after bleaching event. In addition, correlation between total lipid content in those coral tissues and their gamete developmental stage was found. Results in the present studies suggested that although most scleractenian coral in Kai Island suffered from bleaching event, the recovery occurred by sexual reproduction followed by natural recruitment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.มณฑล แก่นมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาช่วยแนะนำให้คำปรึกษาแนวทางต่างๆอีกทั้งยังช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์จนลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ Dr. Jame True และคุณศรีสกุล ภิรมย์วราภร สำหรับข้อมูลในการจัดจำแนกปะการังและเทคนิคการทำ ขอบคุณน้องๆป.ตรี และป.โท ที่ช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องที่พัก ขอขอบคุณพี่ชัยรัตน์ และพี่ๆชาวประมงแห่งพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการเดินทางไปเก็บข้อมูล ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆในการดำเนินชีวิต ขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ ที่คอยช่วยเหลืออุปกรณ์ต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่เอื้อเฟื้อทั้งความรัก และทุนทรัพย์ส่งข้าพเจ้าเรียนจนจบปริญญาโท สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจให้กัน ร่วมกันฟันฝ่าอุปสรรคทั้งหลายจนทำให้ข้าพเจ้าสามารถเรียนจบได้ในวันนี้

สุริยา เอี่ยมสำอางค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....III
กิตติกรรมประกาศ....V
สารบัญ....VI
สารบัญตาราง....IX
สารบัญภาพ....X
บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์....4
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ....5
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....6
2.1 ชีววิทยาของปะการัง....6
2.1.1 โพลิป (Polyp)....6
2.1.2 โครงสร้างหินปูน (Skeleton)....7
2.2 การสืบพันธุ์ของปะการัง....12
2.2.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ....12
2.2.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ....13
2.2.3 การทดแทนที่ของปะการัง(Recruitment)....22
2.2.4 การพัฒนาของตัวอ่อน....23
2.2.5 การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง....25
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแนวปะการัง....26
2.3.1 ปัจจัยทางกายภาพ....26
2.3.2 ปัจจัยทางชีวภาพ....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 ประเภทของแนวปะการังในโลก.....35

2.5 การเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว.....37

2.5.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการฟอกขาว.....38

2.5.2 สาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว.....40

2.5.3 ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว.....41

2.6 การฟื้นตัวของปะการังหลังการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว.....47

2.6.1 การฟื้นตัวของปะการังที่ฟอกขาวในกรณีที่ยังคงมีชีวิตอยู่.....47

2.6.2 การฟื้นตัวของปะการังที่ฟอกขาวในกรณีที่ปะการังที่ฟอกขาวได้ตาย ไปแล้ว.....49

2.7 การสะสมไขมันของปะการัง.....51

2.7.1 ลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง.....52

2.7.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง.....56

2.8 ผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวต่อการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ.....58

2.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง.....58

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....63

3.1 วิธีการดำเนินการ.....63

3.1.1 พื้นที่ศึกษา.....63

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....64

3.1.3 อุปกรณ์และวิธีการ.....64

3.2 วิธีการศึกษา.....66

3.2.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะกรัง.....66

3.2.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ.....68

3.2.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์.....70

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง..73

4.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ..78

4.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์..82

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..86

5.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง..86

5.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ..87

5.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์..89

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..91

6.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง..91

6.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ..91

6.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์..91

6.4 ข้อเสนอแนะ..92

บรรณานุกรม..93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงรูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการัง 24ชนิด; *G*: gonochoric, *H*: hermaphoditic, *B*: broadcasting gametes, *P*: brooding planulae, *C*: gonads in body cavity, *S*: gonads in mesenteries	15
2.2	แสดงการประเมินจำนวนของ Oocytes per polyp ในปะการังชนิดต่างๆ	20
2.3	แสดงช่วงเวลาในการปล่อยไข่ของปะการังชนิดต่างๆ	21
2.4	การปกคลุมพื้นที่ของปะการังที่มีชีวิตก่อนและหลังการฟอกขาวในปี 2553 และอัตราการตายในพื้นที่ต่างๆ	46
2.5	ปริมาณลิปิดรวมในเนื้อเยื่อปะการังแข็งบางชนิด เมืองโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น	55
2.6	ปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 5 ชนิด	56
2.7	องค์ประกอบของลิปิดในปะการัง *Montipora digitata*	58
2.8	ชนิดปะการังเขากวางที่สำรวจสถานะเซลล์สืบพันธุ์ในบริเวณแนวปะการังชายฝั่งตะวันออก และชายฝั่งภาคใต้ของอ่าวไทย	60
3.1	ช่วงเวลาในการวางและเก็บ Settlement plates	66
4.1	เปอร์เซ็นต์ของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates ในส่วนต่างๆ	75
4.2	จำนวนโคโลนีที่พบบน Settlement plate (No. of recruits/m^2) ในแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล	76
4.3	ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเวลาที่ต่างกัน	78
4.4	แสดงรูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการังทั้ง 8 ชนิด และขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ที่พบ; *G*: gonochoric, *H*: hermaphroditic, *B*: broadcasting gametes, *P*: brooding planulae, *C*: gonads in body cavity, *S*: gonads in mesenteries	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	รูปร่างลักษณะโครงสร้างของโพลิปปะการังและโครงสร้างหินปูนของปะการัง	7
2.2	ลักษณะโครงสร้างหินปูนของปะการังในแบบต่างๆ	9
2.3	รูปทรงในการดำรงชีวิตของปะการังแบบต่างๆ	12
2.4	วงจรการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง	14
2.5	แสดงลักษณะ Gonad ของปะการังเพศรวม และเพศแยก	16
2.6	ลักษณะของเนื้อเยื่อเพศเมียที่มีการพัฒนาที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตามระยะ	18
2.7	ลักษณะของเนื้อเยื่อเพศผู้ที่มีการพัฒนาที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตามระยะ	19
2.8	แสดงพัฒนาการของ Primary corallite ในช่วงเวลาต่างๆ	24
2.9	แสดงค่าเฉลี่ยของ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง Primary corallite	25
2.10	แสดงช่วงเวลาที่มีการปล่อยไข่ของปะการัง	28
2.11	แสดงผลของ Hurricanes และพายุลมแรง ที่มีต่อจำนวนการกลับเข้ามาของปะการังและสถิติของการกลับเข้ามาของปะการังในปีที่ได้รับผลกระทบ และปีที่ไม่ได้รับผลกระทบจากพายุเฮอริเคน	29
2.12	ความสัมพันธ์ระหว่างซูแซนเทลลี่กับปะการัง	32
2.13	ผลของ benthic cyanobacterium ต่ออัตรารอดของตัวอ่อนปะการัง	34
2.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นตัวอ่อนกับ Bryozoans, Oyster's และสิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ได้อื่นๆ	35
2.15	ประเภทของแนวปะการังที่มีในโลก	36
2.16	การแบ่งเขตของแนวปะการัง	37
2.17	อุณหภูมิที่ผิวหน้าน้ำทะเลบริเวณศูนย์กลาง atoll ในหมู่เกาะมัลดีฟส์ สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมทึบแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวหน้าน้ำในแต่ละเดือนตั้งแต่ปี 1950-1999 สี่เหลี่ยมโปร่งแสดง ในแต่ละเดือนในปี 1998	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้าที่

2.18 อุณหภูมิของน้ำทะเลเฉลี่ยในเดือน เมษายน พฤษภาคม ตั้งแต่ปี –1950 - 2000 ซึ่งพบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้นอย่างผิดปกติในปี 1998 บริเวณศูนย์กลาง atoll ในหมู่เกาะมัลดีฟส์..........39

2.19 กระบวนการที่ก่อให้เกิดการฟอกขาว..........41

2.20 จำนวนรายงานการเกิดปะการังฟอกขาวในแต่ละพื้นที่และปีทั่วโลก Severe: รายงานการฟอกขาวระดับรุนแรง Moderate: รายงานการฟอกขาวระดับปานกลาง และ Mild: รายงานการฟอกขาวระดับต่ำ..........43

2.21 จำนวนประเทศที่มีรายงานการเกิดปะการังฟอกขาว Severe: รายงานการฟอกขาวระดับรุนแรง Moderate: รายงานการฟอกขาวระดับปานกลาง และ Mild: รายงานการฟอกขาวระดับต่ำ..........44

2.22 รายงานบริเวณที่มีการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี สีแดง 1998: เกิดการฟอกขาวอย่างรุนแรง สีเหลือง: เกิดการฟอกขาวปานกลาง สีฟ้า: เกิดการฟอกขาวบางส่วน และสีเขียว: ไม่เกิดการฟอกขาว..........44

2.23 กราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำทะเลในแนวปะการังบริเวณเกาะภูเก็ตตั้งแต่ มกราคม กันยายน กรอบสีแดงเป็นช่วงที่อุณหภูมิน้ำทะเลสูง 2553 เกิน 30 องศาต่อเนื่องกันเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน..........45

2.24 การปกคลุมของปะการังแข็งและระดับการฟอกขาวในบริเวณ Vatu-i-Ra ในปี 1999– 2000 ซึ่งไม่ได้มีการทำสำรวจในปี 2003 และ 2005..........48

2.25 ค่าเฉลี่ยของชนิดพันธุ์ปะการังที่มีความสำคัญในทุกบริเวณในฟิจิ ในระหว่างช่วงปี 1999 – 2007..........49

2.26 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของโคโลนี ของปะการังขนาดเล็กในบริเวณ บริเวณแนวปะการังทางตอนเหนือและตอนใต้ของ Kenya ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลในปี 2003 และ 2005..........50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้าที่

2.27 ชนิดปะการังเด่น 5 สายพันธุ์ ที่มาลงเกาะในทางตอนเหนือและทางตอนใต้ของ Kenya ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลในปี 2003 และ 2005....51

2.28 ตำแหน่งในการสะสมลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง *Pocillopora damicornis*....57

2.29 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย ที่ระดับความลึก 3 เมตร แถบจังหวัดระยองและเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี....61

2.30 อุณหภูมิระดับน้ำทะเลที่ความลึก 5 เมตร ที่ Amakusa ประเทศญี่ปุ่น ในปี 2002-2003 ในโซนสีเทาแสดงถึงฤดูกาลวางไข่ใน Amakusa ประเทศญี่ปุ่น....62

3.1 แสดงตำแหน่งและลักษณะของเกาะไข่ อ.ปะทิว จ.ชุมพร....63

3.2 รูปแบบการยึดติดและลักษณะการวาง Settlement plates เข้ากับแนวปะการัง....67

3.3 ปะการังทั้ง 8 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ และพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์....68

4.1 ลักษณะและชนิดของตัวอ่อนปะการังที่พบการลงเกาะบน Settlement plates....73

4.2 เปอร์เซ็นต์ของปะการังแต่ละชนิดที่ลงเกาะบน Settlement plates ในแต่ละช่วงของการเก็บข้อมูล)*POC* คือ Pocilloporids, *POR* คือ Poritids, *FUN* คือ *Fungia sp.*, *DIP* คือ *Dipoastrea heliopora*, *UI* คือ Unidentifiablespat(....74

4.3 เปอร์เซ็นต์ของชนิดปะการังทั้งหมดที่พบการลงเกาะบน Settlement plates....75

4.4 ค่าเฉลี่ยของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates ในช่วงเวลาต่างๆ....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.5 จำนวนของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates ในแต่ละช่วงเวลา (ตัวต่อตารางเมตร)....77

4.6 ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเวลาที่ต่างกัน....79

4.7 ความแตกต่างของปริมาณลิปิดทั้งหมดของปะการังแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา....80

4.8 ปริมาณการสะสมลิปิดของปะการังแต่ละชนิด....81

4.9 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *M. efflorescens* ระยะที่ 3 (Cross section) กำลังขยาย 10x (N= nucleus O= oocyte T=testis)....84

44.10 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *F. favus* ระยะที่ 2 (Long section) กำลังขยาย 10x (N= nucleus O= oocyte)....84

4.11 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *T. frondens* ระยะที่ 4 (Cross section) กำลังขยาย 10x (O= oocyte)....85

4.12 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *P.lutea* ระยะที่ 3 (Cross section) กำลังขยาย 10x (T= testis)....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

แนวปะการัง (Coral Reef) เป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญมากแห่งหนึ่งในทะเลแถบเขตร้อนและเขตอบอุ่น ด้วยลักษณะเฉพาะตัวของระบบนิเวศแนวปะการังที่มีการสร้างและสะสมหินปูน (Calcification) เรียงตัวยาวต่อกันเป็นแนว (Reef) ซึ่งโครงสร้างหินปูนเหล่านี้เกิดจากตัวปะการังเองและสิ่งมีชีวิตอื่นบางชนิดที่อาศัยอยู่ในแนวปะการัง กลไกดังกล่าวสามารถสร้างหินปูนในแนวปะการังได้มากถึง 400-2,000 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี (Chave *et al.*, 1972) ประกอบกับลักษณะรูปทรงแบบต่างๆของโครงปะการังจึงทำให้แนวปะการังมีความสลับซับซ้อน เป็นซอกหลืบเหมาะแก่การอยู่อาศัยของ พืช ปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังต่างๆ อีกทั้งยังเป็นแหล่งหลบภัย สืบพันธุ์ และแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนได้เป็นอย่างดี จึงทำให้แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง สำหรับมนุษย์แล้วแนวปะการังเป็นแหล่งสร้างรายได้ ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์จากผลผลิตทางการประมง ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบทางการแพทย์ อีกทั้งความสวยงามของแนวปะการังเองที่แตกต่างไปจากระบบนิเวศอื่นๆ ทำให้แนวปะการังกลายมาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ

แนวปะการังจัดได้ว่าเป็นระบบนิเวศแบบกึ่งปิดซึ่งหมายถึงมีการใช้ประโยชน์จากสารอาหารและแร่ธาตุในแนวปะการังเป็นหลัก รวมถึงการนำของเสียจากการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตในแนวปะการังกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนผลิต โดยอาศัยปัจจัยบางปัจจัยจากภายนอก กลไกดังกล่าวที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการอยู่อาศัยแบบพึ่งพากันและกันระหว่างสาหร่ายเซลล์เดียว (Symbiotic dinoflagellates) หรือที่เรียกกันว่า “ซูแซนเทลลี่” (Zooxanthellae) และตัวปะการัง สาหร่ายซูแซนเทลลี่นั้นจะอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังชั้นแกสโตรเดอมิส (Gastrodermis) ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างพลังงานจากการสังเคราะห์แสงและส่งถ่ายพลังงานที่ได้ให้กับปะการัง รวมถึงเหนี่ยวนำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุภายในตัวปะการังกับน้ำทะเล ทำให้เกิดการสะสมแคลเซี่ยมคาร์บอเนตซึ่งเป็นโครงสร้างแข็งของตัวปะการัง (Birkeland, 1996)

ปัจจุบันพบว่าแนวปะการังได้รับการรบกวนอย่างรุนแรงจากธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์จนทำให้แนวปะการังหลายแห่งอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมและตายลงของปะการังเป็นวงกว้างมาจากการเกิดปรากฏการณ์ “แนวปะการังฟอกขาว” ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในแนวปะการังบางชนิดโดยเฉพาะปะการังที่เคยมีสีสันสวยงามกลับกลายมามีสีขาว ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลี่ (Symbiotic zooxanthellae) และ/หรือ การลดความเข้มข้นลงของรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงในตัวของสาหร่ายซูแซนเทลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Brown,1997;Hoegh-Guldberg,1999)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ของเสียจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ซึ่งอยู่ในรูปสารก่อมลพิษต่างๆที่เข้าสู่แนวปะการัง การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะการเกิดปรากฏการณ์ El Niño–Southern Oscillation' (ENSO) ซึ่งทำให้อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าน้ำทะเล (Sea Surface Temperature: SST) สูงขึ้น และปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านลงสู่ในน้ำ (Solar Irradiance) มากขึ้น นอกจากนี้ปะการังฟอกขาวอาจเกิดจากตะกอนที่ปกคลุมปะการัง (Smothering) การสัมผัสกับอากาศเป็นเวลานานในช่วงที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงสูง และสภาวะที่มีปริมาณน้ำจืดจากแผ่นดิน และมีปริมาณสารอาหารในน้ำมากจนเกินไป (Eutrophication) เป็นต้น โดยความถี่ของการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวนั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Birkeland, 1996; Buchheim, 1998)

ผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวทำให้ปะการังต้องสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลี่ออกจากตัวเอง ส่งผลให้ปะการังขาดพลังงานหลักในการดำรงชีวิต มากกว่าร้อยละ 90% ของพลังงานที่ปะการังต้องการในแต่ละวัน (Rodrigues *et al.*, 2008; Edmunds and Davies, 1986; Davies, 1991; Grottoli *et al.,* 2006) ส่งผลทำให้ปริมาณของโปรตีน ลิปิด และคาร์โบไฮเดรต รวมถึงการสะสมแคลเซี่ยมคาร์บอเนต และการผลิตเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังนั้นลดลง (Glynn, 1993) เนื่องจากปะการังจำเป็นต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นในการหาอาหาร และรักษาสมดุลของร่างกายในสภาวะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทำให้ปะการังต้องมีการจัดสรรพลังงานเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยจะมีการดึงเอาพลังงานที่เก็บสะสมไว้ออกมาใช้ (ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไขมัน)ในกิจกรรมการดำรงชีวิต และหยุดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอในการดำรงชีวิต และฟื้นตัวจากการเสียสมดุลของร่างกาย นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลก็ส่งผลให้ปริมาณของพลังงานที่เก็บสะสมเกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นเดียวกัน (Stimson, 1987)

สำหรับในประเทศไทยนั้นได้เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวครั้งใหญ่ขึ้นในปี 2553 ซึ่งนับว่าเป็นปีที่แนวปะการังเสียหายมากที่สุดเป็นประวัติการณ์ โดยผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวนั้นได้ส่งผลให้แนวปะการังเกือบทั้งหมดในประเทศไทยเกิดความเสียหายและตายลง ซึ่งแบ่งตามเขตบริเวณชายฝั่งของประเทศได้ดังนี้ (1) อ่าวไทยตอนใน; เกาะล้าน ปะการังเริ่มเกิดการฟอกขาวตอนปลายเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 ก่อนจะมีการฟอกขาวอย่างรุนแรงในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวอย่างมากได้แก่ ปะการังเขากวาง *Acropora* sp. (มีอัตราการตายร้อยละ 20-30 ของปะการังทั้งหมดในพื้นที่) ปะการังโต๊ะ (มีอัตราการตายร้อยละ 80-90 ของปะการังทั้งหมดในพื้นที่) ปะการังพุ่ม (มีอัตราการตายร้อยละ 80-90 ของปะการัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดในพื้นที่) ปะการังเคลือบ และปะการังเห็ด (ธรณ์ และคณะ 2554); หมู่เกาะแสมสาร ปะการังเกิดการฟอกขาวประมาณร้อยละ 50-80 ของปะการังที่มีชีวิตทั้งหมด ชนิดของปะการังที่เกิดการฟอกขาวได้แก่ ปะการัง *Acropora* sp., *Astreopora* sp., *Favia* sp., *Favites* sp., *Galaxea* sp., *Goniastrea* sp., *Hydnophora* sp., *Montipora* sp., *Platygyra* sp., *Pocillopora* sp. *Porites* sp. และ *Symphyllia* sp. จากการประเมินปะการังในแต่ละโคโลนีพบว่า ระดับการฟอกในแต่ละโคโลนีมีความแตกต่างกัน และมีการฟอกขาวตั้งแต่ร้อยละ 20-100 ของแต่ละโคโลนี ขึ้นอยู่กับชนิดของปะการัง โดยปะการัง *Acropora* sp. และ *Pocilopora* sp. มีการฟอกขาวมากที่สุดถึงร้อยละ 90-100 ต่อโคโลนี(สุชนา และคณะ 2554) (2) อ่าวไทยตะวันออก; หมู่เกาะเสม็ด ปะการังเกิดการฟอกขาวตั้งแต่ช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ส่งผลให้ปะการังบริเวณหมู่เกาะเสม็ดมีการตายลงมากว่าร้อยละ 55 ของปะการังทั้งหมดในพื้นที่ (True และคณะ 2554) (3) ฝั่งอันดามัน; หาดในยาง พบว่าหลังเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี พ.ศ. 2553 ปะการังเขากวางในทุกพื้นที่มีการตายลงประมาณร้อยละ 80-90 ของประชากรปะการังเดิมที่มีอยู่ และปะการังผิวยู่ยี่ มีการตายลง ร้อยละ 50 ของประชากรปะการังเดิม ซึ่งโดยรวมแล้วผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวนั้นได้ทำให้ปะการังฝั่งทะเลอันดามันนั้นเกิดการตายมากกว่าร้อยละ 80 ของประชากรปะการังเดิมที่มีอยู่ (พงศ์ธีระ และคณะ 2554)

สาเหตุดังกล่าวนั้นเกิดจากความผิดปกติของอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเลซึ่งจากปกติ 29 องศาเซลเซียสได้เริ่มสูงขึ้นเป็น 30 องศาเซลเซียสตั้งแต่ปลายเดือนมีนาคม 2553 สามสัปดาห์ต่อมาปะการังได้เริ่มฟอกขาวแผ่พื้นที่เป็นวงกว้างครอบคลุมทะเลทั้งฝั่งอันดามันและอ่าวไทย จากการสำรวจพบว่าในแต่ละพื้นที่พบมีปะการังฟอกขาวมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับว่าบริเวณนั้นมีปะการังชนิดใดเป็นพวกที่ขึ้นครอบคลุมพื้นที่มาก (Dominant group) หากพวกที่ขึ้นคลุมพื้นที่มากเป็นพวกที่ไวต่อการฟอกขาว พื้นที่นั้นก็จะได้รับผลกระทบมาก เช่น แนวปะการังที่มีปะการังเขากวาง (*Acropora* spp.) เป็นปะการังชนิดเด่นในพื้นที่ พื้นที่นั้นก็จะได้รับผลกระทบมาก อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับการได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมมากน้อยเพียงไรด้วย ด้านที่รับแรงจากคลื่นลมจะเป็นด้านที่อุณหภูมิไม่สูงอยู่ตลอดเวลา (เช่น ด้านตะวันตกของเกาะต่างๆ ทางฝั่งทะเลอันดามัน) ปะการังจึงฟอกขาวน้อยกว่าด้านอื่น ซึ่งโดยภาพรวมของประเทศแล้ว พบว่ามีปะการังฟอกขาวมากถึงร้อยละ 30-95 ปะการังทุกชนิดฟอกขาวเกือบทั้งหมด ยกเว้นเพียง 3-4 ชนิดเท่านั้นที่ยังคงต้านอยู่ได้ เช่น ปะการังสีน้ำเงิน (*Heliopora coerulea*) ปะการังลายดอกไม้ (*Pavona decussata*) และปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea heliopora*) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2554) เช่นเดียวกันแนวปะการังเกาะไข่เป็นแนวปะการังที่มีความสมบูรณ์ค่อนข้างสูง มีเปอร์เซ็นต์ปกคลุมของปะการังที่มีชีวิตเท่ากับ 56% และพบปะการังทั้งหมด 11 ครอบครัว 25 สกุล 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด (สุริยา 2551) แต่หลังจากได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี 2553 นั้น ส่งผลทำให้ปะการังบางชนิดถูกทำลายและลดจำนวนลงเป็นอย่างมาก

การศึกษาการฟื้นตัวของปะการังหรือการฟื้นตัวของแนวปะการังจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะใช้ในการตรวจสอบสถานะภาพของแนวปะการังนั้นๆ หลังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ซึ่งการฟื้นตัวของปะการังภายหลังการฟอกขาวนั้นจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเมื่อสภาพแวดล้อมกลับสู่สภาวะปกติ โดยจะมีการลงเกาะของตัวอ่อนใหม่บนพื้นที่ซากปะการังเก่าที่ฟอกขาวจนตาย หรือพื้นที่ที่เป็นพื้นแข็งที่ยังว่างอยู่ หรืออาจมีการฟื้นตัวจากการกลับมาของสาหร่ายซูแซนเทลลี่ในเนื้อเยื่อปะการัง โดยส่วนใหญ่แล้วปะการังที่มีรูปร่างเป็นโขดมักจะรอดตายจากการฟอกขาวและมีการฟื้นตัวที่ดี แต่ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งจึงจะกลับมาสมบูรณ์และเริ่มเติบโตขึ้นอีกครั้ง (Edwards *et al.*, 2001)

การศึกษารูปแบบการทดแทนของประชากรรุ่นใหม่ (Recruitment) การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา จึงทำให้สามารถเข้าใจถึงกลไกในการควบคุมชนิด และสังคมประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นๆได้ (Underwood and Fairweather, 1989; Baird and Babcock, 2000) รวมถึงความสำเร็จในการผสมพันธุ์และการลงเกาะของตัวอ่อน จนถึงการอยู่รอดของตัวอ่อนที่ลงเกาะในพื้นที่นั้นๆ

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาระดับการเปลี่ยนแปลงของลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อปะการัง การสืบพันธุ์ของปะการังแบบอาศัยเพศ และการทดแทนของประชากรรุ่นใหม่(Recruitment) ของปะการังที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ซึ่งในสภาวะปกติปริมาณลิปิดสะสมจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และในช่วงก่อนและหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์นั้นเป็นแหล่งสะสมลิปิดที่สำคัญแหล่งหนึ่งของตัวปะการัง ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อปะการัง การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และการทดแทนของประชากรรุ่นใหม่ จะทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ทำนายการฟื้นตัวของปะการังที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว รวมถึงการนำไปสู่การจัดการเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น พัฒนาและอนุรักษ์ทรัพยากรหรือวางแผนและกำหนดมาตรการต่างๆเพื่อเป็นการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรแนวปะการังเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการฟื้นตัวของปะการังที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี พ.ศ. 2553 โดยการศึกษาจากอัตราการลงเกาะของตัวอ่อน การวัดปริมาณไขมันและเซลล์สืบพันธุ์ในโคโลนีของปะการัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้คาดการณ์ระยะเวลาที่ปะการังใช้ในการฟื้นตัวหลังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว และเพื่อให้สามารถที่จะนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในกระบวนการจัดการเพื่อเพิ่มความสามารถในการฟื้นตัวของปะการัง รวมถึงการลดผลกระทบอื่นๆที่กีดขว้างการฟื้นตัวของปะการัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของปะการัง

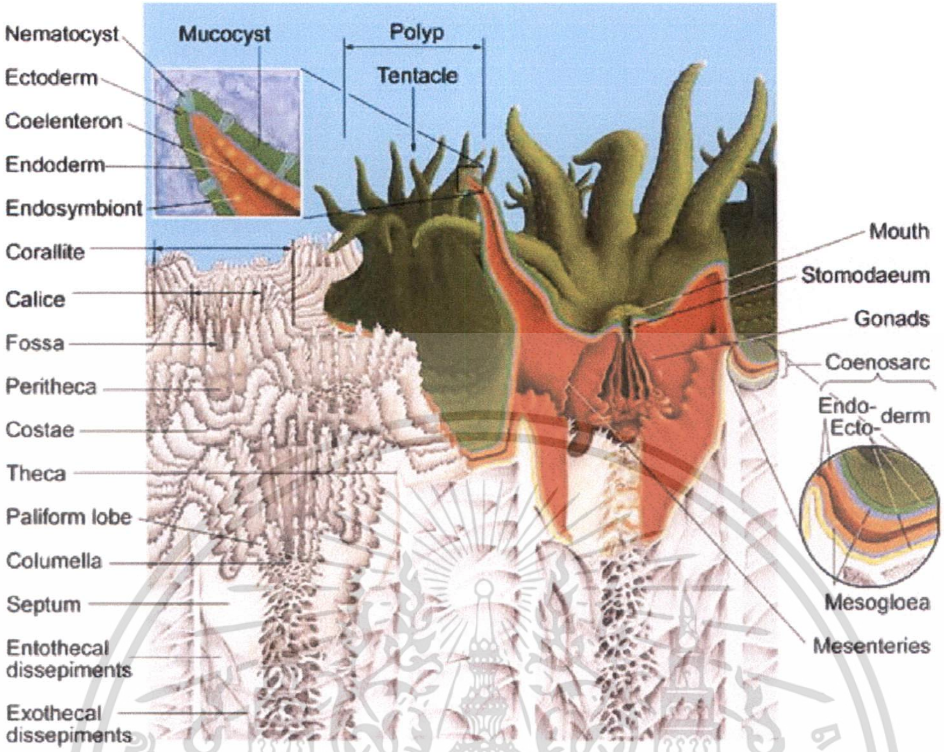
Coral (ปะการัง) คือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดหนึ่งที่อยู่ในไฟลัมไนดาเรีย (Cnidaria) กลุ่ม Zoantharia เป็นพวกปะการังแข็งที่แท้จริง (Sclractinian coral) ปะการังมีรูปร่างทรงกระบอก (Polyp) ปะการังกลุ่มที่สร้างแนวได้ (Hermatypic coral) ทุกชนิดมีสาหร่ายเซลล์เดียวกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลท อาศัยอยู่ร่วมด้วย เรียกว่าซูแซนเทลลี่ (Zooxanthelae) ในแวคิวโอลของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นแกสโตรเดิร์ม โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Symbiodinium microadriaticum*

ปะการังกลุ่มที่มีสาหร่ายซูแซนเทลลี่อาศัยอยู่ร่วมด้วยนั้น สามารถสร้างโครงสร้างหินปูนซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่ใช้ในการจำแนกชนิดของปะการัง และอยู่รวมกันเป็นโคโลนี แต่ในบางชนิดอาจอยู่เดี่ยวๆ ปะการังสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศขึ้นอยู่กับการปรับตัวต่อภาพแวดล้อม ตัวของปะการังซึ่งเรียกว่า โพลิปอาศัยอยู่ในโครงสร้างหินปูน โพลิปของปะการังแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เป็นผลให้รูปร่างของโครงสร้างหินปูน ซึ่งปะการังสร้างขึ้นแตกต่างกันไปด้วย ปะการังประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ โพลิป (Polyp) และโครงสร้างหินปูน

2.1.1 โพลิป (Polyp)

โพลิปมักมีรูปร่างของลำตัวเป็นทรงกระบอก ตรงปลายสุดเป็นหนวด (Tentacle) เรียงอยู่รอบปาก ส่วนประกอบที่สำคัญ ของโพลิปแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ Oral disc และ Column Oral disc เป็นส่วนบน ประกอบด้วยปากซึ่งเป็นช่องเปิดเข้าไปในช่องว่างภายในลำตัวรอบปากเป็นแผ่นแบนเรียกว่า peristome ตอนบนประกอบด้วยหนวดเรียงกันเป็นวง แต่ละวงมี 6 เส้น หรือเป็นทวีคูณของ 6 ลักษณะของหนวดโดยปกติเป็นเส้นยาวตรงปลายพองเป็นตุ่ม และมี nematocyst ใน cnidocyte cell Column เป็นส่วนที่มีรูปร่างคล้ายทรงกระบอก ภายในประกอบด้วย stomodaeum และ mesenteries Stomodaeum มีลักษณะเป็นหลอดขนาดสั้น ทำหน้าที่คล้าย Esophagus คือเป็นทางติดต่อระหว่างปากและgastrovascular cavity Mesenteries เป็นแผ่นเนื้อเยื่อแบนๆ ที่ตั้งเรียงกันเป็นฉากในแนวรัศมีรอบๆ gastrovascular cavity ด้านบนของ Mesenteries ติดอยู่กับส่วนล่างของ oral disc อีกด้านหนึ่งติดกับผนังส่วนในของ Column ด้านล่างไม่ติดกับส่วนใดเลย ด้านในของ Mesenteries ที่อยู่ข้างใต้ Stomodaeum ลงมาประกอบด้วย Mesenteries filament ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแบนยาวคล้ายริบบิ้นที่ขดไปมา ทำหน้าที่ช่วยในการย่อยอาหารและขับถ่ายของเสีย (ภาพที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 รูปร่างลักษณะโครงสร้างของโพลิปปะการังและโครงสร้างหินปูนของปะการัง
ที่มา: http://www.chucksaddiction.com/CoralGenus.html

2.1.2 โครงสร้างหินปูน (Skeleton)

โครงร่างแข็งที่เป็นหินปูนทั้งหมดของปะการังซึ่งเกิดจากการสร้างขึ้นของปะการัง Polyp เดียวหรือทั้งโคโลนีเรียกว่า Corallum ส่วน Corallite เป็นโครงสร้างหินปูนภายนอก ซึ่งเป็นที่อยู่ของปะการังหนึ่งตัวภายใน Corallum ของปะการัง เดี่ยวจะมีรูปร่างตามลักษณะของ โพลิปซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตในแนวยืนและแนวนอนของแต่ละส่วนแต่รูปร่างของปะการังที่อยู่รวมกันเป็นโคโลนียังขึ้นกับแบบของวิธีการเพิ่มจำนวน โดยไม่ใช้เพศอีกด้วยโครงสร้างหินปูนของปะการังมีลักษณะดังนี้

2.1.2.1 Corallum ในประการังที่อยู่ตัวเดียวและอยู่เป็นโคโลนีมีความแตกต่างกันได้หลายแบบดังต่อไปนี้

1. Dendroid มีช่องเปิดของ Corallite เป็นรูปกลม corallite ของปะการังตัวใหม่เจริญออกไปในลักษณะที่เป็นกิ่ง ทำให้รูปร่างของ corallum คล้ายกับกิ่งไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Phaceloid มีช่องเปิดของ Corallite เป็นรูปกลมเกิดจากแต่ละ Corallite มีรูปร่างคล้ายทรงกระบอกมารวมกัน ผนังของแต่ละ Corallite เกือบขนานกันและเชื่อมต่อกันเฉพาะส่วนฐานของ Corallite เท่านั้น ทำให้รูปร่างของ Corallum คล้ายกับกอหญ้า

3. Plociod มีช่องเปิดของ Corallite กลม เกิดจากแต่ละ Corallite ที่มีรูปร่างคล้ายทรงกระบอกสั้นๆ มารวมอยู่ด้วยกัน และเชื่อมติดกันโดย Cenosteum

4. Cerioid มีช่องเปิดเป็นรูปหลายเหลี่ยม ผนังของแต่ละ corallite อาจเชื่อมกันโดยตรงในลักษณะด้านต่อด้าน

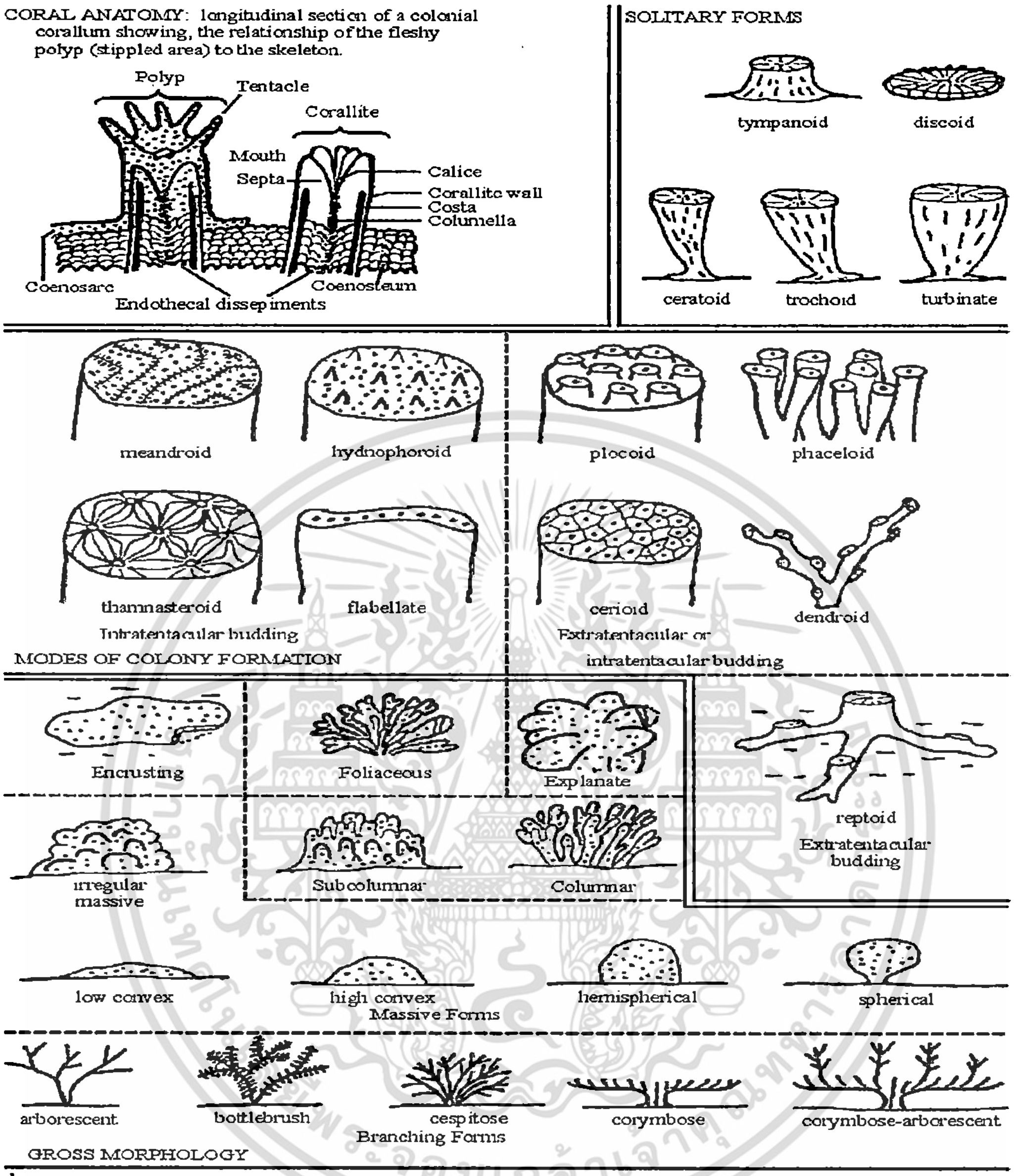
5. Thamnasterioid มีลักษณะคล้ายกับเส้นแรงในสนามแม่เหล็กโดยไม่มีผนังที่บอกขอบเขตของ corallite Septa จากศูนย์กลางของ corallite หนึ่งจึงเชื่อมกับ Septa ของ corallite ที่อยู่ใกล้เคียงเป็นเส้นเดียวกันเรียกว่า septocostae

6. Hydnophoroid มีลักษณะคล้ายหมู่ภูเขาและสันเขาที่ย่อส่วนลงมาจนมีขนาดเล็กมาก และศูนย์กลางของ Corallite จะเรียงรายอยู่รอบๆ monticule และ colline เหล่านั้น colline เป็นสันยาวที่ยื่นออกมาจากผิวของ corallum monticule เป็นส่วนที่มีลักษณะคล้ายกรวยเล็กๆ ซึ่งยื่นขึ้นมาจากผิวของ corallite

7. Meandroid มีลักษณะเป็นร่องขดไปมา โดยเกิดจาก corallite มาเรียงกันเป็นแถว ร่องนี้อาจยาวต่อเนื่องกันตลอด corallum หรือไม่ก็ได้ ด้านของร่องเป็นผนังเชื่อมซึ่งเชื่อมกันกับผนังของร่องอื่น

8. Flabelloid มีลักษณะคล้าย Meandroid โดยเกิดจาก corallite มาเรียงกันเป็นแถวแต่ต่างกันตรงที่ผนังด้านข้างของร่องเป็นอิสระไม่ติดกับร่องอื่น ทำให้มีรูปทรงคล้ายกับพัดหนาๆที่ขดไปมา รูปทรงของปะการังที่อยู่เป็นโคโลนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างหินปูนของปะการังในแบบต่างๆ

ที่มา: http://www.guammarinelab.com/coral/coral3.html

2.1.2.2 Septa เป็นแผ่นแบนหลายแผ่นตั้งเรียงคล้ายเป็นรัศมีรอบจุดศูนย์กลางของ Corallite โดยตั้งอยู่บน Basal Plate ประกอบด้วยส่วนที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวและมีขนาดเล็กเรียก Trabeculae ซึ่งเรียงกันจนเกิดเป็นแผ่นแบนแผ่นเดียว Trabeculae ประกอบด้วยกลุ่มของเส้นใยที่เรียกว่า Sclerodermite โดยเส้นใยของ Sclerodermite มาเรียงต่อกันจนเหมือนแปรงล้างขวด Sclerodermite มี 2 แบบได้แก่ Single sclerodermite เป็น Sclerodermite เพียงแถวเดียวที่เรียงซ้อนกันเป็น trabeculae แบบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า simple trabeculae และ Bundle Sclerodermite เป็นกลุ่มของ Sclerodermite หลายแถวมาเรียงกันเป็นวง จนเกิดเป็น Trabeculae แบบที่เรียกว่า compound trabeculae

ชนิดของ Septum มี 2 แบบ ได้แก่

1. Laminar septum มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งที่ไม่เป็นรูเกิดจาก trabeculae เรียงชิดกันมากทุกส่วนจนไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น

2. Fenestrate septum มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งที่มีรู เกิดจาก trabeculae เรียงไม่ชิดกันมากทุกส่วนจึงมีช่องว่างเกิดขึ้น

2.1.2.3 Paliform lobe มีลักษณะคล้าย Pali โดยเป็นแผ่นแบนหรือมีรูปร่างคล้ายเสาเล็ก ๆ เกิดจากขอบริมด้านล่างของ Septa บางอันมีแง่ที่ยื่นขึ้นมาในแนวยืน และอยู่ใกล้กับ columella ซึ่ง Columella เป็นส่วนที่อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของ corallite มีหลายแบบได้แก่

1. Trabecular columella เป็น columella ที่มีลักษณะเป็นเส้นแบนเล็กคล้ายริบบิ้นขดไปมา และซ้อนกันอยู่หลายชั้น อาจพันกันหลวม ๆ เป็นแบบ parietal หรือมีลักษณะคล้ายฟองน้ำเป็นแบบ spongy หรือเชื่อมกันแน่นจนเกือบเป็นเนื้อเดียวกันเป็นแบบ compact

2. Styliform columella เป็น columella ที่มีลักษณะคล้ายเสาแท่งเล็กๆ

3. Lamellar columella เป็น columella ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่ตั้งตรง อาจยาวต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องกันก็ได้

4. Papillose columella เป็น columella ที่ประกอบด้วยตุ่มเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก

Synapticulae มีลักษณะเป็นหลอดตันเล็ก ๆ ที่เชื่อมระหว่าง Septa ซึ่งอยู่ชิดกัน synapticulae อาจยาวต่อเนื่องกันเป็นวงและขนานกับขอบริมของ Septa และอาจพบ synapticulae ในปะการังเกือบทุกชนิด แต่เห็นชัดเจนใน suborder Fungiina ซึ่งมี fenestrate septa synapticulae มีสองแบบได้แก่ simple synapticulae และ compound synapticulae โดย Simple synapticulae เป็นหลอดตันซึ่งเกิดจากตุ่มเล็ก ๆ 2 ตุ่มบน Septa ที่อยู่ตรงกันข้ามยาวออกมาเชื่อมกัน Compound synapticulae เป็นหลอดตันที่มีขนาดใหญ่กว่า simple

2.1.2.4 Synapticulae basal plate มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่ข้างล่างของ corallum ทำหน้าที่ยึดเกาะ substrate และเป็นโครงสร้างหินปูนที่เกิดขึ้นก่อนส่วนอื่น โดยเกิดจากการสร้างของ basal disc

2.1.2.5 Coenosteum เป็นโครงสร้างหินปูนที่เชื่อมอยู่ระหว่าง corallites เกิดจากการสร้างของ coenosarc ผิวบนของ coenosteum อาจมีลักษณะเป็นตุ่มหรือพองออกคล้ายถุงเล็ก ๆ หรือมีหนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

coenosteum ของปะการังบางชนิดมีสันบาง ๆ ของ costae ซึ่งเป็นส่วนที่ยื่นต่อออกมาจาก Septa และเกิดจาก coenosarc ที่ยื่นออกมานั้นมีส่วนของ mesenteries ติดออกมาด้วย

2.1.2.6 Dissepiment เป็นส่วนโครงร่างของปะการังทั้งนอก corallite และใน corallite ส่วนโครงสร้างหินปูนที่อยู่นอก corallite มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ คล้ายรูปโดมเล็ก ๆ เรียงซ้อนกันอย่างหนาแน่นเรียกว่า vesicular exothecal dissepiment ส่วนโครงสร้างหินปูนใน Corallite ของ Dissepiment มีลักษณะเป็นแผ่นแบนในแนวนอนวางซ้อนกันอยู่โดยแต่ละแผ่นอยู่ห่างกันเล็กน้อย โครงสร้างหินปูนส่วนนี้เรียกว่า tabular endotheca dissepiment Theca (ผนังหรือ wall) เป็นผนังของ corallite ซึ่งล้อมรอบด้านนอกของ Septa มีหลายแบบ septotheca เป็นผนังที่เกิดจากส่วนนอกสุดของ Septa มาบรรจบกันและแข็งแรงขึ้น Paratheca เป็นผนังที่มี dissepiment เจริญออกมา Synapticulotheca เป็นผนังที่เกิดจาก simple หรือ compound synapticulae ที่เรียงซ้อนๆกันและเชื่อมกันเป็นวง Epitheca เป็นส่วนที่เจริญมาจาก basal plate ขึ้นมาที่ผนัง มีลักษณะบาง พบในปะการังบางชนิด

การแบ่งกลุ่มของปะการังอย่างง่ายๆ ตามลักษณะรูปทรง แบ่งได้เป็น 7 กลุ่มดังนี้

1. ปะการังก้อน (Massive coral) มีลักษณะเป็นก้อนตันแข็งแรง

2. ปะการังกึ่งก้อน (Submassive coral) มีลักษณะเป็นแท่งหนาแข็งแรง

3. ปะการังเคลือบ (Encrusting coral) จะเติบโตขยายเป็นผิวบางๆ คลุมไปตามพื้นผิวที่มันอาศัยอยู่

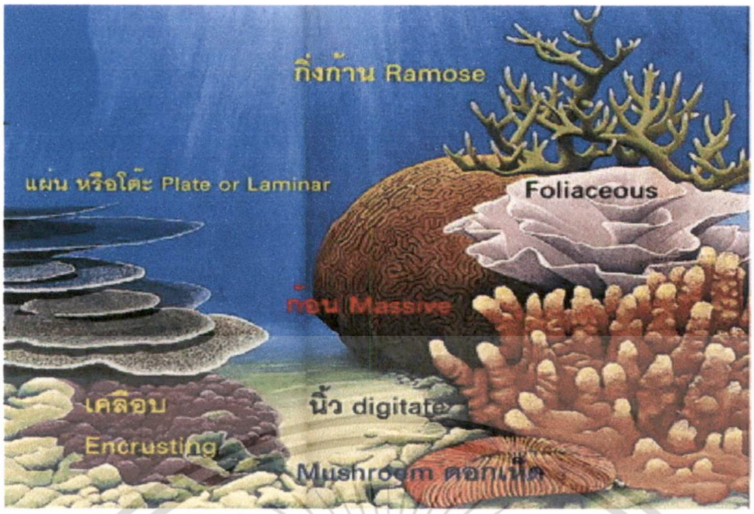
4. ปะการังกิ่งก้าน (Branching coral) มีลักษณะแตกแขนงเป็นกิ่งก้าน

5. ปะการังแผ่นใบ (Foliaceous coral) มีลักษณะเป็นแผ่นหรือใบที่รวมกันเป็นกระจุกแบบใบไม้หรือผัก

6. ปะการังแผ่นโต๊ะ (Tabulate coral) เป็นกิ่งสั้นซึ่งมีการขยายออกในแนวราบคล้ายโต๊ะ อาจซ้อนกันเป็นชั้นๆ

7. ปะการังเห็ด (Mushroom coral) เป็นปะการังเดี่ยว (Solitary coral) มีรูร่างคล้ายเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 รูปทรงในการดำรงชีวิตของปะการังแบบต่างๆ
ที่มา: ดัดแปลงจาก Veron (2000)

2.2 การสืบพันธุ์ของปะการัง

ปะการังนั้นมีการสืบพันธุ์ 2 แบบด้วยกันคือ แบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปะการังนั้นจะเป็นกระบวนการเกิดโพลิปใหม่ที่เกิดขึ้นจากการแยกออกของโพลิปเดิม โดย mesenteries บางอันยื่นออกมารวมกันหรือการแบ่งตัวที่บริเวณ oral disc ในวงของหนวด เรียกว่า "Intratentacular budding" และการแยกตัวใหม่ที่เกิดขึ้นภายนอกวงของหนวดของตัวเดิม โดยเกิดจาก coenosarc หรือ edge zone เรียกว่า "Extratentacular budding" (วรุณพร, 2528; Wood, 1983; Phongsuwan, 1986; Veron, 2000) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ จะมีความซับซ้อนมากขึ้นและต้องการการผสมกันระหว่าง เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (ไข่) และเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (อสุจิ) เพื่อพัฒนาจากระยะ embryos จนเข้าสู่ระยะตัวอ่อนที่สามารถว่ายน้ำได้ เรียกว่า "Planula larvae"

2.2.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปะการังมีหลายรูปแบบ ซึ่งจะแตกต่างกันไปแต่ละชนิด ในแนวปะการังการสืบพันธุ์แบบนี้จะเป็นการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว การสืบพันธุ์ในรูปแบบนี้ จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับโคโลนีแม่ ดังนั้นความสามารถในการปรับตัว ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจึงมีน้อย ทำให้มีความสามารถในการอยู่รอดต่ำ นอกจากนี้การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศยังทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง รูปแบบหลักๆของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปะการังจะพบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 Fragmentation โดยการแตกหักออกจากโคโลนีใหญ่ ปะการังจะสร้างเนื้อเยื่อใหม่อย่างรวดเร็ว ขึ้นมาแทนที่ ในบางพื้นที่ที่มีตะกอนมากโอกาสในการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ก็จะลดลงไปด้วย การแตกหักที่เกิดขึ้นมักจะเกิดขึ้นกับปะการังที่มีรูปร่างแบบกิ่งก้านมากกว่าแบบก้อน

2.2.1.2 Budding เป็นการแบ่งตัวออกภายในโคโลนีแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. Intratentacular budding เป็นการแยกตัวโพลิปใหม่ออกจากโพลิปเดิม โดยเกิดเป็น 2 หรือ 3 โพลิปใหม่ แต่ไม่มีผนังของตัวเองอย่างสมบูรณ์

2. Extratentacular budding เป็นการแบ่งตัวที่เกิดขึ้นภายนอกโพลิปเดิมทำให้โพลิปใหม่มีผนังของตัวเองชัดเจน

2.2.1.3 Polyp bail-out ปะการังจะมีการปล่อยโพลิปออกมาในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมหรือมีความเครียดเกิดขึ้น ซึ่งการสืบพันธุ์รูปแบบนี้จะมีน้อยชนิด

2.2.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะแตกต่างไปจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่เป็นแยกตัวออกมาจากโคโลนีแม่ แต่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะเป็นการผสมกันระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Sperm) กับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (eggs) ซึ่งการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้นจะทำให้มีโอกาสเกิดสายพันธุ์ใหม่ๆ จากการผสมข้ามสายพันธุ์ของไข่ และสเปิร์ม ในระหว่างกระบวนการไมโอซีส (Meiosis) และการผสมกันระหว่างไข่ที่มาจากโคโลนีแม่ต่างกันกับสเปิร์มเดียวกัน ทำให้เกิดสายพันธุ์ที่หลากหลาย และได้ชนิดที่มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมดีขึ้น (Richmond, 1987, 1990) ปะการังส่วนใหญ่จะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยประมาณแล้วร้อยละ 25 จะเป็นปะการังที่โคโลนีหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วยเพศเดี่ยว (Gonochoric) (Harrison and Wallace, 1990)

รูปแบบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง สามารถแบ่งออกได้เป็น

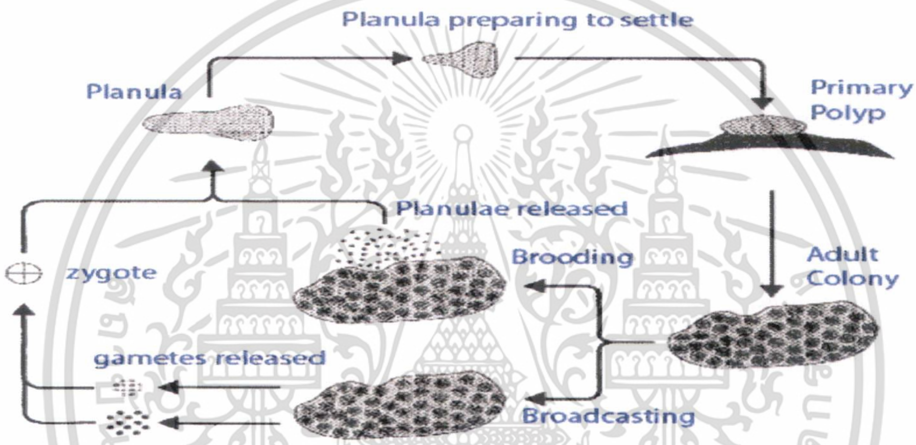
1. Hermaphrodite broadcaster มีลักษณะของทั้งสองเพศภายในโพลิบเดียวกัน ไข่และน้ำเชื้อจะถูกรวมอยู่ในก้อนเล็กๆเรียกว่า "Bundle" เมื่อเข้าสู่ระยะที่สมบูรณ์จะถูกปล่อยออกสู่ภายนอก bundle แต่ละก้อนจะแตกออก ซึ่งไข่และน้ำเชื้อจะผสมกันในมวลน้ำ

2. Hermaphrodite brooder มีลักษณะที่มีสองเพศภายในโพลิบเดียวกัน ไข่และนำเชื้อมีการผสมกันภายในโพลิบ ตัวอ่อนจะได้รับการพัฒนาอยู่ภายใน (Internal fertilization) ระยะหนึ่งก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่ภายนอก

3. Gonochoric broadcaster มีลักษณะที่ในแต่ละโคโลนี หรือในแต่ละโพลิบมีเพศที่ต่างกัน มีการปล่อยไข่และน้ำเชื้อออกมาผสมกันภายนอกลำตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Gonochoric brooder มีลักษณะที่ในแต่ละโคโลนี หรือในแต่ละโพลิบมีเพศต่างกัน เพศผู้จะปล่อยน้ำเชื้อเข้าไปผสมภายในโพลิบของเพศเมียซึ่งเกี่ยวข้องกับทางจันทรคติ (Lunar cycle) ทั้งข้างขึ้นและข้างแรม ในหลายพื้นที่เกิดขึ้นหลังจาก 15 ค่ำ ประมาณ 5 - 8 วัน สำหรับลักษณะความแตกต่างทางภูมิศาสตร์ ในเขตกึ่งเขตร้อน (sub-tropical) ปะการังมีแนวโน้มที่จะผลิตเซลล์สืบพันธุ์มากในช่วงฤดูร้อน สำหรับในเขตร้อนศูนย์สูตร (tropical) ปะการังมีแนวโน้มที่จะผลิตเซลล์สืบพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี (Veron, 2000)



ภาพที่ 2.4 วงจรการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง

ที่มา : http://www.bios.edu/research/images/lifecycle.png

ตำแหน่งที่จะสามารถพบ Gonads ได้นั้นจะอยู่ในช่องว่างกลางลำตัว และเนื้อเยื่อชั้น Mesenteries ในระหว่างที่ปะการังมีความสมบูรณ์ของเพศนั้น oocytes ก็จะมีสีที่แตกต่างกันไปตามชนิด (ตารางที่ 2.1, ภาพที่ 2.5) นอกจากนี้ยังพบว่าสัดส่วนของค่า Fecundity (eggs per polyp) มีความแปรปรวนกับขนาดของ Polyp และจำนวนของ Ovaries ต่อ Polyp (ตารางที่ 2.2)

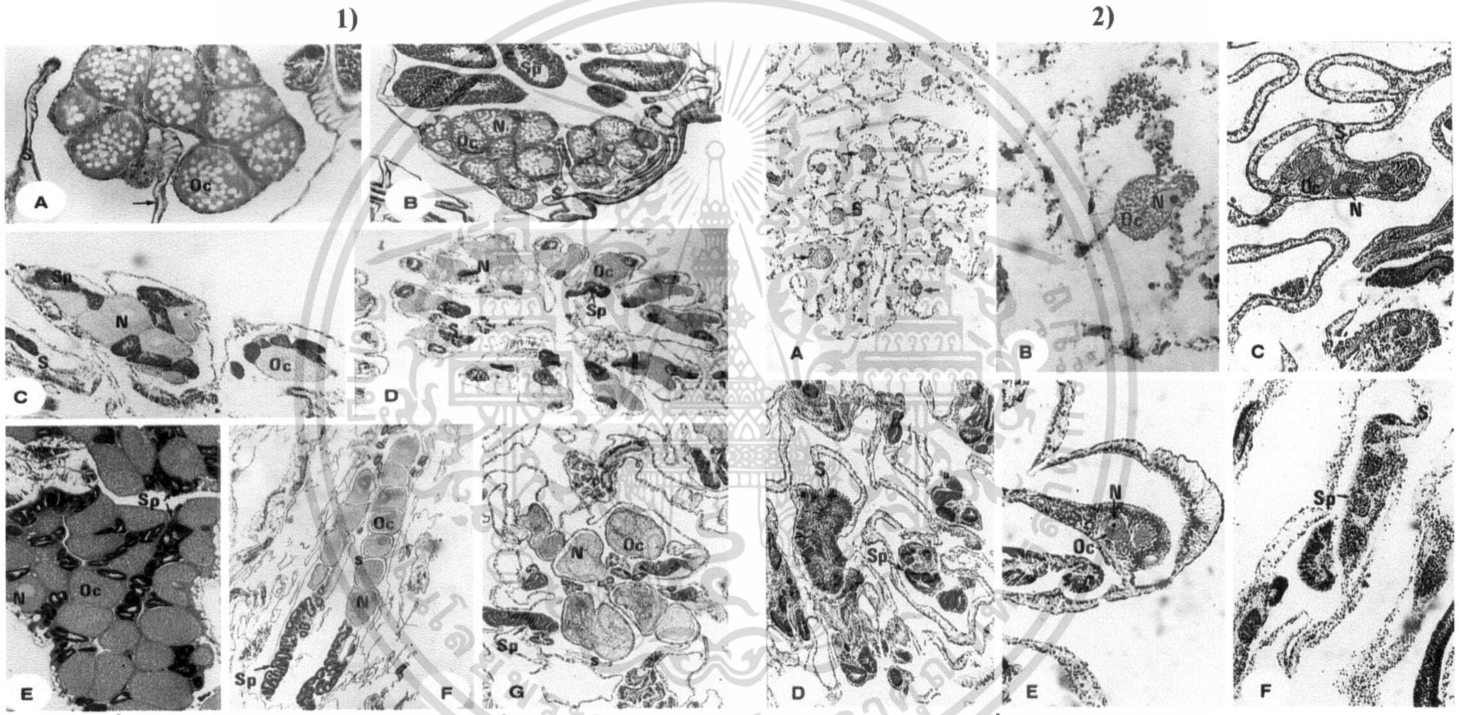
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 **แสดงรูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการัง 24 ชนิด**; *G*: gonochoric, *H*: hermaphoditic, *B*: broadcasting gametes, *P*: brooding planulae, *C*: gonads in body cavity, *S*: gonads in mesenteries

Family, Species	Sexuality	Mode of reproduction	Gonad arrangement	Oocyte color during maturation
Pocilloporidae				
Stylophora pitillata[a]	H	P	C	Brawn only
Seriatopora caliandran	H	P	C	Brawn only
Pocillopora verrucosa	H	B	C	White to cream
Acroporidae				
Acropora eurystoma	H	B	S	Pink to white
Acropora hemprichi	H	B	S	Pink to white
Acropora humilis	H	B	S	Pink to white
Acropora hyacinthus	H	B	S	Red to white
Acropora scandens	H	B	S	Pink to white
Acropora variabilis	H	B	S	White to pink
Astreopora myriophthalma	H	B	S	Red to white
Montipora erythraea	H	B	S	Brown to cream
Faviidae				
Cyphastrea microphthalma	H	B	S	Green to brown
Favia favus	H	B	S	Green to red
Favites pentagona	H	B	S	Pink to red
Goniastrea retisoimis	H	B	S	Pink to red
Platygyra lamellina	H	B	S	Green to red
Poritidae				
Alveopora daedalea	H	P	S	Brown only
Goniopora savignyi	G	B	S	White to brown
Porites lutea	G	B	S	Green to lilac
Mussidae				
Acanthastrea echinata	H	B	S	Green to orange
Cynarina lacrymalis	H	B	S	Brown to orange
Lobophyllia hemprichi	H	B	S	Orange to pink
Oculinidae				
Galaxea fascicularis	H	B	S	White to pink
Agariciidae				
Pavana varians	G	B	S	White to cream

ที่มา: Shlesinger *et al.* (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 1): Gonads ของปะการังชนิดที่เป็นเพศรวม 2): Gonads ของปะการังชนิดที่เป็นเพศแยก

ที่มา: Shlesinger *et al.* (1998

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.2.1 พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

Glynn *et al.* (1991) ได้ศึกษาพบว่าการพัฒนาของไข่ และสเปิร์มของปะการังสามารถแบ่งการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังได้เป็น 4 ระยะคือ

เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย

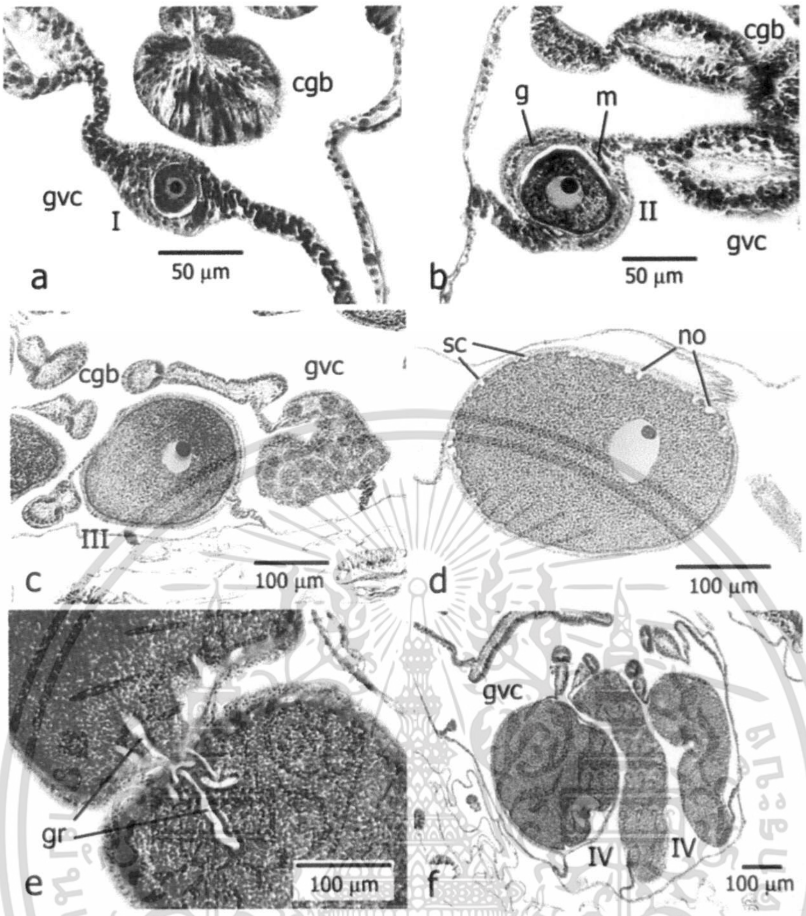
ระยะที่ 1: มีการขยายใหญ่ขึ้นของเซลล์ภายใน Gametocyte ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-70 μm (ภาพที่ 2.6a)

ระยะที่ 2: oocyte มีลักษณะกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-245 μm แสดงการเพิ่มขึ้นของไซโตพลาสซึม (ภาพที่ 2.6b)

ระยะที่ 3: มีการเพิ่มขึ้นของขนาดอย่างรวดเร็วจาก 200-600 μm yolk จะมีสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 2.6c)

ระยะที่ 4: Neucleus จะอยู่ติดกับ Vitelline Membrane Neucles มีลักษณะกลม และโค้ง (ภาพที่ 2.6f)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
132478
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ลักษณะของเนื้อเยื่อเพศเมียที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตามระยะ

a) มีการขยายใหญ่ขึ้นของเซลล์ภายใน Gametocyte ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-70 μm

b) Oocyte มีลักษณะกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-245 μm แสดงการเพิ่มขึ้นของไซโตพลาสซึม

c) มีการเพิ่มขึ้นของขนาดอย่างรวดเร็วจาก 200-600 μm yolk จะมีสีน้ำตาลอ่อน

f) Neucleus จะอยู่ติดกับ Vitelline Membrane Neucles มีลักษณะกลม และโค้ง

ที่มา : Bernardo *et al.* (2006)

เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้

ระยะที่ 1: Sperm **มีลักษณะรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม ถูกปกคลุมอยู่ในชั้นมีโซเกลียมีขนาด** 2.5-3.8 μm **(ภาพที่** 2.7a)

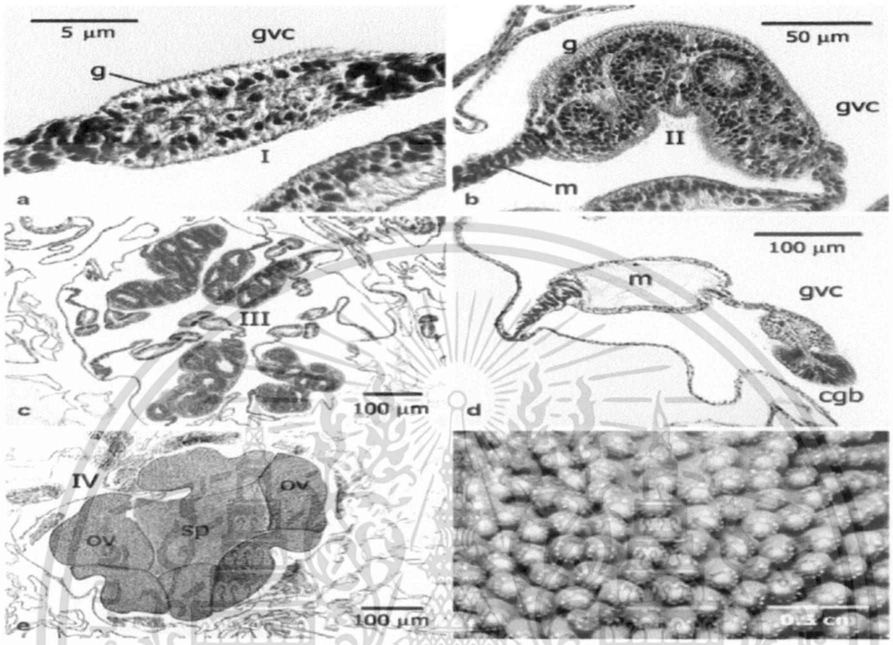
ระยะที่ 2: **เซลล์มีลักษณะเป็นรูปลิ่มอยู่ในชั้นมีโซเกลียมีขนาดประมาณ** 13-59.8 μm **(ภาพที่** 2.7b)

ระยะที่ 3: **มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของสเปิร์ม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ** 41.5±13.9 μm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ภาพที่ 2.7d)

ระยะที่ 4: Spermatozoa มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นประมาณ 87.1±122.1 μm (ภาพที่ 2.7e)



ภาพที่ 2.7 ลักษณะของเนื้อเยื่อเพศผู้ที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ตามระยะ

a) Sperm มีลักษณะรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม ถูกปกคลุมอยู่ในชั้นมีโซเกลียมีขนาด 2.5-3.8 μm

b) เซลล์มีลักษณะเป็นรูปลิ่มอยู่ในชั้นมีโซเกลียมีขนาดประมาณ 13-59.8 μm

d) มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของสเปิร์ม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 41.5±13.9 μm

e) Spermatozoa มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นประมาณ 87.1±122.1 μm

ที่มา : Bernardo *et al.* (2006)

เมื่อปะการังมีความสมบูรณ์เพศพร้อมที่จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้นั้นปะการังจำเป็นที่จะต้องอาศัยปัจจัยทางธรรมชาติที่จะเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยการศึกษาของ Penland *et al.* (2004) พบว่าปะการังแต่ละชนิดจะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกันซึ่ง Peak ของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่จะแบ่งได้เป็น 4 ช่วง คือ ในเดือนพฤษภาคม, สิงหาคม, กันยายน และกุมภาพันธ์ โดยจะพบว่าการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละครั้งของปะการังนั้นมีความสัมพันธ์กับรอบวงโคจรของดวงจันทร์ ซึ่งจะเป็นช่วงหลังจากการเกิดพระจันทร์เต็มดวง และจะทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลาค่ำๆ (ตารางที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงการประเมินจำนวนของ Oocytes per polyp ในปะการังชนิดต่างๆ

Family, Species	Polyp diameter (mm)	Oocyte diameter (μm)	No. of ovaries $polyp^{-1}$	No. of oocytes $gonad^{-1}$	Mean±SD oocytes $gonad^{-1}$	Estimated oocytes $polyp^{-1}$
Pocilloporidae						
Stylophora pitillata[a]	0.75	230	1-2	1-2	1.0	1-2
Seriatopora caliandran	0.75	240	1-2	1	1.0	1-2
Pocillopora verrucosa	0.75	130	6	8-12	9.3±1.3	56
Acroporidae						
Acropora eurystoma	0.75	420	4	5-8	5.2±1.5	21
Acropora hemprichi	0.8-1.0	395	4	5-9	6.6±1.7	27
Acropora humilis	0.7-1.0	395	4	5-8	6.6±1.8	27
Acropora hyacinthus	0.75	375	4	4-6	5.1±0.8	20
Acropora scandens	0.75	375	4	4-6	4.9±1.2	20
Acropora variabilis	0.8-1.0	420	4	4-8	5.7±1.6	23
Astreopora myriophthalma	2.5-3.0	395	4	8-15	10.7±2.2	43
Montipora erythraea	0.75	290	4	4-10	6.7±2.1	27
Faviidae						
Cyphastrea microphthalma	1.3-1.5	290	12	8-10	8.6±0.8	105
Favia favus	5.2-6.5	395	18	20-60	38.5±11.8	700
Favites pentagona	5.5-6.5	240	18	10-30	19.7±6.9	355
Goniastrea retisoimis	3.0-4.0	315	18	20-45	31.1±7.0	600
Platygyra lamellina	4.5-5.5	370	18	12-60	41.4±14.9	750
Poritidae						
Alveopora daedalea	0.8-1.2	450	1-2	1-3	2.2±1.3	4
Goniopora savignyi	2.0-2.3	265	12	5-8	6.3±1.9	75
Porites lutea	1.25	160	12	4-5	4.9±1.6	60
Mussidae						
Acanthastrea echinata	10.0-12.0	300	24	20-62	46.6±8.8	1000
Cynarina lacrymalis	16.0-20.0	265	60	45-120	79.7±21.3	3550
Lobophyllia hemprichi	16.0-20.0	290	48	35-65	51.8±10.1	2450
Oculinidae						
Galaxea fascicularis	5.0-7.0	395	36	48-230	60.4±21.9	2160
Agariciidae						
Pavana varians	0.6-0.8	50	12	1-2	1.6±0.8	18

ที่มา: Shlesinger *et al.* (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงช่วงเวลาในการปล่อยไข่ของปะการังชนิดต่างๆ

Species	Mode	Date	# of days after fullmoon	Time (pm)
Site 1				
Goniastrea aspera	H	30-May-02	4	8:45
Fungia fungites	G	30-May-02	4	7:50
Pectinia alcicornis	H	30-May-02	4	8:00
Goniastrea australensis	H	30-May-02	4	8:10
Goniastrea pectinata	H	30-May-02	4	8:30
Merulina ampliata	H	30-May-02	4	7:45
Porites lobata	G	30-May-02	4	9:10
Favia speciosa	H	30-May-02	4	8:30
Favites abdita	H	30-May-02	4	8:35
Porites rus	G	30-May-02	4	9:25
Pachyseris speciosa	G	30-May-02	4	7:40
Goniastrea edwardsi	H	31-May-02	5	8:10
Merulina ampliata	H	31-May-02	5	7:50
Cyphastrea microphthalma	H	31-May-02	5	8:02
Favia speciosa	H	31-May-02	5	8:45
Favites halicora	H	31-May-02	5	8:58
Goniastrea aspera	H	31-May-02	5	8:45
Goniastrea palauensis	H	31-May-02	5	8:45
Site 2				
Acropora sp.1	H	29-Aug-02	6	8:45-9:30
Acropora sp.2	H	29-Aug-02	6	8:45-9:30
Acropora sp.3	H	29-Aug-02	6	8:45-9:30
Acropora sp.4	H	29-Aug-02	6	8:45-9:30
Acropora sp.5	H	30-Aug-02	7	8:15
Acropora sp.6	H	30-Aug-02	7	8:15
Acropora sp.7	H	30-Aug-02	7	8:15
Acropora sp.8	H	30-Aug-02	7	8:45
Acropora sp.9	H	30-Aug-02	7	8:45

ที่มา: Shlesinger *et al.* (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงช่วงเวลาในการปล่อยไข่ของปะการังชนิดต่างๆ(ต่อ)

Species	Mode	Date	# of days after fullmoon	Time (pm)
Montipora digitata	H	22-Sep-02	1	7:20-8:30
Montipora malampaya	H	22-Sep-02	1	7:20-8:30
Montipora stellata	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora crassituderculata	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora cactus	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora altasepta	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora malampaya	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora histida	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora aequituberculata	H	23-Sep-02	2	7:00-8:00
Montipora aequituberculata	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora histida	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora sarmarensis	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora cactus	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora stellata	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora malampaya	H	24-Sep-02	3	7:00-8:10
Montipora histida	H	19- Feb -02	2	7:30-8:30
Montipora malampaya	H	19- Feb -02	2	7:30-8:30
Montipora cactus	H	19- Feb -02	2	7:30-8:30
Montipora stellata	H	19- Feb -02	2	7:30-8:30
Montipora altasetta	H	19-Feb-02	2	7:30-8:30

ที่มา: Shlesinger *et al.* (1998)

2.2.3 การทดแทนที่ของประชากรปะการัง (Coral Recruitment)

การทดแทนที่ของประชากรปะการังจากตัวอ่อนปะการังคือผลผลิตที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของปะการัง แต่มีตัวอ่อนปะการังเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่อยู่รอด และเจริญเป็นปะการังตัวเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัยต่อไป ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นการรักษาสมดุลของประชากรในแนวปะการังโดยการแทนที่ของประชากรปะการังที่ตายไปเช่นเดียวกับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังขึ้นอยู่กับความสามารถของตัวอ่อนในการเลือกพื้นที่สำหรับลงเกาะและพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยซึ่งต้องอาศัยความจำเพาะทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิต (Pawlik and Hadfield, 1990)

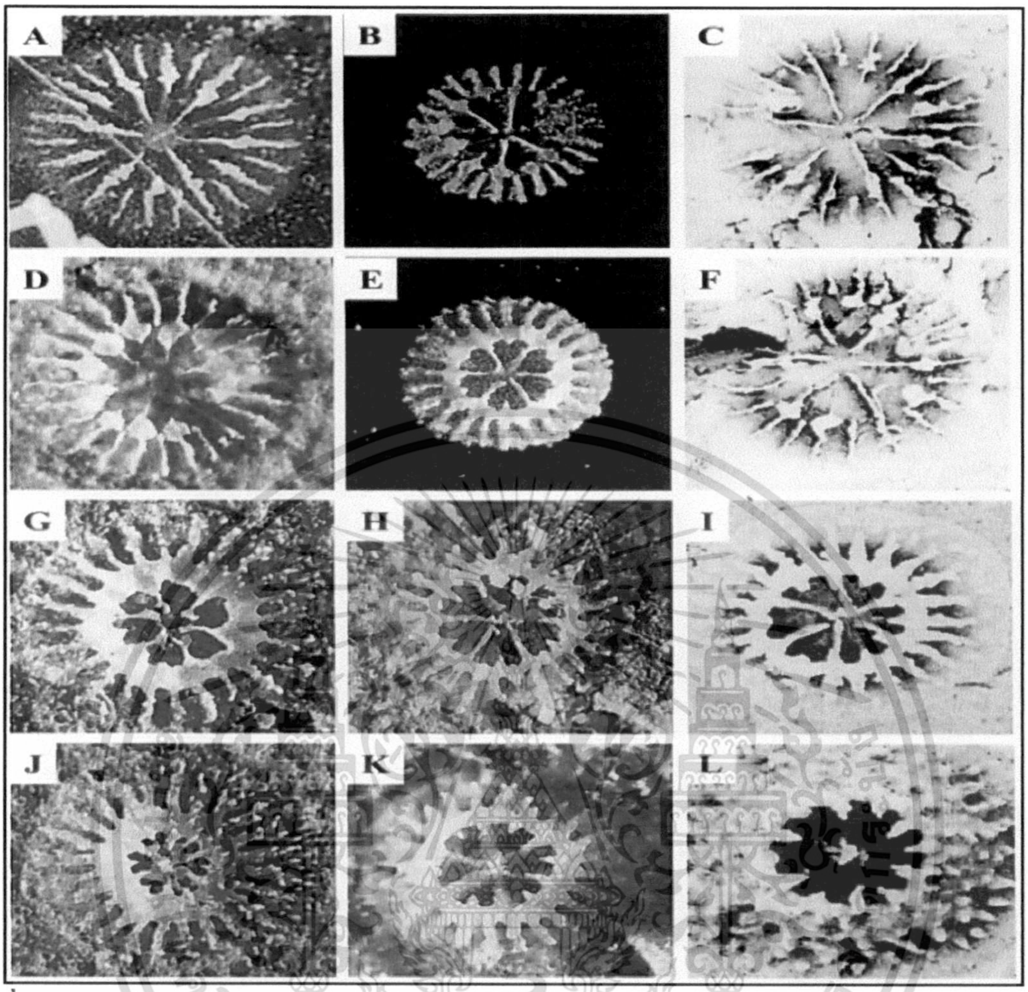
2.2.4 การพัฒนาของตัวอ่อน

การพัฒนาของตัวอ่อน (Planula larvae) ปะการังที่มีการผสมพันธุ์ภายใน (Brooding) และภายนอก (Broadcast) จะมีความคล้ายคลึงกันในบางกรณี เช่น มี Cilia ใช้ว่ายน้ำ มีลิปิดเป็นส่วนประกอบหลัก และมีตัวรับสัญญาณทางเคมีที่ใช้สำหรับค้นหาพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการลงเกาะ และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย แต่ตัวอ่อนที่มีการผสมพันธุ์ภายใน (Brooding) จะมีการพัฒนาที่ดีกว่าตัวอ่อนที่มีการผสมพันธุ์ภายนอก (Broadcast) รวมทั้งมีการเข้าอาศัยของสาหร่ายซูแซนเทลลี่อย่างรวดเร็ว และสามารถลงเกาะได้ทันทีหลังจากที่ถูกปล่อยออกจากโคโลนีแม่ ในขณะที่ตัวอ่อนที่มีการผสมพันธุ์ภายนอกจะต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งจึงจะสามารถลงเกาะเพื่อพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้

จากการศึกษาของ Baird and Babcock (2000) ได้ทำการศึกษารูปแบบโครงสร้างแข็งของปะการัง 3 ชนิดคือ *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata* และ *Seriatopora hystrix* เพื่อดูพัฒนาการโครงสร้างของ Septa, Columella และ ผนังกั้น Corallite ที่มีความคล้ายคลึงกันในทุกชนิด พบว่าหลังจากตัวอ่อนปะการังลงเกาะประมาณ 12 ชั่วโมง Basal plate มีการพัฒนาเสร็จสมบูรณ์รวมทั้งมีการพัฒนาของ Basal ridges 24 อัน (ภาพที่ 2.8 a, b, c) โดย Basal ridges จะถูกแบ่งออกเป็น3 วง และมีความยาวแตกต่างกัน วงแรกจะมีขนาดใหญ่ที่สุดเจริญเข้ามาถึงตรงกลางของ Corallite มีจำนวน 6 อัน วงที่2 จะแทรกอยู่ระหว่างวงแรกมีจำนวน 6 อัน และวงที่3 จะแทรกอยู่ระหว่างวงที่1และวงที่2 มีจำนวน 12 อัน หลังจากลงเกาะ 3-4 วันจะมีการพัฒนาเข้ามาสู่ตรงกลางของ Basal disc จนเห็นสันนูนคล้ายวงแหวน (ภาพที่ 2.8 g, h, i) หลังจาก 4 วันจะมีการพัฒนาเป็นผนังกั้น Corallites ที่สมบูรณ์ (ภาพที่ 2.8 j, k, l)

นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของ Primary corallites มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงทั้ง 3 ชนิด หลังจากที่มีการพัฒนาผนังกั้น Corallites เสร็จสมบูรณ์ ประมาณ 96 ชั่วโมงหลังจากลงเกาะ (ภาพที่ 2.9) และเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดของ Primary corallites ของปะการังทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้ว่าขนาด Primary corallites ของปะการังในกลุ่ม Pocilloporidae ซึ่งเป็นปะการังในกลุ่มออกลูกเป็นตัวจะมีขนาดใหญ่ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 พัฒนาการของ Primary corallite ตามช่วงเวลา

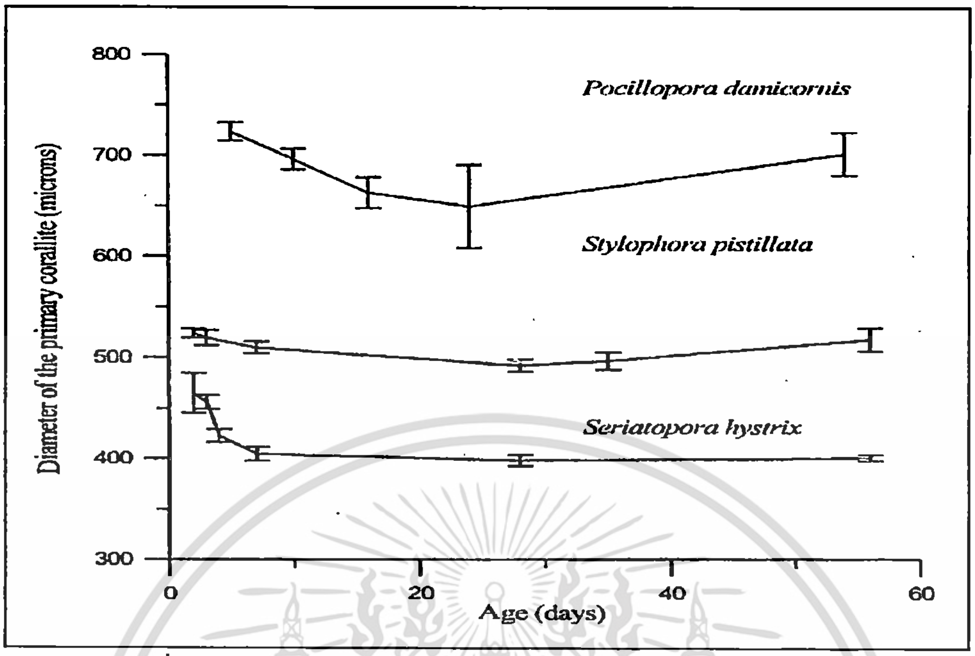
a, b, c) ตัวอ่อนปะการังหลังลงเกาะประมาณ 12 ชั่วโมง Basal plate มีการพัฒนาเสร็จสมบูรณ์รวมทั้งมีการพัฒนาของ Basal ridges 24 อัน

g, h, i) ตัวอ่อนปะการังหลังจากลงเกาะ 3-4 วันจะมีการพัฒนาเข้ามาสู่ตรงกลางของ Basal disc จนเห็นสันนูนคล้ายวงแหวน

j, k, l) ตัวอ่อนปะการังหลังจาก 4 วันจะมีการพัฒนาเป็นผนังกั้น Corallites ที่สมบูรณ์

ที่มา : Baird and Babcock (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 แสดงค่าเฉลี่ยของ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง Primary corallite

ที่มา : Baird and Babcock (2000)

2.2.5 การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังคือการเปลี่ยนรูปแบบการดำรงชีวิตจากแพลงค์ตอนไปเป็นสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล โดยเมื่อลงเกาะและอยู่รอดแล้วก็จะมีการพัฒนาเข้าสู่ปะการังตัวเต็มวัย ตัวอ่อนปะการังจะมีเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมซึ่งจะประกอบด้วยประเภทของพื้นที่ที่จะลงเกาะ การเคลื่อนตัวของมวลน้ำ ความเค็ม ปริมาณแสงสำหรับให้สาหร่ายซูแซนเทลลี่ใช้ในการสังเคราะห์แสง ปริมาณตะกอน และความจำเพาะของชนิดสาหร่ายในพื้นที่หรือไบโอฟิล์มของไดอะตอมและแบคทีเรีย (Morse and Morse, 1993)

การทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการกำหนดลักษณะพื้นผิวให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะพบว่าส่งผลต่อการลงเกาะของตัวอ่อน การเจริญเติบโต อัตราการรอด และในพื้นที่ที่มีตะกอนมากจะทำให้ตัวอ่อนที่ลงเกาะมีอัตราการรอดต่ำ จากการศึกษาในแนวปะการังของ Birkeland (1997) พบว่าตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบนพื้นปะการังเทียมมีการเจริญเติบโตที่เร็วมาก แต่อัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังที่ดีที่สุดคือตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบนผิวหน้าทางด้านลึก และตัวอ่อนที่ลงเกาะบริเวณน้ำตื้นจะมีการเจริญเติบโตที่เร็วมาก แต่ตัวอ่อนจะมีอัตรารอดสูงสุดเมื่อลงเกาะที่ระดับความลึกปานกลาง และมีระดับของธาตุอาหารต่ำ อย่างไรก็ตามอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะไม่ได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงเกาะอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการแข่งขันกันระหว่างสาหร่าย และสิ่งมีชีวิตที่ขึ้นปกคลุมในพื้นที่ เช่น ฟองน้ำ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแนวปะการัง

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่เต็มไปด้วยสิ่งมีชีวิต มีความสัมพันธ์ทางนิเวศวิทยาอย่างซับซ้อน และเข้าใจได้ยาก นอกจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองแล้ว ในแนวปะการังยังมีความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยสภาพแวดล้อมอีกด้วย โดยปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของแนวปะการังมีดังนี้

2.3.1 ปัจจัยทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแนวปะการัง ได้แก่

2.3.1.1 อุณหภูมิ (Temperature)

ปะการังสามารถอยู่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 18-36 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด คือ 26-28 องศาเซลเซียส ทำให้การแพร่กระจายของแนวปะการังอยู่ในช่วงละติจูดที่จำกัด คือ ระหว่าง 30°N-30°S ด้วยเหตุนี้แนวปะการังจึงพบเฉพาะในเขตร้อนเท่านั้น จะไม่พบแนวปะการังในเขตอบอุ่นและเขตหนาว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อปะการังเช่น ทำให้ปะการังมีสีซีดลง (Bleaching) การยับยั้งการสืบพันธุ์ของปะการัง หรือในกรณีรุนแรงปะการังอาจตายได้

ปะการังส่วนมากเจริญเติบโตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงใกล้กับอุณหภูมิสูงสุดที่ปะการังจะมีชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นหากในอนาคต อุณหภูมิในเขตร้อนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดผลกระทบอย่างมากต่อการแพร่กระจายของปะการัง

ผลจากการที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นได้ทำให้ปะการังตามแนวชายฝั่งด้านตะวันตกของปานามาตายลงเป็นจำนวนมากจากการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว (Coral Bleaching) โดยปะการังจะขับซูแซนเทลลี่ (Zooxanthellae) ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวที่อยู่ในเนื้อเยื่อปะการังออกไปนั้น อาจเกี่ยวข้องกับการที่น้ำมีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าปกติเมื่อหลายปีที่ผ่านมาก็เป็นได้ Burns (1985) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของปะการังแข็งทางใต้ของ Florida ซึ่งอยู่ทางตะวันตกของมหาสมุทรแอตแลนติก และบริเวณนี้มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำในเดือนธันวาคม-มีนาคมของทุกปี เคยมีรายงานอุณหภูมิต่ำมากถึง 8 องศาเซลเซียสโดยการสำรวจปะการังแข็งพบเพียง 29 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ความเค็ม (Salinity)

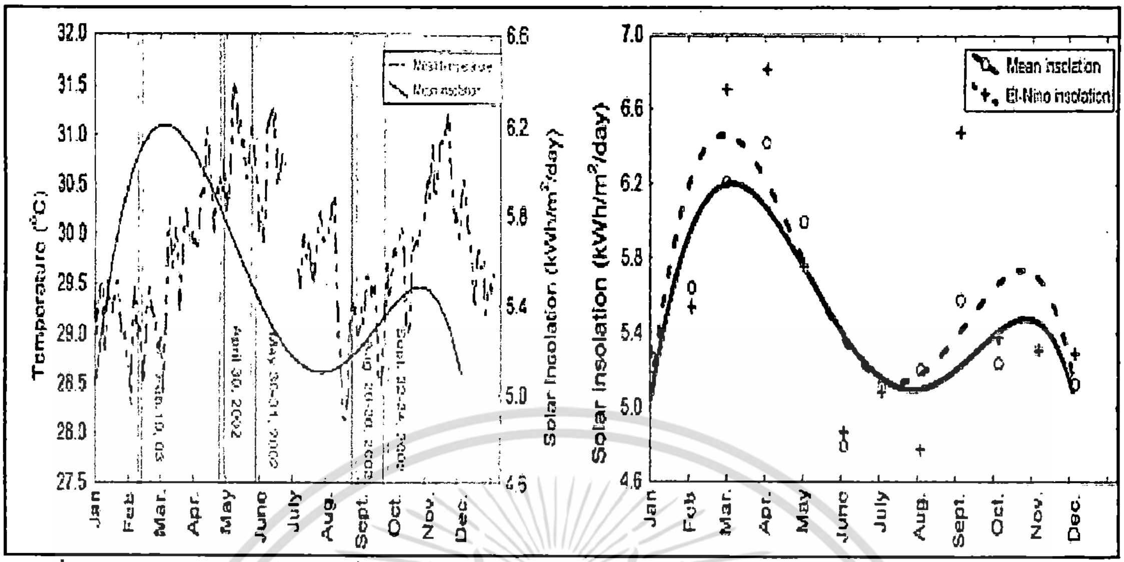
ปะการังจะเจริญเติบโตได้ในน้ำทะเลที่มีความเค็มระหว่างร้อยละ 3.3-3.6 หรือ 33-36 ส่วนต่อพันล้านส่วน (Part per thousand, ppt) จะไม่พบปะการังในบริเวณที่มีความเค็มต่ำ เช่น ปากแม่น้ำ ซึ่งนอกจากจะมีความเค็มต่ำแล้วยังมีความขุ่นสูงเนื่องจากตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาอีกด้วย ส่วนในบริเวณน้ำตื้นใกล้ชายหาด บางครั้งหากมีแดดจัด น้ำทะเลจะเกิดการระเหยอย่างรวดเร็วทำให้ความเค็มของน้ำอาจสูงเกินไปจนปะการังไม่สามารถอาศัยอยู่ได้เช่นกัน

2.3.1.3 แสง (Light)

ความเข้มแสงจะเป็นตัวควบคุมระดับความลึกสูงสุดที่ปะการังจะอยู่ได้ ความเข้มแสงมีความสัมพันธ์กับความลึก ในน้ำทะเลที่ใสความเข้มแสงจะลดลงแบบ Exponential เมื่อความลึกเพิ่มขึ้น และ Spectrum ของแสงจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนเป็นสีน้ำเงินในที่สุด ด้วยเหตุนี้การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และการสร้างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$ production) จึงลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตปะการัง ในที่ลึกซึ่งมีความเข้มแสงน้อยจะทำให้ Polymorphic Coral ซึ่งเป็นปะการังชนิดที่มีสาหร่ายอาศัยอยู่ด้วยเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากลักษณะสูงคล้ายเนิน (Mound) เมื่ออยู่ในน้ำตื้น มาเป็นลักษณะแผ่น (Plate) เมื่ออยู่ในน้ำลึกเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับและรวบรวมแสงได้ดีขึ้น เนื่องจากสาหร่าย Zooxanthellae จะอยู่ในเนื้อเยื่อปะการังบริเวณพื้นผิวซึ่งเป็นที่ได้รับความเข้มแสงมากที่สุด ผลของความเข้มแสงและความลึกที่มีต่อการเจริญเติบโตของปะการังดังตัวอย่างเช่น ปะการังชนิด *Montastrea annularis* ในทะเล Caribbean มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงจากประมาณ 1 เซนติเมตร/ปี ในบริเวณน้ำตื้น (0-10 เมตร) ไปเป็น 1 มิลลิเมตร/ปี หรือน้อยกว่าในบริเวณน้ำลึก (มากกว่า 12-15 เมตร) (Dustan, 1975; Hubbard and Scaturo, 1985) การที่ปะการังมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงนี้เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากลักษณะที่เป็นหัว (Head) ไปเป็นลักษณะแผ่น (Plate) (Grauss and Macintyre, 1982) เขตของแนวปะการัง (Reef Zonation) จะถูกกำหนดโดยความสามารถของปะการังชนิดต่างๆ ในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมทั้งในสภาพที่มีความเข้มแสงสูงมากหรือต่ำมาก (Adey and Burk, 1997)

นอกจากนี้การศึกษาของ Penland *et al.* (2004) ยังพบว่าการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแสงที่ส่องผ่านมายังโลก โดยเชื่อว่าความยาวคลื่นแสงบางช่วงจะไปกระตุ้นให้เกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงมายังมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำทะเลอีกด้วย (ภาพที่ 2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดงช่วงเวลาที่มีการปล่อยไข่ของปะการัง

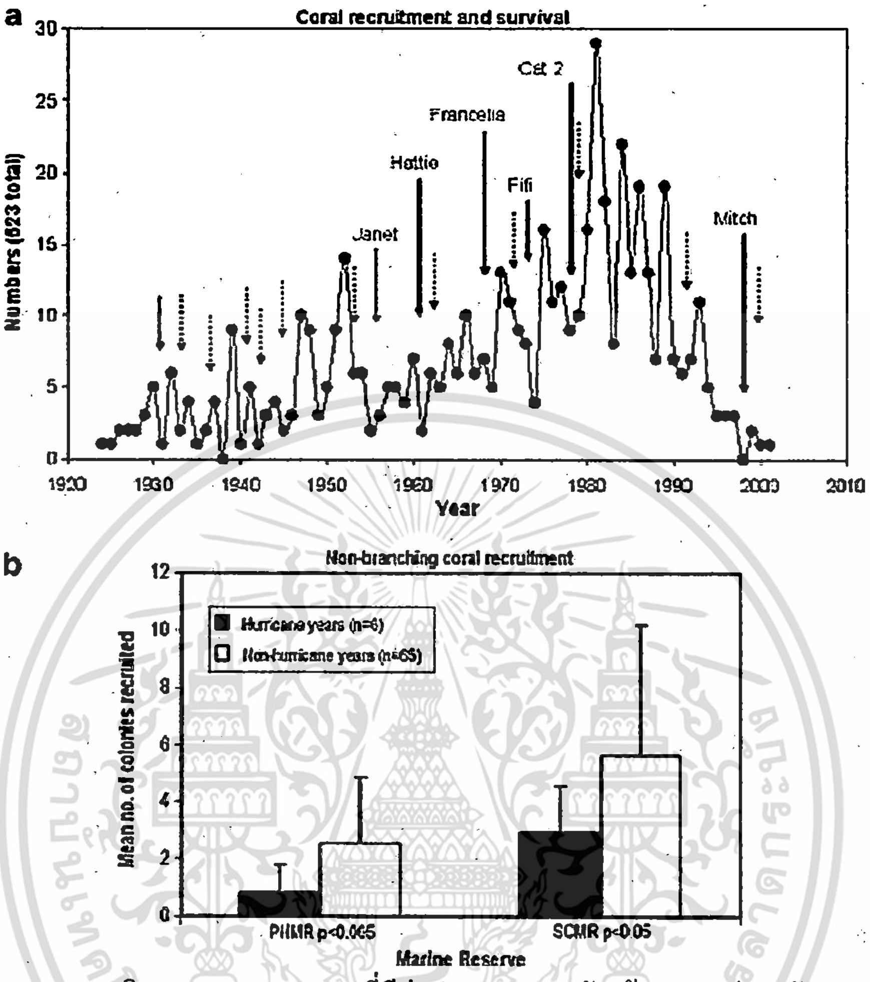
ที่มา: Penland *et al.* (2004)

2.3.1.4 คลื่นและกระแสน้ำ (Wave and Current)

คลื่นมีความสำคัญในการกำหนดลักษณะและชนิดของปะการัง ปัจจัยดังกล่าวค่อนข้างซับซ้อน และเข้าใจได้ยาก ปะการังต้องการพื้นที่ซึ่งมีน้ำไหลเวียนได้ดี แต่หากมีคลื่นรุนแรงปะการังส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่ไม่ได้ คลื่นและกระแสน้ำยังมีผลต่อปัจจัยอื่นๆ ด้วย อาทิเช่น คลื่นทำให้ตะกอนทรายฟุ้งขึ้นมาคลื่นหัวแตก (Breaking Wave) จะก่อให้เกิดกระแสน้ำซึ่งจะพัดพานำแร่ธาตุต่างๆ และของเสียผ่านมายังแนวปะการัง พลังงานจากคลื่นที่ซัดแรงจะเป็นตัวควบคุมลักษณะยอดของปะการังน้ำตื้นและการแพร่กระจายของปะการัง นอกจากนี้พายุ คลื่นลม จะมีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปร่างและลักษณะของปะการังด้วย

Crabbe *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของ พายุ Hurricanes และลมพายุประจำถิ่นที่มีผลกระทบต่อการกลับเข้ามาลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในทะเล Caribbean พบว่าในปีที่ได้รับกระทบจากลมพายุและในปีที่ไม่ได้รับผลกระทบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของจำนวนตัวอ่อนที่กลับเข้ามาลงเกาะในพื้นที่ (ภาพที่ 2.11) ทั้งนี้เนื่องจากลมพายุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ความรุนแรงของคลื่น ความขุ่น-ใส และปริมาณตะกอน ทำให้มีการลงเกาะที่น้อยหรือมีอัตราการตายสูงหลังจากลงเกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 a) ผลของเฮอริเคนและพายุลมแรง ที่มีต่อจำนวนการกลับเข้ามาของปะการังและอัตรารอด

b) สถิติของการกลับเข้ามาของปะการังในปีที่ได้รับผลกระทบ และปีที่ไม่ได้รับผลกระทบจากพายุเฮอริเคน

ที่มา : Crabbe *et al.* (2008)

2.3.1.5 ตะกอน (Sediment)

เนื่องจากแสงจะผ่านน้ำที่ขุ่นได้น้อย ทำให้บริเวณน้ำขุ่นมักพบปะการังอยู่เฉพาะในที่ตื้น หรือไม่พบอยู่เลย นอกจากนั้นถ้ามีตะกอนมาและเกิดการตกตะกอนทับถมปะการังมากเกินไป อาจทำให้ปะการังอ่อนแอลงหรือตายได้ ผลกระทบของตะกอนที่มีต่อปะการังแบ่งเป็น 4 รูปแบบคือ

1. ตะกอนจะไปขัดขวางการหายใจของปะการังทำให้หายใจไม่ได้ (Smothering) ผลกระทบจากตะกอนในประเด็นนี้เป็นรูปแบบที่เห็นภาพได้ง่ายที่สุด การเกิดพายุหรือการขุดลอกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกับแนวปะการัง จะทำให้ตะกอนแขวนลอย (Suspended Sediment) เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้างต่อแนวปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีความไวต่อตะกอน

2. ตะกอนจะไปขูด ขัดถูปะการัง ทำให้ปะการังเกิดรอยสึกและถลอก (Abrasion) โดยในระหว่างที่เกิดพายุ ทำให้คลื่นลมและกระแสน้ำรุนแรงพัดพาตะกอนให้ฟุ้งกระจาย ซึ่งตะกอนที่ฟุ้งกระจายนี้จะไปขูด ขัดถูกับปะการังทำให้เนื้อเยื่อปะการังถูกทำลาย นอกจากนี้การขัดถูของตะกอนจะเป็นตัวจำกัดชนิดของปะการังที่จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในบริเวณส่วนยอดของแนวปะการังน้ำตื้น (Shallow reef crest) ถึงแม้ว่าปะการังลักษณะแบบหัวจะสามารถทนทานต่อการรบกวนด้านกายภาพจากการกระทำของคลื่นได้มากกว่า แต่จากการที่มันมีอัตราการเจริญเติบโตช้า ดังนั้นการขัดถูของตะกอนซึ่งเกิดจากคลื่นนั้นจะก่อให้เกิดการเสียหายอย่างรุนแรง หรืออาจทำลายกลุ่มปะการังในวัยเด็ก (Young colony) ก่อนที่มันจะเจริญเติบโตจนอยู่เหนือระดับที่มีการเคลื่อนย้ายพัดพาของตะกอนบ่อยๆ ในทางตรงกันข้ามการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของปะการังที่เป็นกิ่งก้าน (Branching coral) จะช่วยยกระดับตัวมันให้อยู่เหนือสภาวะการถูก รบกวนจากตะกอนอย่างรวด

3. ตะกอนจะบดบังการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำ (Shading) ผลกระทบนี้เป็นผลกระทบที่สำคัญที่สุด การลดลงของแสงที่จะผ่านลงไปในน้ำอันเป็นผลเนื่องจากตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในมวลน้ำจะลดการเจริญเติบโตของปะการัง และส่งผลกระทบต่อรูปแบบของเขตปะการัง (Zonation Patterns) และนำไปสู่การตายหมู่ของปะการังถ้าหากเกิดขึ้นเป็นเวลานาน

4. ตะกอนจะขัดขวางการขยายพันธุ์ของปะการัง (Inhibition of Recruitment) โดยการตกตะกอนที่มากเกินไปจะขัดขวางการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง (Coral Larvae)

จากการเปรียบเทียบชนิดและการแพร่กระจายของปะการังบริเวณน้ำใสกับบริเวณที่น้ำขุ่นกว่าที่บริเวณ Fanning Lagoon พบว่า บริเวณน้ำใสมีปะการังที่มีชีวิตอยู่ถึงร้อยละ 62 ของปะการังทั้งหมด ร้อยละ 10 ของปะการังที่มีชีวิตเป็นปะการังชนิดที่เป็นกิ่งก้าน ส่วนในบริเวณที่น้ำขุ่นกว่ามีปะการังที่มีชีวิตอยู่เพียงร้อยละ 31 ของปะการังทั้งหมด และร้อยละ 25 จะเป็นปะการังชนิดที่เป็นกิ่ง การแพร่กระจายตามความลึกในบริเวณน้ำใสค่อนข้างคงที่จนถึงระดับความลึกประมาณ 15 เมตร ส่วนในบริเวณน้ำขุ่นที่ระดับความลึก 6-7 เมตร จะเหลือปะการังอยู่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของปะการังทั้งหมด ปะการังที่มีลักษณะเป็นแผ่นเท่านั้นที่จะถูกตะกอนคลุมและตายไป ส่วนพวกที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้านจะทนต่อตะกอนได้มากกว่า

2.3.1.6 ธาตุอาหารในน้ำทะเล (Nutrients)

ธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อปะการัง ปะการังต้องการธาตุอาหารในน้ำทะเลเพื่อใช้ในกระบวนการที่สำคัญ อย่างไรก็ตามหากน้ำทะเลมีปริมาณธาตุอาหารมากเกินไป จะส่งผลกระทบทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปะการังเสื่อมโทรมลงได้ จากการทำการทดลองในธรรมชาติที่อ่าว Kaneohe ในฮาวาย พบว่า แนวปะการังเกิดความเสียหายอย่างมากหลังจากมีการติดตั้งท่อระบายน้ำทิ้งในบริเวณใกล้กับแนวปะการัง แต่เมื่อมีการรื้อถอนท่อระบายน้ำออกไป แนวปะการังก็ค่อยๆ ฟื้นคืนกลับสู่สภาพเดิม (Birkeland, 1997)

บทบาทของธาตุอาหารที่ส่งผลต่อแนวปะการังมีหลายระดับ โดยในระดับสิ่งมีชีวิต (Organism scale) การที่น้ำทะเลมีปริมาณฟอสเฟตในระดับสูงจะขัดขวางกระบวนการสร้างหินปูน (Calcification) ของปะการัง ในระดับสังคมสิ่งมีชีวิต (Community scale) ปริมาณธาตุอาหารในระดับสูงจะทำให้พวกฟองน้ำและสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและแย่งชิงพื้นที่กับปะการังทำให้ตัวอ่อนของปะการังไม่สามารถลงเกาะได้ และเมื่อปะการังตายลงจะเกิดการย่อยสลายทำให้ระดับธาตุอาหารในน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้พวก Infaunal borer เช่น Cliona spp. เจริญเติบโตได้ดีและไปทำลายโครงร่างปะการังที่ยังเหลือ (Moore and Shedd, 1997) สุรพล (2535) ได้กล่าวว่าปัจจัยทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของปะการัง อาทิเช่น ระดับความลึก ปริมาณแสงที่ส่องผ่านสู่น้ำ อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมารตะกอนและสารแขวนลอยในน้ำ กระแสลม ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ และกิจกรรมของมนุษย์ สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความเครียดของปะการัง

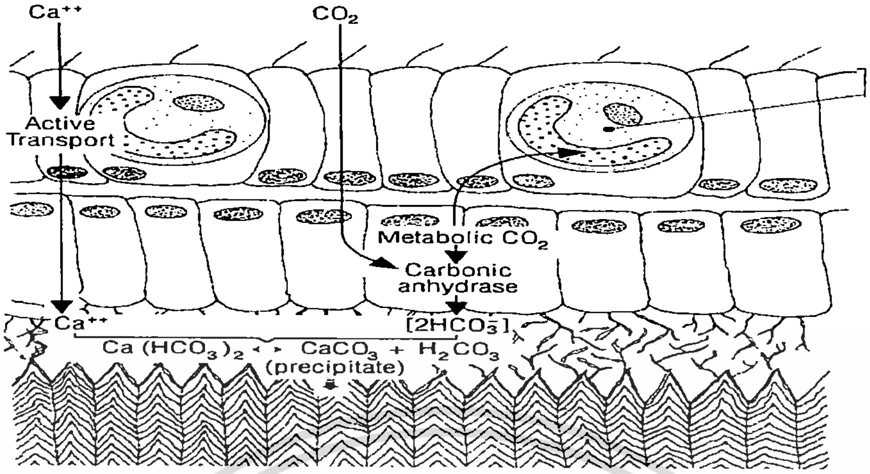
2.3.2 ปัจจัยทางชีวภาพ

นอกจากปัจจัยทางกายภาพอันได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม แสง คลื่นและกระแสน้ำ ตะกอน และธาตุอาหารในน้ำทะเลแล้ว ปัจจัยทางชีวภาพต่อไปนี้ก็มีผลต่อการแพร่กระจายของปะการังด้วย

2.3.2.1 การอยู่ร่วมกันระหว่างสาหร่ายซูแซนเทลลี่กับปะการัง

การอยู่ร่วมกันระหว่างพืชและสัตว์ภายในเนื้อเยื่อของปะการังเป็นการอยู่อาศัยแบบพึ่งพากันและกัน โดยผนังชั้นในของตัวปะการังจะมีเซลล์ของสาหร่ายเซลล์เดียวที่เรียกว่า ซูแซนเทลลี่ อาศัยอยู่ด้วย ซึ่งสาหร่ายนี้จะพบได้ในปะการังแทบทุกชนิด สาหร่ายนี้จะช่วยให้ปะการังมีความสามารถในการสร้างโครงสร้างหินปูนได้เร็วขึ้น สาหร่ายซูแซนเทลลี่จะเป็นผู้ช่วยสร้างอาหารให้แก่ตัวปะการังด้วยโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมากกว่า 90% ของพลังงานที่ปะการังต้องการในแต่ละวัน ในขณะเดียวกันสาหร่ายซูแซนเทลลี่ก็สามารถช่วยปะการังในการสร้างโครงสร้างหินปูนได้เร็วขึ้นกว่าปะการังพวกที่ไม่มีสาหร่าย จากการที่ปะการังมีสาหร่ายซูแซนเทลลี่อาศัยอยู่ร่วมด้วยนั้น ทำให้มีส่วนจำกัดบริเวณที่จะพบแนวปะการังได้ด้วย โดยจะพบปะการังได้ในความลึกของน้ำโดยปกติไม่เกิน 50 เมตร ซึ่งจะมีแสงส่องถึงอย่างเพียงพอ เพราะสาหร่ายมีความจำเป็นต้องใช้แสงในการสังเคราะห์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างซูแซนเทลลี่กับปะการัง

ที่มา: https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTjxmgOwHy

2.3.2.2 การแก่งแย่งพื้นที่ของสาหร่ายและปะการัง

ในระบบนิเวศแนวปะการัง สิ่งมีชีวิตที่สำคัญที่สุดอีกพวกหนึ่งนอกเหนือไปจากปะการัง คือ สาหร่าย สาหร่ายที่พบในแนวปะการังมีด้วยกัน 4 กลุ่มคือ สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทั้งสาหร่ายและปะการังต่างต้องการแสงและพื้นที่ลงเกาะ การแก่งแย่งพื้นที่ของสาหร่ายและปะการังจึงมีอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม สาหร่ายและปะการังต้องการปัจจัยที่แตกต่างกันบางประการ เช่น สารอาหารในน้ำ ตามธรรมชาติทั้งปะการังและสาหร่ายจะมีจำนวนที่มีความสมดุลกัน แต่เมื่อมีผลกระทบจากมนุษย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ เช่น มีน้ำเสียจากการท่องเที่ยวหรือจากการพัฒนาชายฝั่งลงไปมาก น้ำทะเลจะมีสารอาหารมากขึ้นทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนแย่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของแนวปะการังไป สมดุลของระบบนิเวศจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ที่ต้องอาศัยปะการังในการดำรงชีวิตจึงหายไป เหลือเพียงสิ่งมีชีวิตไม่กี่ชนิดที่สามารถอยู่ร่วมกับสาหร่ายได้ และเมื่อไม่มีปะการังมาทดแทน โครงสร้างแนวปะการังก็จะสลายลงไปตามกาลเวลา เหลือเพียงเศษซากปะการังตายเป็นหย่อมๆ และมีสาหร่ายขึ้นอยู่

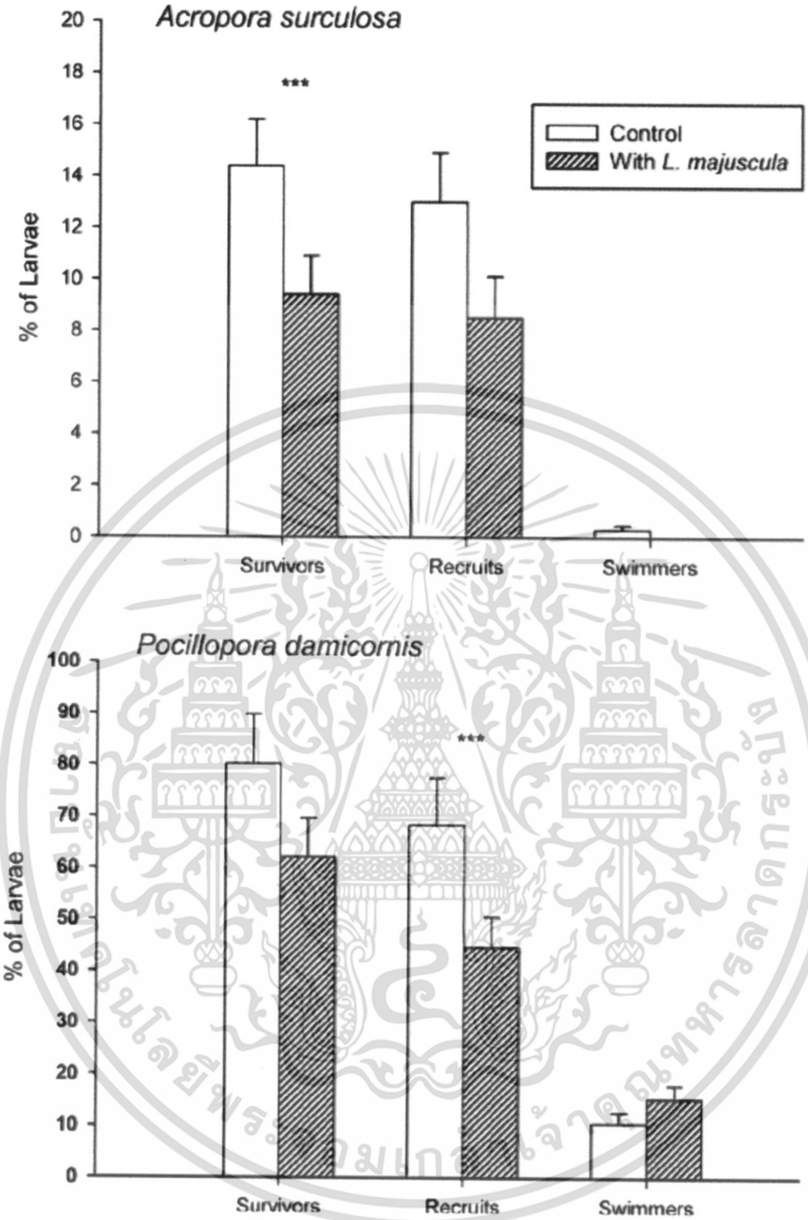
สิ่งเหล่านี้ได้เกิดขึ้นกับแนวปะการังหลายแห่งในประเทศไทย และที่น่าเป็นห่วงคือสถานการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นกับแนวปะการังที่สวยงามและสำคัญต่อการท่องเที่ยว จากการศึกษาของกรมประมงในปี 2536 รายงานว่าแนวปะการังหมู่เกาะสุรินทร์ บริเวณอ่าวแม่ยาย มีปะการังจำนวนมากและปกคลุมพื้นที่ถึงระดับความลึก 30 เมตร แต่จากการสำรวจของกรมป่าไม้ในปี 2538 พบว่าในบางพื้นที่ของอ่าวแม่ยาย แนวปะการังที่อยู่ลึกระดับ 5-30 เมตร ถูกปกคลุมด้วยสาหร่าย *Padina* ประมาณร้อยละ 60-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังเกิดการแก่งแย่งพื้นที่กันระหว่างปะการังด้วยกันเอง พวกที่อ่อนแอกว่าก็จะถูกทำลายให้ตายไป รอยบิ่นหรือรอยขูดที่อาจเกิดจากสมอเรือครูดหรือการหักเอาปะการังออกไป รอยแผลนี้อาจมีแบคทีเรียหรือไวรัสทำให้เกิดโรคตามมาจนปะการังตาย (ธรณ์, 2538; สุพัตรา, 2528; สุวลักษณ์, 2539; Geister, 1997; Glynn, 1984)

ในแนวปะการังนับว่าเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางด้านชีวภาพสูงจึงทำให้บริเวณนี้มีการแข่งขันของสิ่งมีชีวิตสูงมากและส่งผลกระทบต่อตัวอ่อนของปะการังที่ลงเกาะ โดยการศึกษาของ Kuffner and Valerie (2004) พบว่าในแนวปะการัง Benthic cyanobacterium เป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้ตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะมีอัตรารอดน้อยซึ่งจากการทดลองพบว่าในชุดควบคุมมีอัตราการรอดและการลงเกาะของตัวอ่อนสูงกว่าในชุดที่มีการใส่ Benthic cyanobacterium เข้าไป นอกจากนี้รูปแบบหรือชนิดของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังมีผลต่อการดำรงชีวิตอยู่ในมวลน้ำ ซึ่งที่อ่อนของปะการังในกลุ่มที่ได้รับการผสมภายในจะมีโอกาสรอดมากกว่าในกลุ่มที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาผสมกันในมวลน้ำ (ภาพที่ 2.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

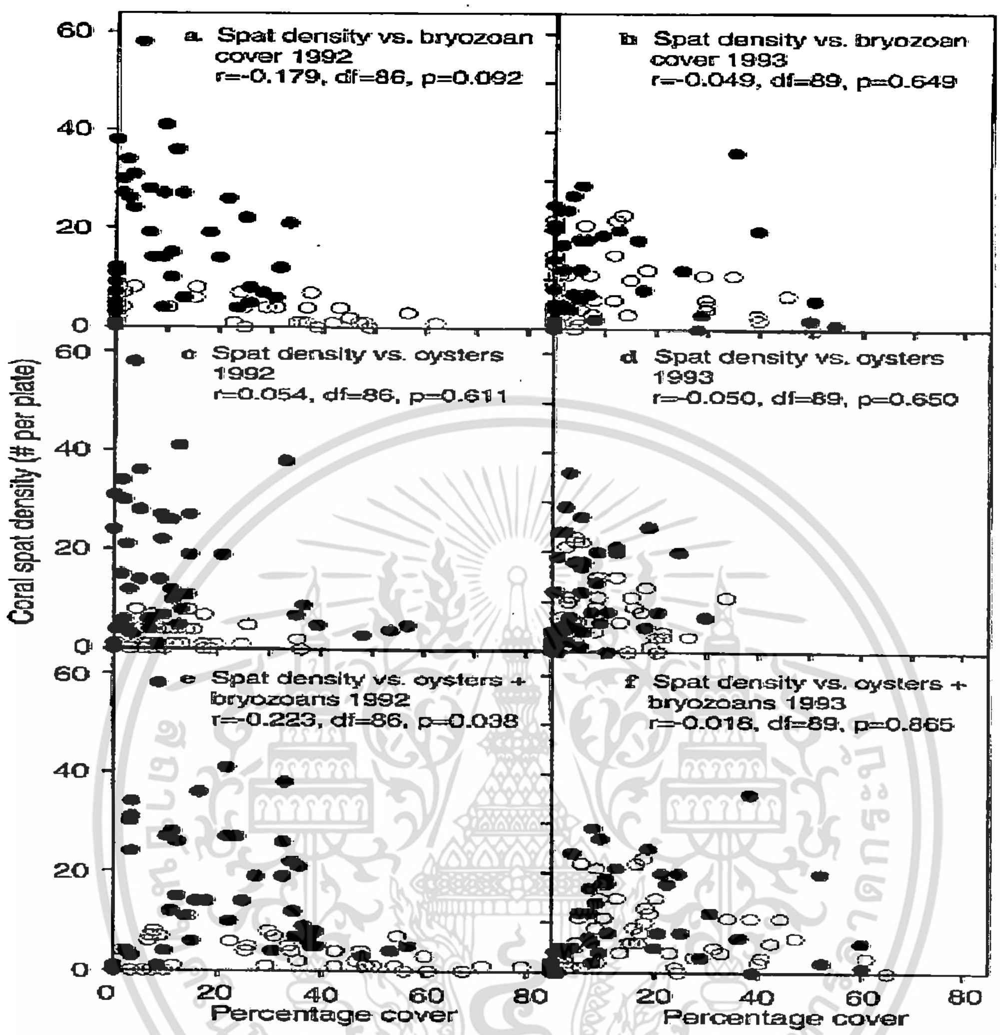


ภาพที่ 2.13 ผลของ benthic cyanobacterium ต่ออัตรารอดของตัวอ่อนปะการัง

ที่มา : Kuffner and Valerie. (2004)

จากการศึกษาของ Dunstan and Johnson (1998) พบว่าในแนวปะการังสิ่งมีชีวิตประเภทยึดเกาะจะส่งผลกระทบต่อตัวอ่อนปะการังมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ได้เนื่องจากการลงเกาะของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆจะทำให้พื้นที่ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังมีน้อยลง ซึ่งรวมไปถึงตัวปะการังด้วยที่ไม่ยอมให้ตัวอ่อนมาลงเกาะทับบนตัวเอง (ภาพที่ 2.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นตัวอ่อนกับ Bryozoans, Oyster's และ สิ่งมีชีวิตเคลื่อนที่ได้อื่นๆ

ที่มา : Dunstan and Johnson. (1998)

2.4 ประเภทของแนวปะการังในโลก

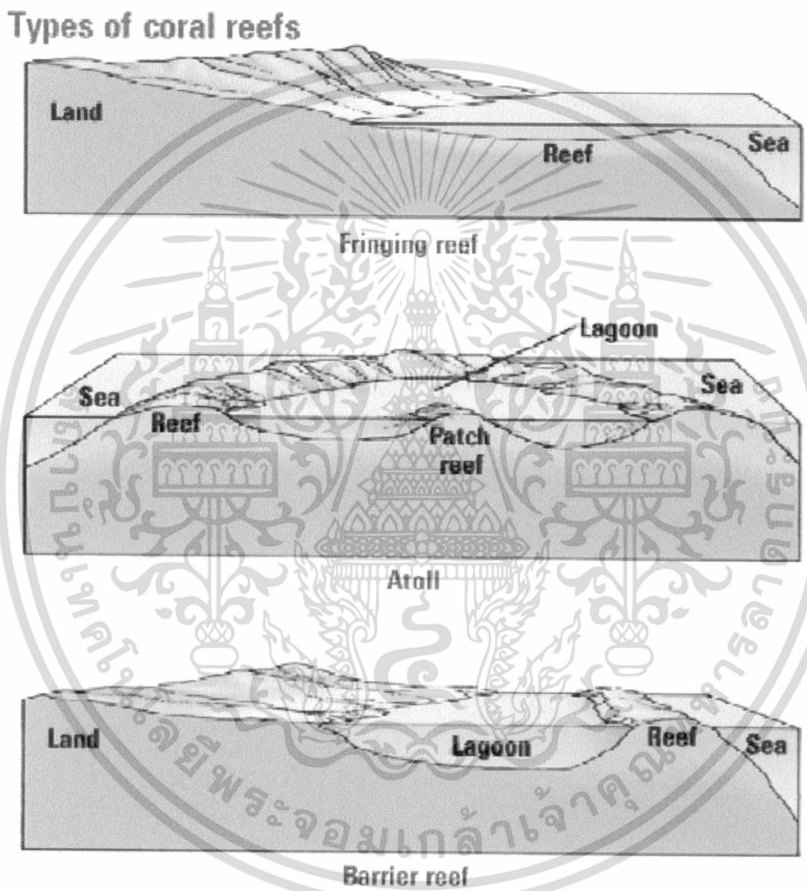
ประเภทของแนวปะการังในโลกแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

2.4.1 Fringing reef คือ แนวปะการังชายฝั่ง เป็นแนวปะการังที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่ง และหมู่เกาะในเขตน้ำค่อนข้างตื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 Barrier reef คือ แนวปะการังนอกฝั่งแบบเดียวกับแนวปะการัง Great Barrier Reef ของประเทศออสเตรเลียเป็นแนวปะการังขนาดใหญ่โตมีความกว้างยาวนับเป็นร้อยๆไมล์ แนวปะการังแบบนี้ไม่มีในประเทศไทย

2.4.3 Atoll คือ เกาะปะการัง เกิดขึ้นจากการรวมตัวทับถมกันของปะการังในแนวดิ่ง จนกลายสภาพเป็นเกาะปะการัง แบบเดียวกับประเทศมัลดีฟส์ และเกาะสีปาดัน มาเลเซีย



ภาพที่ 2.15 ประเภทของแนวปะการังที่มีในโลก

ที่มา: www.jochemnet.de

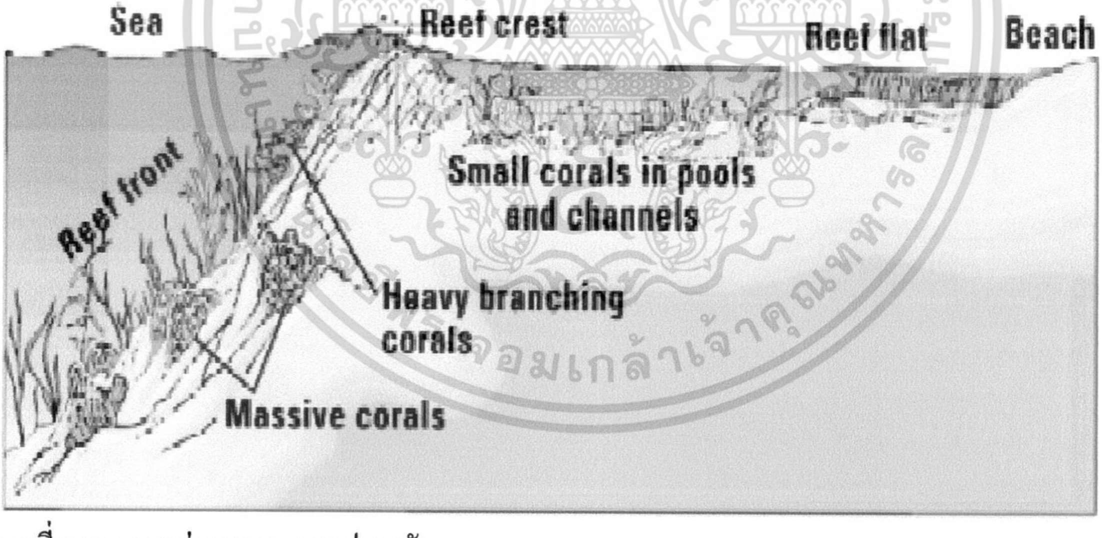
แนวปะการังริมฝั่งจัดได้ว่าเป็นแนวปะการังที่แท้จริงที่มีการสะสมหินปูนอันเกิดจากการสร้างโครงสร้างของปะการังแข็ง ทับถมกันเรื่อยมา จนก่อเกิดเป็นแนวหินปะการัง แนวปะการังแบบนี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แบ่งได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 แนวราบ (Reef flat) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับชายฝั่ง มีพื้นที่กว้างในแนวราบมีความลาดชันน้อยบริเวณใกล้ฝั่งมักไม่มีปะการังขึ้นอยู่เลยเนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเมื่อน้ำลงบริเวณนี้จะโผล่พ้นน้ำเป็นเวลานานทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้มาก และยังได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ซึมออกจากฝั่งหรือจากฝนที่ตกลงมาพบปะการังที่มีชีวิตมากขึ้นบริเวณด้านนอกของแนวราบใกล้แนวสันมักพบปะการังที่มีรูปร่างเป็นกิ่งสั้นๆ พุ่ม หรือหัวขนาดเล็ก

2.4.3.2 แนวสัน (Reef edge) เป็นเขตรอยต่อระหว่างแนวราบส่วนบน และแนวลาดชันบริเวณนี้เป็นแนวรับคลื่น และเป็นบริเวณที่มีปะการังชนิดต่างๆ อยู่เป็นจำนวนมาก รูปลักษณะที่เด่นของปะการังที่ขึ้นอยู่บริเวณนี้ คือ เป็นโขด จาน และกิ่ง

2.4.3.3 แนวลาดชัน (Reef slope) เป็นส่วนที่ลาดลงสู่พื้นทะเล ในแนวปะการังน้ำลึกบริเวณเกาะสิมิลัน และเกาะสุรินทร์ พบว่าแนวลาดชันในส่วนบน มักเป็นปะการังกิ่งนานาชนิด สลับกับปะการังโขดขนาดใหญ่ ลาดจากแนวสันส่วนหน้าจนถึงความลึกประมาณ 50 - 60 ฟุต ลึกลงไปยังส่วนล่างจะพบปะการังเป็นแผ่นๆ ซ้อนกันอยู่อย่างหนาแน่น โดยที่อาจประกอบด้วยปะการัง เพียง 2 - 3 ชนิด จนถึงความลึกประมาณ 90 ฟุต และอาจพบกัลปังหา หรือปะการังดำอยู่บริเวณขอบล่างสุด



ภาพที่ 2.16 การแบ่งเขตของแนวปะการัง

ที่มา: www.jochemnet.de

2.5 การเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว คือ การที่ปะการังสูญเสียหร่ายซูแซนเทลลี่ และ/หรือ การสูญเสียรงควัตถุของตัวซูแซนเทลลี่เอง ทำให้เหลือเพียงเนื้อเยื่อใสๆ เผยให้เห็นสีขาวของหินปูน ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

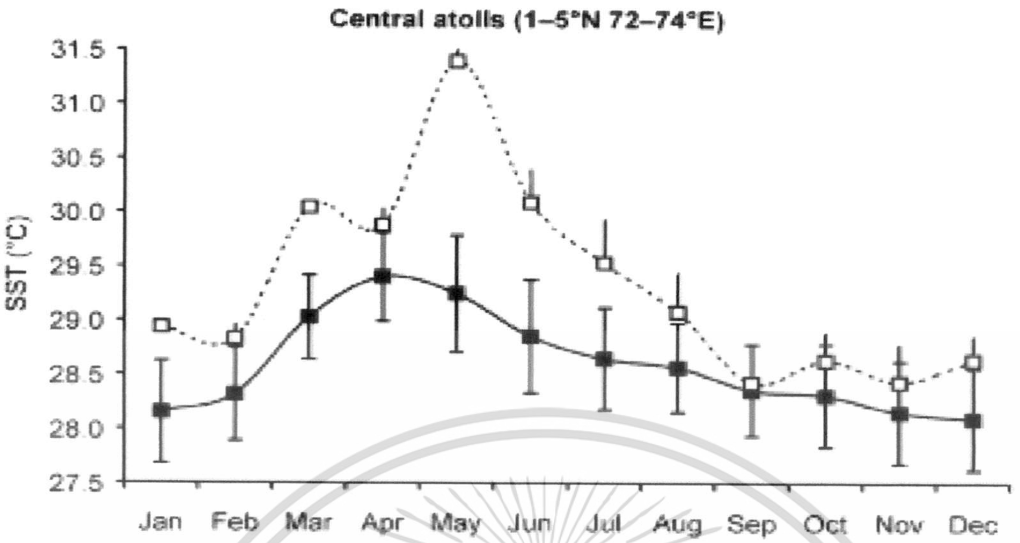
โครงสร้างของตัวปะการังเอง การฟอกขาวเป็นกลไกในการปรับตัวของปะการัง โดยการขับสาหร่ายซูแซนเทลลี่ออกจากตัวเอง ผลจากการขับสาหร่ายซูแซนเทลลี่ออกไปจากร่างกายส่งผลให้ปะการังได้รับพลังงานที่สาหร่ายซูแซนเทลลี่สร้างขึ้นและส่งต่อให้นั้นลดลงตามไปด้วย ซึ่งพลังงานที่ปะการังใช้ในการดำรงชีวิตส่วนใหญ่ได้มาจากขบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซูแซนเทลลี่ เมื่อปะการังตกอยู่ในสภาวะฟอกขาวเป็นเวลานานก็อาจส่งผลให้ประการังฟื้นตัวได้ยากและตายลงในที่สุด (Birkeland, 1996; Brown, 1997; Hoegh-Guldberg, 1999; Douglas, 2003)

2.5.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการฟอกขาว

2.5.1.1 อุณหภูมิ โดยปกติปะการังจะสามารถดำรงชีวิตได้ดีในอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่ เมื่อมีความผิดปกติ เพิ่มหรือลดลงของอุณหภูมิน้ำทะเลจะส่งผลให้ปะการังเกิดการฟอกขาว ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีความผิดปกติของอุณหภูมิน้ำทะเลที่ลดลงในช่วงหน้าหนาว (-3 ถึง-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 วัน) และในหน้าร้อน (1-2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 วัน) จากการศึกษาของ Edwards *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาผลของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติในปี 1998 ส่งผลให้เกิดการฟอกขาวของปะการังในหมู่เกาะมัลดีฟส์ โดยพบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลบริเวณศูนย์กลางของ atoll ในปี 1998 มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในปี 1950 – 1999 ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำทะเลในระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคม ปี 1998 มีค่าสูงมากอย่างที่ไม่เคยพบมาก่อนในรอบ 10 ปี (ภาพที่ 2.17, 2.18) และพบปะการังเริ่มมีการฟอกขาวประมาณกลางเดือนมีนาคม โดยปะการังสกุล Acropora ในบริเวณ reef flat จะเริ่มมีการฟอกขาวเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเล สูงประมาณ 33 องศาเซลเซียส และในช่วงต้นเดือนเมษายนมีการรายงานเกี่ยวกับการเกิดปะการังฟอกขาวเป็นวงกว้างบริเวณ reef flat ที่อุณหภูมิ 32.5 องศาเซลเซียส ใกล้กับบริเวณ reef edge

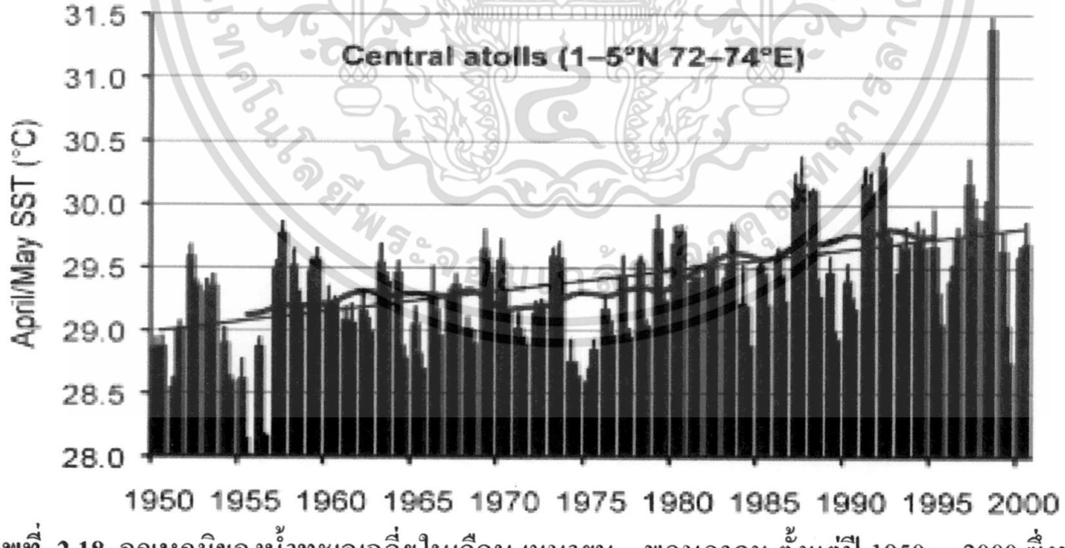
มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 อุณหภูมิที่ผิวหน้าน้ำทะเลบริเวณศูนย์กลาง atoll ในหมู่เกาะมัลดีฟส์ สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมทึบแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวหน้าน้ำในแต่ละเดือนตั้งแต่ปี 1950-1999 สี่เหลี่ยมโปร่งแสดง ในแต่ละเดือนในปี 1998

ที่มา: Edwards *et al.* (2001)



ภาพที่ 2.18 อุณหภูมิของน้ำทะเลเฉลี่ยในเดือน เมษายน – พฤษภาคม ตั้งแต่ปี 1950 - 2000 ซึ่งพบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้นอย่างผิดปกติในปี 1998 บริเวณศูนย์กลาง atoll ในหมู่เกาะมัลดีฟส์

ที่มา: Edwards *et al.* (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 ความเข้มของแสง การฟอกขาวส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนในหน้าร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิ และความเข้มแสงที่สูงมาก ปะการังน้ำตื้นจะเป็นปะการังที่รับผลกระทบมากจากปริมาณความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ โดยความเข้มแสงที่พบการก่อให้เกิดการฟอกขาวนั้นจะอยู่ในช่วง PAR, 400-700 นาโนเมตร (Photosyntheticaly Active Radiation) และ UVR, 280-400 นาโนเมตร (Ultraviolet Radiation)

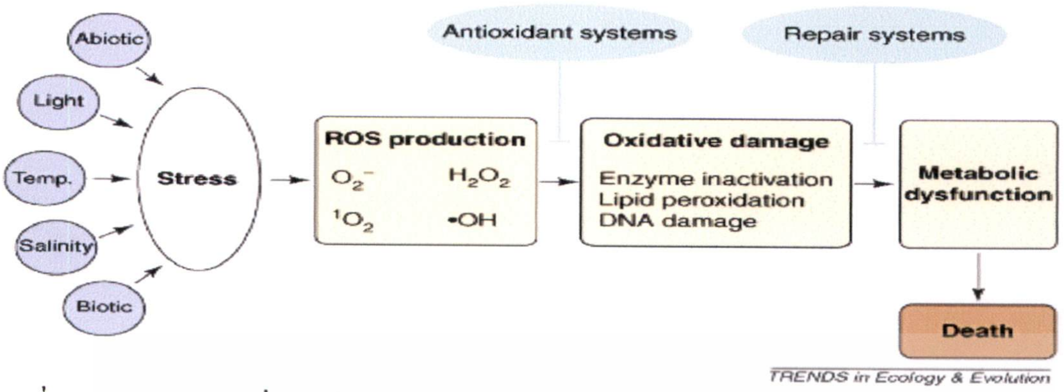
2.5.1.3 ตะกอน พบว่ามีความสัมพันธ์กันของการเกิดการฟอกขาวและปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณตะกอนอาจจะทำให้สาหร่ายซูแซนเทลลี่มีแนวโน้มที่จะฟอกขาวขึ้น

2.5.1.4 ปริมาณน้ำจืด น้ำจืดที่ได้จากน้ำฝนปริมาณมากๆหรือน้ำจากแผ่นดินที่ไหลลงสู่แนวปะการังนั้นเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แนวปะการังเกิดการฟอกขาวได้ แต่ในปกติแล้วการฟอกขาวในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นแค่บริเวณเล็กๆ หรือเกิดขึ้นกับแนวปะการังที่อยู่ใกล้ฝั่งเท่านั้น

2.5.2 สาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

การเกิดปะการังฟอกขาวสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุนับตั้งแต่ อุณหภูมิน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นหรือลดต่ำลง ความเข้มแสงที่มากเกินไป การเปลี่ยนแปลงของความเค็ม และการติดเชื้อ โดยเฉพาะจากแบคทีเรีย แต่สาเหตุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์แนวปะการังฟอกขาวเป็นวงกว้างทั่วโลกมักเกิดจากการที่อุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และ/หรือ ผลจากความเข้มแสง หรือทั้งสองปัจจัยนี้ร่วมกัน ในขณะที่สาเหตุอื่นๆ มักทำให้เกิดการฟอกขาวของปะการังเฉพาะพื้นที่เท่านั้น (Birkeland, 1996; Buchheim, 1998; Kevin *et al.*, 2009) กระบวนการที่ก่อให้เกิดการฟอกขาวในปะการังเกิดจากการที่ปะการังได้รับการกระตุ้นจากปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด เมื่อปะการังได้รับการกระตุ้นจะส่งผลให้ซูแซนเทลลี่มีการผลิตออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจนไม่สามารถที่จะใช้ได้หมดจนเกิดเป็นอนุมูลอิสระขึ้น (ภาพที่ 2.19) อนุมูลอิสระนี้จะไปมีผลให้ระบบการทำงานต่างๆในร่างกายทำงานผิดปกติ หากยังไม่สามารถจัดการกับอนุมูลอิสระได้ก็จะทำให้ปะการังตาย ดังนั้นปะการังจึงทำการขับสาหร่ายซูแซนเทลลี่ออกไปเพื่อลดความเป็นพิษที่เกิดขึ้น (Baird *et al*, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 กระบวนการที่ก่อให้เกิดการฟอกขาว

ที่มา: Baird *et al.* (2008)

2.5.3 ผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้กับแนวปะการังทั่วโลก โดยเฉพาะแนวปะการังในเขตอบอุ่น และเขตร้อน มีรายงานการพบปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี 1982 โดย Glynn (1982) บริเวณแนวปะการังด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ผลของปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวจะทำให้แนวปะการังเกิดสภาวะเสื่อมโทรมและตายลงเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งพบรายงานการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว รวมทั้งความรุนแรง และความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในหลายประเทศทั่วโลก (ภาพที่ 2.20, 2.21 และ 2.22) ในขณะที่ประเทศไทยนั้นต้องเผชิญกับปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวครั้งสำคัญในปี 2553 ตั้งแต่เดือนเมษายน พบว่าเกือบทุกพื้นที่มีรายงานว่าปะการังหลายชนิดรวมทั้งสัตว์อื่นเช่นดอกไม้ทะเลมีการฟอกขาวจนถึงเดือนธันวาคมเช่น เกาะล้านและเกาะสีชังและมีรายงานว่าปะการังบางชนิดยังมีการฟอกขาวจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2554

โดยสรุปสถานภาพแนวปะการังของประเทศไทย แบ่งตามเขตบริเวณชายฝั่งของประเทศได้ดังต่อไปนี้

อ่าวไทยตอนใน ได้แก่ เกาะสีชัง เกาะคราม เกาะแสมสาร เกาะล้าน เกาะสาก เกาะไผ่

ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวส่งผลให้พื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตในแนวปะการังต่างๆ ในเขตอ่าวไทยตอนใน จากเดิมที่มีปะการังมีชีวิตปกคลุมพื้นที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่แนวปะการังทั้งหมด หลังเกิดการฟอกขาวมีปะการังมีชีวิตปกคลุมพื้นที่ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 25 ของพื้นที่แนวปะการัง เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของการฟอกขาวต่อการปกคลุมพื้นที่ของแนวปะการังในบริเวณอ่าวไทยตอนในพบว่าหมู่เกาะครามได้รับผลกระทบมากที่สุด คือมีอัตราการลดลงของพื้นที่ครอบคลุมของปะการังมีชีวิตระหว่างร้อยละ 55 ถึง 79 เนื่องจากเคยมีปะการังเขากวางครอบคลุมพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าหมู่เกาะอื่น รองลงไปคือเกาะแสมสารได้รับผลกระทบประมาณร้อยละ 32 ถึง 62 และหมู่เกาะล้าน หมู่เกาะไผ่ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 และเกาะสีชังน้อยกว่าร้อยละ 10

สถานภาพแนวปะการังในบริเวณอ่าวไทยตอนในโดยทั่วไปตั้งแต่ก่อนสถานการณ์ฟอกขาวนั้น แนวปะการังมีความหลากหลายของชนิดไม่มากและมีโครงสร้างหลักเป็นกลุ่มปะการังโขด (*Porites lutea*) มีลักษณะแนวปะการังค่อนข้างแคบมีพื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตไม่สูงมากนัก รวมทั้งอิทธิพลจากการหมุนเวียนของมวลน้ำทะเลจากทะเลเปิดน้อยกว่าบริเวณอื่นของอ่าวไทยด้วยลักษณะทางกายภาพเหล่านี้ประกอบกับผลกระทบจากกิจกรรมชายฝั่งต่างๆทำให้ปะการังกลุ่มเขากวางมีการครอบคลุมพื้นที่อยู่น้อยในบริเวณอ่าวไทยตอนใน และสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัด เช่น หมู่เกาะคราม การฟอกขาวส่งผลกระทบค่อนข้างรุนแรงต่อกลุ่มปะการังเขากวางมีการตายถึงร้อยละ 80 ของปะการังเขากวางที่มีชีวิตเดิม ซึ่งน่าจะส่งผลให้เกิดปัญหาต่อปริมาณพ่อแม่พันธุ์ปะการังและกระบวนการทดแทนประชากรปะการังเขากวางในบริเวณอ่าวไทยตอนใน

อ่าวไทยตะวันออก: หมู่เกาะมัน หมู่เกาะเสม็ด หาดเจ้าหลาว เกาะนมสาว

ผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวส่งผลให้เกิดการฟอกขาวอย่างรุนแรงในปะการังมีชีวิตเกือบทุกชนิดเช่นเดียวกับบริเวณอื่น มีการตายของปะการังในกลุ่มเขากวางสูง โดยเฉพาะปะการังเขากวางชนิดที่มีรูปทรงกิ่งก้าน (Arborescent) และรูปทรงโต๊ะ (Table) เช่น *Acropora muricata*, *A .intermedia*, *A. hyacintus*, *A. samoesis* และ *A. subulata* เป็นต้น ปะการังที่ยังพอมีเหลือรอดกระจายอยู่บ้างในบางพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นโคโลนีที่มีการตายบางส่วนหรือเป็นโคโลนีที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ *A. humilis*, *A. digitifera*, *A. samoensis*, *A. nasuta* และ *A. millepora*

สถานการณ์ฟอกขาวส่งผลให้พื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตในแนวปะการังต่างๆในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันออกนี้ จากเดิมมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 43 ของพื้นที่แนวปะการังทั้งหมด ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 25 ของพื้นที่แนวปะการังทั้งหมด และส่งผลกระทบต่อพื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตในแนวปะการังต่างๆ ในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันออกนี้ลดลงประมาณร้อยละ 60 ถึง 80

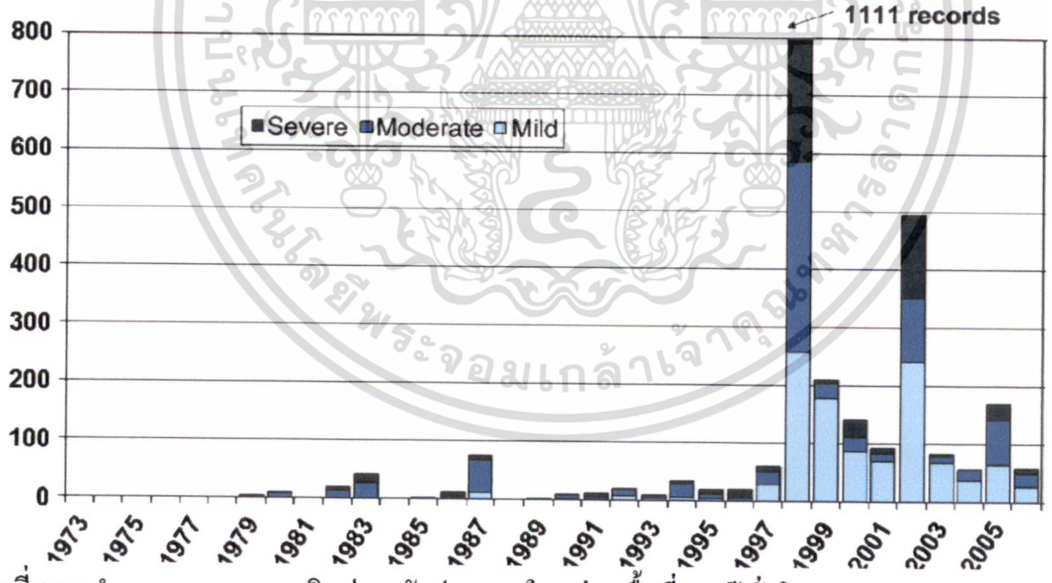
ฝั่งทะเลอันดามัน พบการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวสูงมากเนื่องจากแนวปะการังในหลายบริเวณมีองค์ประกอบของปะการังชนิดเด่น (Dominant species) เป็นกลุ่มปะการังเขากวาง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความทนทานต่อการฟอกขาวต่ำสุด การฟอกขาวที่รุนแรงในครั้งนี้ส่งผลให้กลุ่มปะการังเขากวางฟอกขาวทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดของประชากรที่มีอยู่เดิมในทุกแนวปะการัง ทั้งในเขตอันดามันเหนือและอันดามันใต้ และเริ่มตายลงตั้งแต่เดือนมิถุนายน

โดยมีประชากรของกลุ่มปะการังเขากวางตายลงประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 ของจำนวนประชากรที่มีอยู่เดิม ปะการังอีกกลุ่มที่เดิมครอบคลุมพื้นที่มากในแนวปะการังฝั่งทะเลอันดามัน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก โดยมีการตายเกิดขึ้นในบางพื้นที่ถึงร้อยละ 50 ของประชากรที่มีอยู่เดิม ได้แก่ปะการังผิวยู่ยี่ (*Porites rus*) ปะการังกลุ่มอื่นบางชนิดมีการตายสูงเช่นกันแต่เป็นกลุ่มที่มีการครอบคลุมพื้นที่ในแนว ปะการังไม่มากปะการังที่เคยมีปะการังเขากวางเป็นชนิดเด่นปกคลุมพื้นที่กว้าง จึงเป็นแนวปะการังที่ได้รับผลกระทบสูงที่สุด เช่น แนวปะการังส่วนใหญ่ของหมู่เกาะสุรินทร์ พบว่าในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยปกคลุมของปะการังตายสูงมากกว่าร้อยละ 80 มีปะกรังที่ยังชีวิตเหลือรอดอยู่เฉลี่ยเพียงไม่ถึงร้อยละ 10

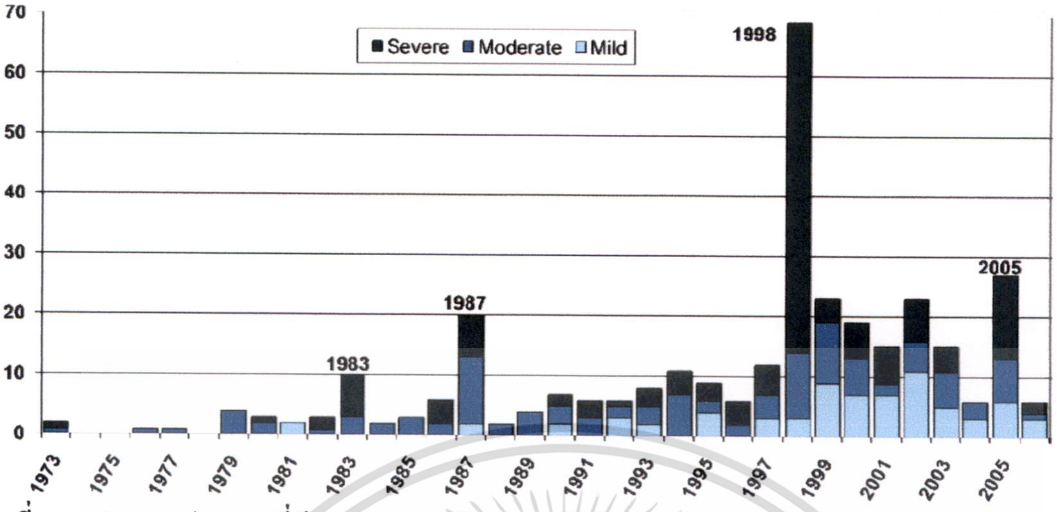
เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนผลกระทบต่อพื้นที่ โดยคิดจากอัตราส่วนการลดลงของพื้นที่ครอบคลุมของปะการังมีชีวิต พบว่าแนวปะการังได้รับผลกระทบสูงที่สุดคือ แนวปะการังบริเวณหินกอง เกาะตอรินลา เกาะปาชุมบา และเกาะสตอร์ค ในหมู่เกาะสุรินทร์ (มากกว่าร้อยละ 96) รองลงไปคือแนวปะการังบริเวณอ่าวต้นไร เกาะพีพีดอน (ร้อยละ 95) แนวปะการังด้านตะวันออกของสิมิลัน (ร้อยละ 89) แนวปะการังด้านตะวันออกของเกาะยูง ในหมู่เกาะพีพี (ร้อยละ 88.5) และแนวปะการังบริเวณเกาะโหลน (ร้อยละ 83) (สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย 2554)



ภาพที่ 2.20 จำนวนรายงานการเกิดปะการังฟอกขาวในแต่ละพื้นที่และปีทั่วโลก Severe: รายงานการฟอกขาวระดับรุนแรง Moderate: รายงานการฟอกขาวระดับปานกลาง และ Mild: รายงานการฟอกขาวระดับต่ำ

ที่มา: Oliver *et al.* (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 จำนวนประเทศที่มีรายงานการเกิดปะการังฟอกขาว Severe: รายงานการฟอกขาวระดับรุนแรง Moderate: รายงานการฟอกขาวระดับปานกลาง และ Mild: รายงานการฟอกขาวระดับต่ำ

ที่มา: Oliver *et al.* (2009)

ภาพที่ 2.22 รายงานบริเวณที่มีการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี 1998 สีแดง: เกิดการฟอกขาวอย่างรุนแรง สีเหลือง: เกิดการฟอกขาวปานกลาง สีฟ้า: เกิดการฟอกขาวบางส่วน และสีเขียว: ไม่เกิดการฟอกขาว

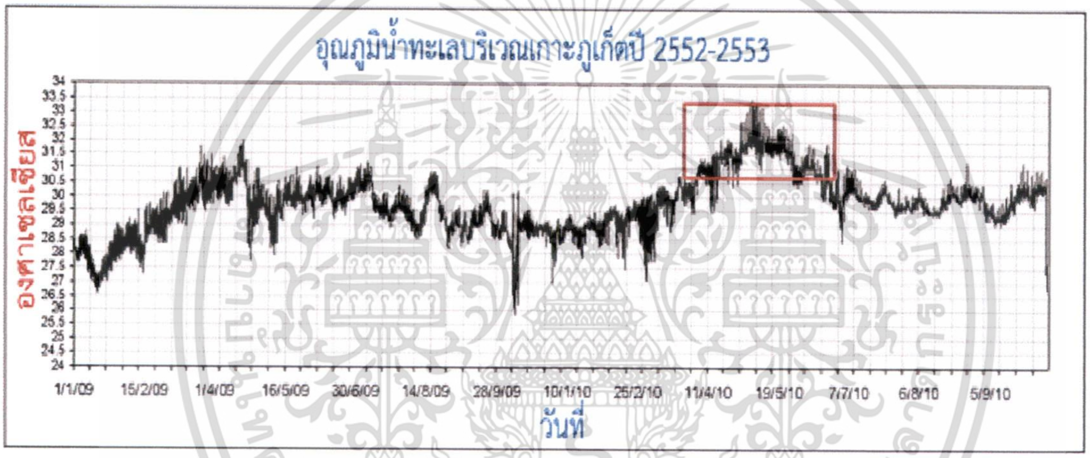
ที่มา: Oliver *et al.* (2009)

ในประเทศไทยสาเหตุที่ทำให้เกิดปะการังฟอกขาวเป็นพื้นที่กว้างครอบคลุมพื้นที่ในระดับประเทศหรือระดับภูมิภาคได้คือการที่อุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นอย่างผิดปกติซึ่งเชื่อว่ามาจากภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลกร้อน จากข้อมูลในอดีตพบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลในประเทศไทยเคยสูงกว่าปกติในปี พ.ศ. 2534 2538 2541 2546 2548 และ 2550 โดยปีใน 2534 และ 2538 แนวปะการังทางฝั่งทะเลอันดามันได้รับความเสียหายเป็นบริเวณกว้างโดยมีรายงานว่าปะการังตายประมาณร้อยละ 10-20 ส่วนในปี 2541 ปะการังในอ่าวไทยตายมากกว่าร้อยละ 50 จากการฟอกขาว

สำหรับในปี 2553 ที่ผ่านมานี้ นับเป็นปีที่แนวปะการังในประเทศไทยประสบกับสภาวะปะการังฟอกขาวอย่างรุนแรงมากที่สุดเป็นประวัติการณ์ สาเหตุเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำทะเลในฤดูร้อนสูงกว่าค่าเฉลี่ยเป็นระยะเวลานาน ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในฤดูร้อนจะอยู่ประมาณ 29 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2.23)



ภาพที่ 2.23 กราฟแสดงอุณหภูมิของน้ำทะเลในแนวปะการังบริเวณเกาะภูเก็ตตั้งแต่ มกราคม 2552-กันยายน 2553 กรอบสีแดงเป็นช่วงที่อุณหภูมิน้ำทะเลสูงเกิน 30 องศาเซลเซียสต่อเนื่องกันเป็นเวลาประมาณ3 เดือน

ที่มา: http://www.dmcr.go.th/marinecenter/coral-lesson6.php

จากรายงานความเสียหายจากการฟอกขาวของปะการังในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 พบว่าในแต่ละพื้นที่เกิดปะการังฟอกขาวมากน้อยต่างกันไป ทั้งนี้หากบริเวณนั้นมีปะการังชนิดใดชนิดหนึ่งเจริญเติบโตครอบคลุมพื้นที่มากและเป็นชนิดที่มีความไวต่อการฟอกขาว เช่นปะการังเขากวาง *(Acropora spp.)* พื้นที่นั้นก็จะมีปะการังฟอกขาวและตายเป็นบริเวณกว้าง นอกจากนี้อิทธิพลของคลื่นลมก็จะมีผลต่อความรุนแรงของการฟอกขาวโดยปะการังที่อาศัยบริเวณที่รับคลื่นลมจะเป็นด้านที่อุณหภูมิไม่สูงอยู่ตลอดเวลา (เช่น ด้าน ตะวันตกของเกาะต่างๆ ทางฝั่งทะเลอันดามัน) ปะการังจึงฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาวน้อยกว่าด้านอื่น เมื่อประมาณ โดยภาพรวมทั่วประเทศแล้ว พบว่าในปี พ.ศ. 2553 แนวปะการังในประเทศไทยมีการฟอกขาวร้อยละ 30-95 ของพื้นที่แนวปะการังทั้งหมดในประเทศ

ตารางที่ 2.4 แสดงการปกคลุมพื้นที่ของปะการังที่มีชีวิตก่อนและหลังการฟอกขาวในปี 2553 และอัตราการตาย ในพื้นที่ต่างๆ

สถานที่	% ปกคลุมพื้นที่ของปะการังที่มีชีวิต		%การตาย
	ก่อนฟอกขาว	หลังฟอกขาว	
หมู่เกาะสุรินทร์			
เกาะสต็อค	35	7.4	78.9
เกาะสุรินทร์เหนือ หน้าช่องแคบ ตอนใน	50.3	3.2	93.5
เกาะสุรินทร์ อ่าวแม่ยายทิศเหนือ	80	0.1	99/9
เกาะสุรินทร์เหนือ อ่าวทรายแดง	34.7	8.4	75.8
เกาะสุรินทร์เหนือ อ่าวไม้งาม	50	12.5	75.0
เกาะสุรินทรใต้ ฝั่งตะวันออก (อ่าวเต่า)	73.2	11	85.0
เกาะปาชุมบา ตะวันออกเฉียงเหนือ	22	1.1	95.0
เกาะตอรินลา ตะวันออกเฉียงใต้	22.5	4.7	79.1
เกาะตาชัย ตะวันออกเฉียงใต้	53.9	8.6	84
หมู่เกาะสิมิลัน			
เกาะสิมิลัน ตะวันออกหน้าปะภาคาร	57.8	6.2	89.3
เกาะสิมิลัน เวิ้งอ่าวตะวันตก	28.1	11.1	60.5
เกาะบางู ทิศใต้	16.6	6.5	60.8
เกาะปายู ตะวันออกเฉียงเหนือ	39.8	29.5	25.9
เกาะปายู เวิ้งอ่าวตะวันตก	29.3	14.8	49.5
หมู่เกาะพีพี และเกาะใกล้เคียง			
อ่าวหยงกาเส็ตม	40	19.4	51.5
อ่าวลาน้ำ เกาะพีพีดอน	19.4	12.7	34.5
แหลมตง เกาะพีพีดอน	51.7	32.8	36.6
อ่าวต้นไทร ตะวันตก	61	3.1	94.9

ที่มา: http://www.dmcr.go.th/marinecenter/coral-lesson6.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงการปกคลุมพื้นที่ของปะการังที่มีชีวิตก่อนและหลังการฟอกขาวในปี 2553 และอัตราการตาย ในพื้นที่ต่างๆ (ต่อ)

สถานที่	% ปกคลุมพื้นที่ของปะการังที่มีชีวิต		% การตาย
	ก่อนฟอกขาว	หลังฟอกขาว	
หมู่เกาะพีพี และเกาะใกล้เคียง			
เกาะยูง	58.9	6.8	88.5
เกาะไผ่ ตะวันออก	67.4	22	67.4
เกาะไผ่ ตะวันตกเฉียงใต้	36.5	14.9	59.2
เกาะไข่นอก	50.2	15.8	68.5
เกาะบริวารของภูเก็ต			
เกาะแอว ตะวันตกเฉียงเหนือ	61.7	18.6	69.9
เกาะราชาใหญ่ ตะวันออกตอนบน	33.3	20.5	38.4
เกาะราชาใหญ่ ตะวันออกตอนกลาง	25.3	17.5	30.8
เกาะราชาใหญ่ อ่าวทิศเหนือ	42.3	1.4	96.7
เกาะราชาใหญ่ อ่าวตะวันตก	61	66.3	-

ที่มา: http://www.dmcr.go.th/marinecenter/coral-lesson6.php

2.6 การฟื้นตัวของปะการังหลังการเกิดปะการังฟอกขาว

การฟื้นตัวส่วนใหญ่พบว่าจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเมื่อสภาพอากาศกลับเข้าสู่ปกติ โดยถ้ามีการลงเกาะของตัวอ่อนใหม่จะลงเกาะบนพื้นที่ซากปะการังเก่าที่ฟอกขาวจนตาย หรือพื้นที่ที่เป็นพื้นแข็งที่ยังว่างอยู่ เหมือนกับปะการังเทียม หรืออาจจะมีการฟื้นตัวจากการกลับมาของซูแซนเทลลี่ โดยส่วนใหญ่แล้วปะการังที่มีรูปร่างเป็นโขดมักจะรอดตายจากการฟอกขาวซึ่งจะฟื้นตัวได้จากการกลับมาของปะการัง แต่ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งจึงจะกลับมาสมบูรณ์และเริ่มเติบโตขึ้นอีกครั้ง (Edwards *et al.*, 2001) ลักษณะการฟื้นตัวของปะการังอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

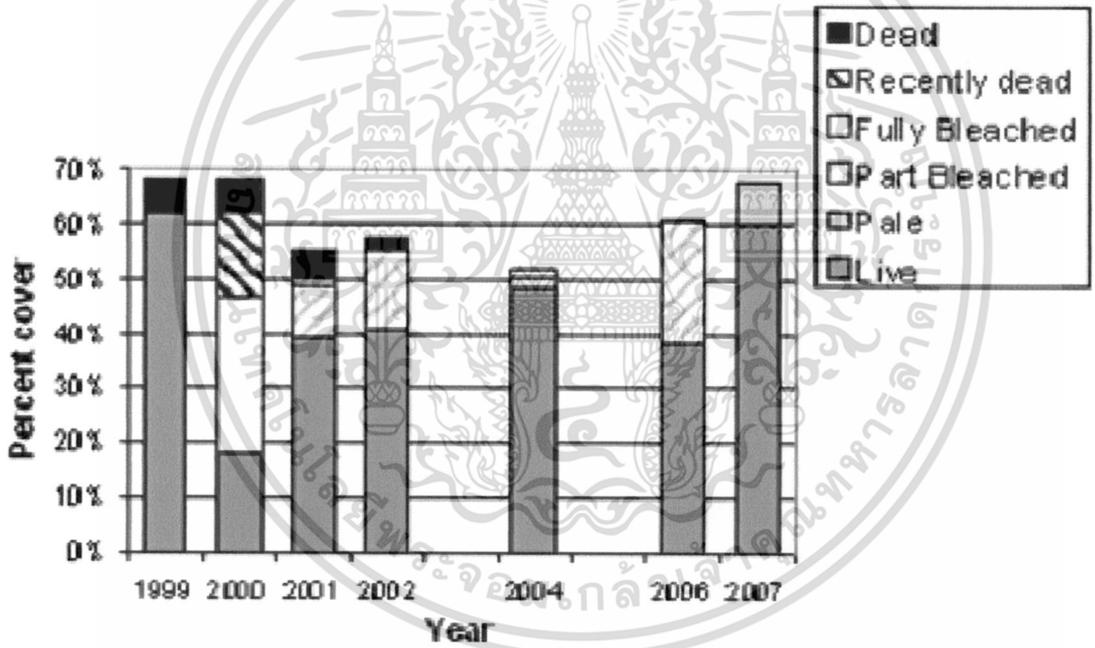
2.6.1 การฟื้นตัวของปะการังที่ฟอกขาวในกรณีที่ยังคงมีชีวิตอยู่

ปะการังที่ยังคงมีชีวิตอยู่จะสามารถทนสภาพที่อ่อนแอในช่วงเวลาสั้นๆได้ หากอุณหภูมิน้ำลดลง ปะการังที่ฟอกขาวอยู่นั้นก็สามารถดึงสาหร่ายซูแซนเทลลี่กลับเข้าสู่เนื้อเยื่อ และสามารถฟื้นตัวให้กลับมามีสีดังเดิม กระบวนการฟื้นตัวของแนวปะการังแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้เร็วภายใน 2-3 เดือน เมื่ออุณหภูมิลดลงสู่สภาพปกติ (อุณหภูมิลดลงได้เนื่องจากลมมรสุมเข้าหรือมีเมฆฝนมาก) แต่หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมยังไม่เหมาะสมเป็นเวลานาน ปะการังบางชนิดจะเริ่มตายลงโดยสามารถสังเกตได้จากการเริ่มเห็นสาหร่ายและตะกอนที่ขึ้นปกคลุมปะการัง

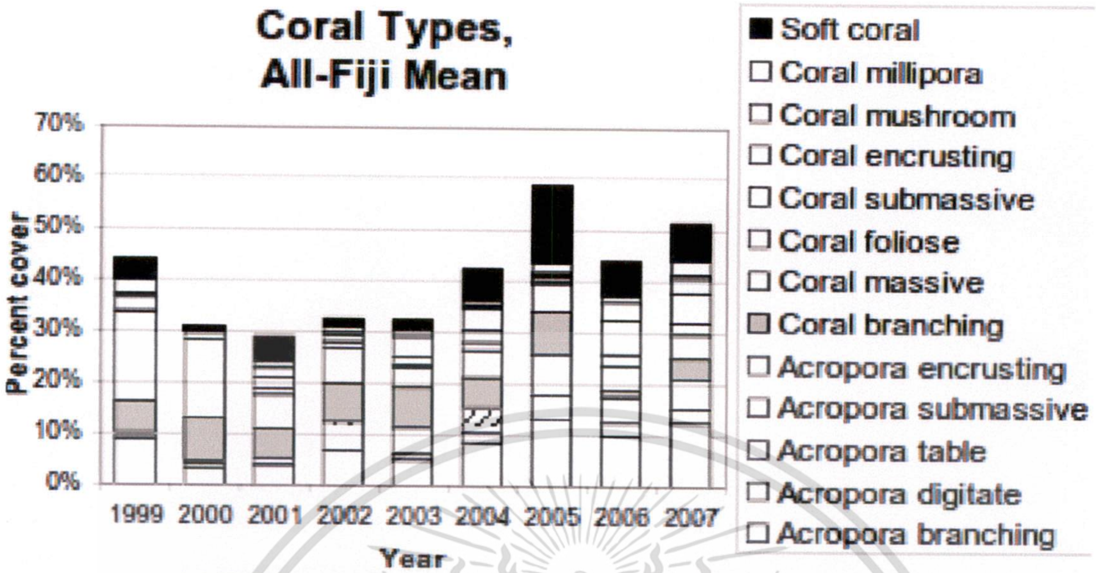
Lovell and Sykes (2008) ได้ทำการศึกษาการฟื้นตัวอย่างรวดเร็วของปะการังหลังการเกิดการฟอกขาวของแนวปะการังฟิจิ โดยประเมินจากการปกคลุมของปะการังจากปี 1999 – 2007 พบว่าในปี 1999 มีการปกคลุมของปะการังที่มีชีวิตร้อยละ 60 และในปี 2000 มีปะการังฟอกขาวและตายลงถึงร้อยละ 42 (ภาพที่ 2.24) ภายในระยะเวลา 5 ปีหลังจากการเกิดการฟอกขาวปะการังได้มีฟื้นตัวกลับมาสมบูรณ์ดังเดิมทุกพื้นที่ในแนวปะการังฟิจิ และมีหลากหลายของสายพันธ์มากขึ้นกว่าเดิม (ภาพที่ 2.25) อันมีผลมาจากปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ ในบริเวณดังกล่าวมีการเกิดพายุไซโคลนซึ่งจะช่วยทำความสะอาดให้กับพื้นที่พร้อมรับการลงเกาะของประชากรรุ่นใหม่



ภาพที่ 2.24 การปกคลุมของปะการังแข็งและระดับการฟอกขาวในบริเวณ Vatu-i-Ra ในปี 1999 – 2000 ซึ่งไม่ได้มีการทำสำรวจในปี 2003 และ 2005

ที่มา: Lovell and Sykes (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Year	99	00	01	02	03	04	05	06	07
n	5	4	5	8	10	15	3	26	25

ภาพที่ 2.25 ค่าเฉลี่ยของชนิดพันธุ์ปะการังที่มีความสำคัญในทุกบริเวณในฟิจิ ในระหว่างช่วงปี 1999 – 2007

ที่มา : Lovell and Sykes (2008)

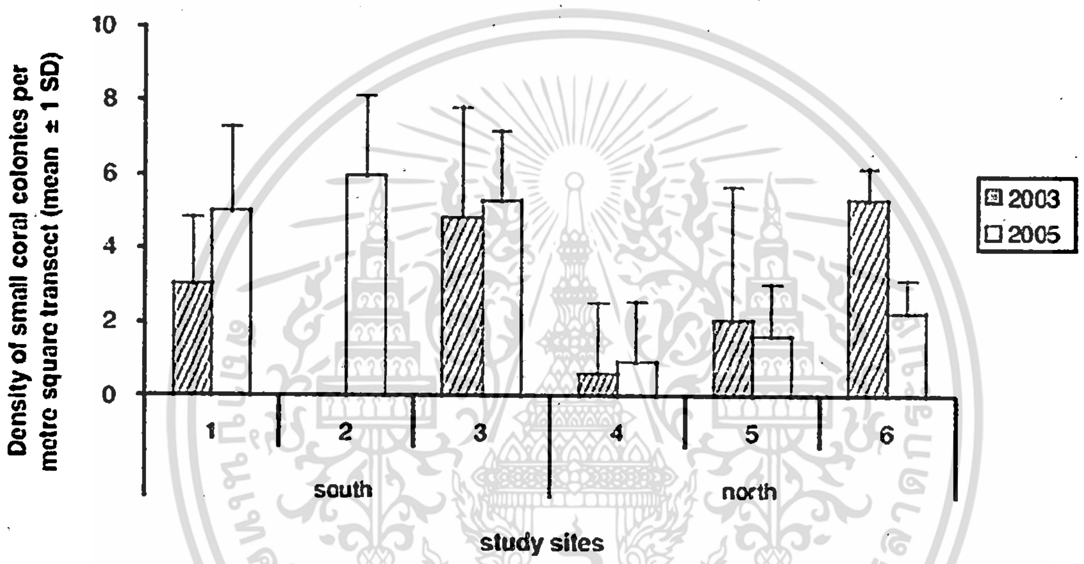
2.6.2 การฟื้นตัวของปะการังที่ฟอกขาวในกรณีที่ปะการังที่ฟอกขาวแล้วได้ตายไป

พื้นที่แนวปะการังที่เสื่อมโทรมลงจากการตายของปะการังเนื่องจากการฟอกขาว ก็ยังสามารถฟื้นตัวได้ โดยมีตัวอ่อนปะการังเข้ามาเกาะในพื้นที่ หรือปะการังบางชนิดที่ยังเหลืออยู่ค่อย ๆ เจริญเติบโตครอบคลุมแนวปะการัง กระบวนการนี้อาจใช้เวลาประมาณ 3-4 ปี เป็นอย่างน้อย แนวปะการังจึงกลับมามีสภาพดีดังเดิม ทั้งนี้พื้นที่นั้นต้องมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม มีคุณภาพน้ำดี เช่น น้ำใสสะอาด ปราศจากการรบกวนของกิจกรรมของมนุษย์ มีพื้นแข็งสำหรับตัวอ่อนปะการังลงยึดเกาะเพื่อเจริญเติบโต รวมทั้งมีระบบนิเวศที่ยังอยู่ในสภาพสมดุล ไม่มีการจับปลาหรือสัตว์ที่กินสาหร่ายออกจากพื้นที่มากเกินไป (เนื่องจากสาหร่ายที่คลุมตามพื้นจะทำให้ตัวอ่อนของปะการังไม่สามารถลงเกาะ ได้ รวมทั้งแก่งแย่งพื้นที่การเจริญเติบโตของปะการัง) แต่หากสมดุลของระบบนิเวศสูญเสียไป การฟื้นตัวของแนวปะการังจะเกิดขึ้นได้ช้ามาก หรือไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย

Visram *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาและประเมินการกลับมาของชุมชนประชากรปะการังรุ่นใหม่หลังเกิดการฟอกขาวในสองเขตอนุรักษ์ในเคนย่า พบว่ามีการเกิดปะการังฟอกขาวเป็นวงกว้างในปี 1998 ทำให้เกิดตายของปะการังเป็นจำนวนมาก เมื่อทำการสำรวจในปี 2003 และ 2005 พบว่าแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

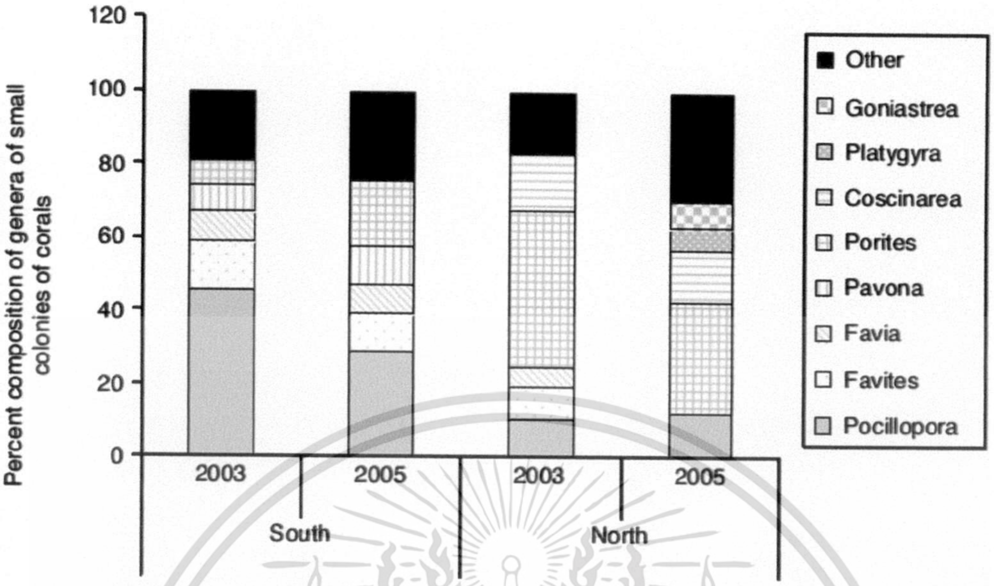
ปะการังทางตอนใต้ มีการฟื้นตัวมากกว่าแนวปะการังทางตอนเหนือ (ภาพที่ 2.26) คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยด้านอุทกวิทยาซึ่งทางตอนเหนือได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำ Somali ซึ่งจะนำพาธาตุอาหารมายังพื้นที่ดังกล่าวและส่งผลให้หญ้าทะเลและสาหร่ายขนาดใหญ่เจริญเติบโตได้ดีเป็นการแก่งแย่งพื้นที่ในการลงเกาะการฟื้นตัวของปะการังจึงเกิดขึ้นได้ยาก อีกทั้งทางตอนใต้ยังอยู่ใกล้แหล่งของประชากรรุ่นใหม่ จึงสามารถฟื้นตัวได้ดีกว่าทางตอนเหนือ สายพันธุ์ที่มีความชุกชุมในทางตอนเหนือได้แก่ *Porites Coscinarea* และ *Pocillopora* ส่วนสายพันธุ์ที่มีความชุกชุมในทางตอนใต้คือ *Pocillopora* (ภาพที่ 2.27)



ภาพที่ 2.26 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของโคโลนี ของปะการังขนาดเล็กในบริเวณ แนวปะการังทางตอนเหนือและตอนใต้ของ Kenya ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลในปี 2003 และ 2005

ที่มา: Visram *et al.* (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 ชนิดปะการังเด่น 5 สายพันธุ์ ที่มาลงเกาะในทางตอนเหนือและทางตอนใต้ของKenya ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลในปี 2003 และ 2005

ที่มา: Visram *et al.* (2007)

2.7 การสะสมไขมันของปะการัง

มีการศึกษาระบุว่าปะการังแข็งมีปริมาณลิปิด 9 - 47 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Harland *et al.* 1993; Yamashiro *et al.*, 1999) ซึ่งปริมาณลิปิดที่เก็บสะสมไว้นี้เกิดจากการส่งผ่านธาตุอาหารของซูแซนเทลลี่สู่ปะการัง (Stimson, 1987; Sutton and Hoegh-Guldberg, 1990) ปะการังจะใช้พลังงานจากลิปิดนี้เพื่อการเจริญเติบโต, การสืบพันธุ์ และกิจกรรมในการดำเนินชีวิตต่างๆ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ทางสิ่งแวดล้อม (Ward, 1995) การตอบสนองของปะการังต่อความเครียดจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนั้น อาจวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การหายใจ อัตราการสะสมสารอาหาร อัตราการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต การสร้างแคลเซียม หรือการสูญเสียซูแซนเทลลี (Durkin, 2008) ลิปิดสามารถใช้ในการวัดภาวะพลังงานในการดำรงชีวิตของปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้ (Saunders *et al.,* 2005) ดังนั้นจึงสามารถนำลิปิดมาใช้เพื่อบ่งชี้สภาวะการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของปะการังได้ ซึ่งซูแซนเทลลี่จึงมีบทบาทมากในการทำหน้าที่ส่งพลังงานสะสมให้ปะการังแข็ง (Patton *et al.*, 1983; Battey *et al.*, 1984; Harland *et al.,* 1991; Ward, 1995) ระดับลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังจะผันแปรไปตามสภาวะแวดล้อม เช่น ความเข้มข้นแสง อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม และภาวะธาตุอาหาร (Harland *et al.*, 1992) นอกจากนี้ลิปิดในปะการังก็แตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ หรือแม้แต่ปะการังสายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันก็มีลิปิดสะสมในแต่ละตำแหน่งแตกต่างกัน (Yamashiro *et al.*, 1999; Oku *et al.*, 2003; Durkin, 2008) การเปลี่ยนแปลงไปของสัดส่วนลิปิดในปะการัง และซูแซนเทลลี่สามารถทำให้เข้าใจถึงการอ่อนแอ และการฟื้นตัวของปะการังในสภาวะฟอกขาวได้

วิธีการวิเคราะห์ลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังนั้นมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การสกัดลิปิดด้วยสารอินทรีย์, High Performance Thin Layer (HPTLC) และ Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC - MS) ซึ่งวิธีการ HPTLC และ GC - MS เป็นวิธีที่สามารถแยกองค์ประกอบของลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังได้ ได้แก่ 1) ลิปิดที่มีขั้ว 2) สเตอรอล 3) กรดไขมันอิสระ 4) ไตรเอซิลกลีเซอรอล 5) โมโนอัลคิลไดเอซิลกลีเซอรอล 6) แว็กซ์เอสเตอร์ 7) สเตอรอลเอสเตอร์ (Saunder *et al.*, 2005) และ 8) อื่นๆ (Yamashiro *et al.*, 1999; Oku *et al.*, 2002) ซึ่ง HPTLC และ GC-MS เป็นวิธีที่ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ผู้วิเคราะห์ต้องมีความชำนาญ ดังนั้นวิธีการสกัดลิปิดด้วยสารอินทรีย์จึงเป็นวิธีที่ง่าย ไม่มีความซับซ้อน สะดวก รวดเร็ว และยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำการทดลองเป็นอย่างมาก โดยการศึกษานี้จึงได้เลือกวิธีการสกัดลิปิดด้วยสารอินทรีย์มาประยุกต์ใช้

2.7.1 ลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง

ลิปิดเป็นชีวโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยธาตุที่สำคัญ 3 ชนิด คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมีอัตราส่วนของออกซิเจนน้อยมาก บางครั้งพบมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย ลักษณะโดยทั่วไปเป็นไขมัน (Fat) น้ำมัน (Oil) และไข (Waxes) ลักษณะทางเคมีของกลุ่มไขมันและสารประกอบไขมันที่เกี่ยวข้องเรียกว่า "ลิปิด (Lipids)" ซึ่งโดยคำจำกัดความทางเคมีของไขมันเหล่านี้ล้วนเป็นสารอินทรีย์ (Organic Compounds) ที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยธาตุคาร์บอนที่ร้อยเรียงเป็นสายโซ่แล้วเชื่อมต่อเข้ากับ อะตอมไฮโดรเจนและออกซิเจนหรืออนุมูลอื่น ๆ (ดาวัลย์, 2550) ลิปิดเป็นสารชีวโมเลกุลชนิดเดียวที่ไม่ได้ใช้โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลในการจำแนกออกจากชีวโมเลกุลอื่นๆ แต่อาศัยคุณสมบัติในการละลายแทน ทั้งนี้เพราะสมบัติของลิปิดที่สำคัญคือเกือบทั้งหมดไม่ละลายในน้ำแต่จะละลายได้ดีในตัวทำลายอินทรีย์ เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ อะซิโตน และเบนซีน เป็นต้น (Akoh and Min, 2002, Brown and Farrell, 2009) ฉะนั้นในการแยกหรือสกัดลิปิดออกจากเซลล์หรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำได้โดยใช้สารทำละลายอินทรีย์เหล่านี้ (ดาวัลย์, 2550) จากการศึกษาโครงสร้างเคมีของลิปิดชนิดต่างๆ ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตสามารถแบ่งลิปิดออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ 1) ลิปิดที่มีขั้ว (เอซิลกลีเซอรอล สเตอรอล กรดอะมิโนอิสระชนิด non-esterified คือไม่รวมโมเลกุลของแอลกอฮอล์ และขจัดโมเลกุลของน้ำออกจนเปลี่ยนเป็นเอสเตอร์แล้ว) แว็กซ์ และสเตอริลเอสเตอร์ 2) ลิปิดที่มีขั้ว (ฟอสโฟกลีเซอไรด์, ไกลโคซิลกลีเซอไรด์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพบว่าลิปิดกลุ่มที่มีขั้วนั้นมีความสำคัญ คือเป็นส่วนประกอบเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) ซึ่งมีบทบาทในการให้สารต่างๆ สามารถผ่านเข้าออกเซลล์ และอวัยวะต่างๆ (Guschina and Harwood, 2009) นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มลิปิดตามหน้าที่ได้ 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ (ดาวัลย์, 2550)

กลุ่มที่ถูกเก็บไว้เป็นพลังงานสำรอง และมีส่วนร่วมในเมทาบอลิซึมของพืชและสัตว์ ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ และมักอยู่รวมกันเป็นเนื้อเยื่อไขมันแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นนอกสุด

กลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane lipid) เช่น ฟอสโฟกลีเซอไรด์ สฟิงโกลิปิด ฟอสโฟลิปิด โดยพบว่าฟอสโฟลิปิดมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนสี กลิ่น รส ของเนื้อสัตว์มักพบ ฟอสโฟลิปิดในเนื้อสัตว์ปริมาณเล็กน้อย โดยเก็บสะสมอยู่ที่สมอง ตับ เนื้อเยื่อไขสันหลัง และเนื้อเยื่อเซลล์เกือบทุกเซลล์

กลุ่มที่ทำหน้าที่อื่นๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ วิตามินที่ละลายในไขมัน 4 ชนิด คือ วิตามินเอ ดี อี และวิตามินเค ฮอร์โมนบางประเภท ได้แก่ พรอสทาแกลนดิน (Prostaglandin) สเตอรอยด์ (Steroid) เป็นต้น

เนื่องด้วยลักษณะความเป็นเซลล์ยูคาริโอตของทั้งตัวปะการัง และซูแซนเทลลี่ ซึ่งมีเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยสารจำพวกลิปิดร้อยละ 30 ถึง 40 โปรตีนร้อยละ 20 ถึง 80 และคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าร้อยละ 10 อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของสารประกอบดังกล่าวนั้นจะแตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ และลักษณะของสัตว์หรือพืชนั้นๆ โดยเยื่อหุ้มเซลล์มีโครงสร้างกึ่งเหลว ประกอบด้วยลิปิดและโปรตีนฝังในที่เรียงตัวไม่เท่ากันคล้ายกระเบื้องเซรามิค โดยมีหน้าที่แบ่งขอบเขตสภาพแวดล้อมภายนอกกับสภาพแวดล้อมภายในของเซลล์ให้แยกออกจากกัน และควบคุมการผ่านเข้าออกของสารหรือโมเลกุลของสาร (Guschina and Harwood, 2009)

ได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบของลิปิดภายในเซลล์ของปะการัง พบว่าร้อยละ 9 - 47 ของน้ำหนักแห้งของปะการังเป็นลิปิด (Stimson, 1987; Harland *et al.* 1993; Yamashiro *et al.* 1999) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบลิปิดในเนื้อเยื่อด้วยวิธีการ High Performance Thin Layer (HPTLC) และGas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ทำให้แยกองค์ประกอบของลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังได้ 1) ลิปิดมีขั้ว (Polar lipid: PL) 2) สเตอรอล (Sterol) 3) กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid: FFA) 4) ไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerols: TG), 5) โมโนอัลคิลไดเอซิลกลีเซอรอล (Monoalkyldiacylglycerols: MADAG) 6) แว็กซ์เอสเตอร์ (Wax ester: WE) 7) สเตอรอลเอสเตอร์ (Sterol ester: SE) และ (8) อื่นๆ โดยสามารถนำองค์ประกอบสเตอรอลมาใช้ในการแยกองค์ประกอบทางชีวเคมีของปะการังได้อีกด้วย (Yamashiro *et al.*, 1999) โดยมีลิปิดพวก TG และ WE เป็นพลังงานสำรอง ซึ่งมีมากถึงร้อยละ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 73 ของปริมาณลิปิดทั้งหมด (Yamashiro *et al.* 1999; Oku *et al.*, 2002) ปริมาณของลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของปะการัง (ตารางที่1) สภาพแวดล้อม ธาตุอาหาร และตำแหน่งต่างๆ ของปะการัง (Stimson, 1987; Harland *et al.* 1993; Yamashiro *et al.* 1999) ลิปิดพวก ST และ PL ยังเป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อเยื่อปะการัง โดยพบว่ามีประมาณร้อยละ 9-60 ของลิปิดทั้งหมด ซึ่งปกติแล้ว ST และ PL จะมีปริมาณคงที่ แต่อาจผันแปรไปบ้างในระยะสั้นๆ จากความเครียดต่างๆ เช่น ตะกอน และอุณหภูมิ (Yamashiro *et al.* 1999; Oku *et al.*, 2002) FAs เป็นส่วนประกอบหลักสำคัญในเนื้อเยื่อเซลล์ และเป็นตัวส่งสัญญาณทางชีวโมเลกุลอีกด้วย (Harland *et al.*, 1992; Bachok *et al.*, 2006) นอกจากลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังแล้วซูแซนเทลลี่ยังส่งสารอาหารพวก กรดอะมิโน, น้ำตาล, คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน และเปปไทด์ขนาดเล็ก ให้แก่ปะการังอีกด้วย (Stimson, 1987; Hoegh-Guldberg, 1999) ขบวนการสังเคราะห์แสงจะจับคาร์บอนได้อย่างรวดเร็วหลังจากนั้นก็กักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อเซลล์ (ฟอสโฟลิปิด) แล้วทำปฏิกิริยาต่อไปสะสมไว้ในรูปของ WE และ TG (Oku *et al.*, 2002) แล้วผ่านขบวนการเมตาบอลิซึมหลังการจับคาร์บอนเพื่อเปลี่ยนเป็น FFA หรือโมโนเอซิลกลีเซอรอล (Monoacylglycerol: MG) ซึ่งพลังงานดังกล่าวประมาณครึ่งหนึ่งจากขบวนการสังเคราะห์แสงจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของเมือก โดยลิปิดที่ถูกขับออกมาพวกนี้จะถูกปลา หรือปูนำมาเป็นแหล่งอาหาร (Rodrigues *et al.*, 2008)

มีการศึกษาถึงปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังในสภาวะปกติ ในเมืองโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น (Yamashiro *et al.*, 1999) (ตารางที่ 2.5) ซึ่งข้อมูลนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินสุขภาพของปะการัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ปริมาณลิปิดรวมในเนื้อเยื่อปะการังแข็งบางชนิด เมืองโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น

ชื่อสายพันธุ์	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของลิปิดในเนื้อเยื่อ	รูปทรง
Pocillopora damicornis (Linnaeus)	30.8	ปะการังกิ่ง
Pocillopora verrucosa (Ellis & Solander)	14.1	ปะการังกิ่ง
Stylophora pistillata (Esper)	20.8	ปะการังกิ่ง
Montipora aequituberculata Bernard	22.5	ปะการังจาน
Acropora microphthalma (Verrill)	28.6	ปะการังกิ่ง
Porites lutea Edwards & Haime	20.1	ปะการังก้อน
Porites cylindrica Dana	21.1	ปะการังกิ่ง
Fungia fungites (Linnaeus)	23.2	ปะการังเดี่ยว
Galaxea fascicularis (Linnaeus)	37.0	ปะการังก้อน
Galaxea aspera Verrill	29.6	ปะการังก้อน
Oulastrea crispata (Lamarck)	19.3	ปะการังก้อน
Tubastrea sp.	15.6	Azooxanthellate
Boloceroides sp.	26.5	ดอกไม้ทะเล
Lobophytum Crassum Marenzeller	23.5	ปะการังอ่อน
Millepora murrayi Quelch	29.7	ปะการังตระกูลถ้วยส้ม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Yamashiro *et al.* (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในประเทศไทยได้มีการศึกษาปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังแข็งบางชนิด บริเวณเกาะไข่ จังหวัดชุมพรของ อารยา (2554) ที่ทำการศึกษาในปะการังทั้งหมด 5 ชนิด (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 5 ชนิด

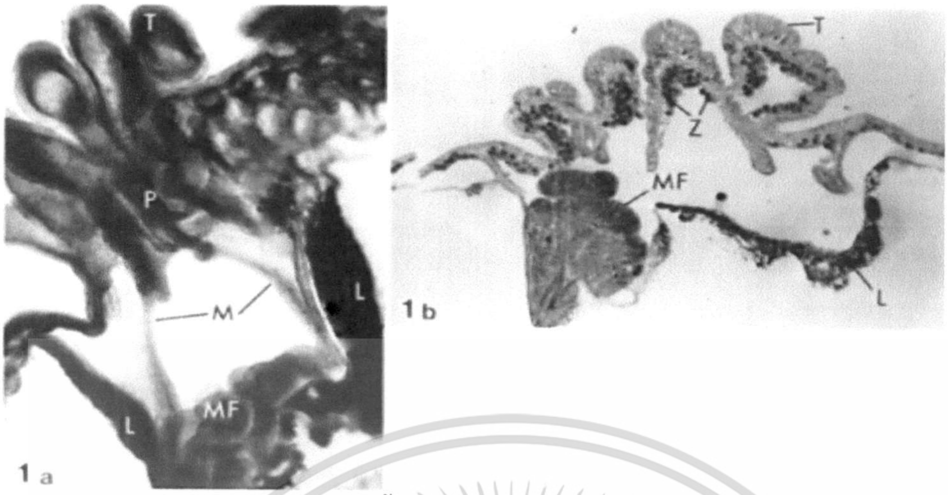
ชนิดปะการัง	ปริมาณลิปิดทั้งหมด (mg/cm^2)
Acropora muricata	4.1026±2.4701
Favites abdita	5.5966±2.6634
Platygyra daedalea	404202±2.9120
Pocillopora damicornis	3.9012±2.1277
Tuebinaria frondens	4.8187±2.9509

ที่มา: อารยา (2554)

2.7.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง

ลิปิดในเนื้อปะการังนั้นจะสะสมเป็นแนวตั้งอยู่ที่ฐานของปะการัง (ภาพที่ 2.28) นอกจากปะการังต่างชนิดกันจะมีปริมาณน้ำหนักแห้งของลิปิดในเนื้อเยื่อต่างกันแล้ว Oku *et al.* (2002) อธิบายไว้ว่าการสะสมลิปิดในปะการังกิ่ง *Montipora digitata* จะพบลิปิดชนิดต่างๆ แตกต่างกันไปในตำแหน่งของกิ่งปะการัง โดยพบว่ามี ไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerols: TG) และ แว็กซ์เอสเตอร์ (Wax ester: WE) สะสมอยู่มากที่บริเวณยอดของกิ่ง ขณะที่กรดไขมันอิสระ(Free fatty acid: FFA) จะสะสมอยู่มากที่ฐานของกิ่ง และสัดส่วนของลิปิดมีขั้ว และ สเตอรอลเอสเตอร์ (Sterol ester: SE) จะมีสะสมอยู่ที่ยอดของกิ่งซึ่งมีมากกว่าเล็กน้อยกว่าที่ฐานของกิ่ง การนำพลังงานที่สะสมนี้ไปใช้จะมีมากในเวลาที่มีการสืบพันธุ์ โดยหมุนเวียนพลังงานลิปิดประเภท WE และ TG ไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 ตำแหน่งในการสะสมลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง *Pocillopora damicornis*

ภาพ a; เป็นภาพตัดชิ้นเนื้อเยื่อสดตามยาว ที่ย้อมด้วย Red 0 and Methylene blue โดยพบว่าลิปิดดจะสะสมเป็นแนวตั้งที่ผนังของปะการัง มีสะสมอยู่บางเล็กน้อยหรือไม่พบบริเวณที่เนื้อเยื่อ Coenosarcs และพบไม่เลยที่บริเวณหนวดของปะการัง (สัญลักษณ์; P, Pharynx; T, Tentacles; MF, Mesenterial filaments; M, Mesentery; L, Lipid)

ภาพ b; เป็นภาพตัดชิ้นเนื้อเยื่อที่แช่พาราฟิน (Paraffin) ตามยาว ที่ย้อมด้วย Osmium tetroxide โดยพบว่าลิปิดจะสะสมอยู่ที่ฐานของตัวปะการัง (Basal disk) แนวตั้งของผนังเซลล์ พบซูแซนเทลลี่ที่หนวดของปะการัง (สัญลักษณ์; Z, zooxanthellae)

ที่มา : Stimson (1987)

จุลกายวิภาคเนื้อเยื่อของปะการังที่ผ่าตามแนวยาวนั้นพบว่าการสืบพันธุ์ของปะการังเกิดขึ้นที่ยอดของกิ่งเท่านั้น จึงสามารถนำมาอธิบายได้ว่าเมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ปะการังจะสะสมลิปิดมากที่ยอดของกิ่งปะการัง อาจจะเนื่องมาจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่บริเวณยอดของกิ่ง ซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่เกิดจากการหายใจระดับเซลล์ เนื่องจากการเพิ่มมากขึ้นของเซลล์ Daughter cell และเป็นที่น่าสังเกตว่าที่ยอดของกิ่งจะมีซูแซนเทลลี่มากกว่าที่ฐานของกิ่ง ซึ่งอาจสันนิฐานได้ว่าการที่ยอดกิ่งมีการอยู่อาศัยของซูแซนเทลลี่ และเป็นบริเวณที่รับแสงได้ดี จึงทำให้ปริมาณลิปิดสะสมน้อยที่ยอดกิ่งน้อยกว่าที่ฐาน เป็นผลมาจากการที่ยอดกิ่งมีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่ยังไม่สมบูรณ์ การที่มีซูแซนเทลลี่อาศัยอยู่ร่วมกับปะการังเป็นผลให้มีปริมาณการสะสมลิปิดสูงขึ้น ซึ่งการสังเคราะห์แสงในปะการังก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสะสมของลิปิด ดังนั้นถ้าระดับของ WE และ TG ลดลง อาจหมายความว่าซู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แซนเทลลี่มีการสังเคราะห์แสงอาจลดลง ซึ่งจากการวิจัยของ Oku *et al.* (2002) นี้ แสดงให้เห็นว่าไขมันสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของปะการังได้ (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.7 องค์ปะกอบของลิปิดในปะการัง *Montipora digitata*

องค์ประกอบของไขมัน	ตำแหน่งของกิ่งปะการัง		
	บริเวณยอดกิ่ง	บริเวณกลางกิ่ง	บริเวณฐานกิ่ง
Polar lipid	11.8 + 0.7	9.2 + 0.3	9.0 + 0.9
Sterol	12.6 + 0.6	9.9 + 0.4	9.2 + 0.5
Free fatty acid	10.3 + 0.6	9.4 + 1.0	6.9 + 0.8
Unknow 1	7.0 + 0.2	7.1 + 0.8	4.3 + 0.7
Triacylglycerol	15.0 + 0.7	18.7 + 0.5	24.5 + 0.8
Monoalkyldiacylglycerol	2.9 + 0.2	3.3 + 0.0	4.6 + 0.5
Unknow 2	19.9 + 0.7	15.2 + 0.8	11.5 + 0.8
Wax ester	13.9 + 1.1	19.8 + 1.2	22.3 + 0.9
Sterol ester	4.3 + 1.1	2.8 + 1.0	1.8 + 0.5
Others	2.4 + 0.8	4.6 + 1.3	5.9 + 1.7

ที่มา : ดัดแปลงจาก Oku *et al.* (2002)

2.8 ผลกระทบจากปรากฎการณ์ปะการังฟอกขาวต่อการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

2.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

Oliver (1988) ได้ทำการศึกษาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังตั้งแต่หมู่เกาะปาปัวนิวกินีจนถึงออสเตรเลีย พบความแตกต่างของพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังระหว่างแนวละติจูดต่างๆ และพบว่าปะการังในหมู่เกาะนิวกินีมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สองครั้งต่อปี โดยคาดว่าสาเหตุน่าจะมาจากการที่แนวปะการังในบริเวณเส้นศูนย์สูตรมีความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิน้ำทะเล ความแตกต่างของน้ำขึ้นน้ำลง น้อยกว่าในแนวปะการังบริเวณอื่น โดยสันนิษฐานว่าฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวางในแนวปะการังในอ่าวไทยอยู่ในช่วงฤดูร้อน คือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน โดยจากการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ในธรรมชาติ พบว่าปะการังเขากวางอย่างน้อย 11 ชนิดมีเซลล์สืบพันธุ์พร้อมที่จะปล่อยออกไปผสมพันธุ์ในช่วงฤดูผสมพันธุ์หลัก (มีนาคมถึงเมษายน) และยังพบอีกด้วยว่ามีปะการังเขากวางอีก 2 ชนิด ที่มีเซลล์สืบพันธุ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมจะปล่อยได้ในช่วงเดือนตุลาคม(ช่วงฤดูรอง) จากการศึกษาพบว่าการที่ปะการังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนตุลาคมหรือฤดูรองนั้นเป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นอีกครั้ง น่าจะเนื่องมาจากรังสีความร้อนกลับสูงขึ้นอีกครั้งหลังจากลดลงในช่วงเดือนพฤษภาคม ซึ่งอาจเกิดจากการปกคลุมของเมฆฝนและการที่อ่าวไทยอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์สองรอบต่อปี แสดงให้เห็นรังสีของดวงอาทิตย์ (Solar irradiance) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการสืบพันธุ์ของปะการังชนิดต่างๆด้วย จึงถือได้ว่าอุณหภูมิจัดเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมสำคัญที่มีผลต่อการสืบพันธุ์และฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง อย่างเช่นในแนวปะการังบริเวณละติจูดต่ำ อย่างอ่าวไทยหรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในช่วงปีมีค่าน้อยมาก (อ่าวไทย มีค่าประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส) ลักษณะที่มีความแตกต่างเฉลี่ยในช่วงปีไม่มากนี้เองทำให้การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังถูกสันนิษฐานว่าไม่มีฤดูกาล หรืออีกนัยหนึ่งคือ ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อาจจะยาวนานเกือบตลอดปี (อยู่ในช่วงกุมภาพันธ์ถึงตุลาคม) จากผลการศึกษาครั้งนี้ยืนยันว่าปะการังเขากวางปล่อยเซลล์สืบพันธุ์พร้อมกันเป็นฤดูแม้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยจะน้อยกว่าแนวปะการังในบริเวณอื่นของโลก (ศรีสกุล, 2549 ตารางที่ 2.8, ภาพที่ 2.29)

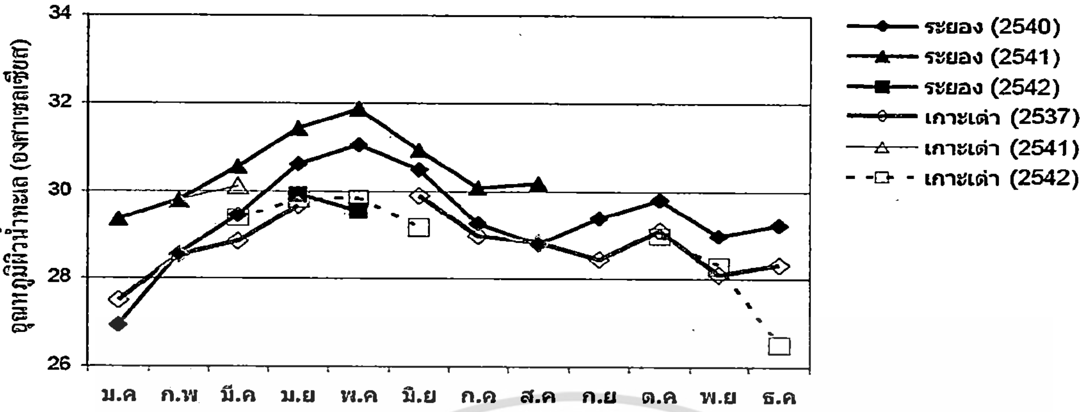
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ชนิดปะการังเขากวางที่สำรวจสถานะเซลล์สืบพันธุ์ในบริเวณแนวปะการังชายฝั่งตะวันออก และชายฝั่งภาคใต้ของอ่าวไทย

ชนิด	ฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์
Acropora digitifera	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora humilis	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora samoensis	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora millepora	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora subulata	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – ก.พ.
Acropora hyacinthus	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora cytherea	ชายฝั่งภาคใต้ – ต.ค.
Acropora nasuta	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora valida	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora divaricata	ชายฝั่งภาคใต้ – ต.ค.
Acropora samentosa	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora florida	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ. ชายฝั่งภาคใต้ – เม.ย.
Acropora secale	ชายฝั่งตะวันออก – ก.พ.
Acropora intermedia	ชายฝั่งตะวันออก – มี.ค.
Acropora muricata	ไม่พบเซลล์สืบพันธุ์

ที่มา : ศรีสกุล (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

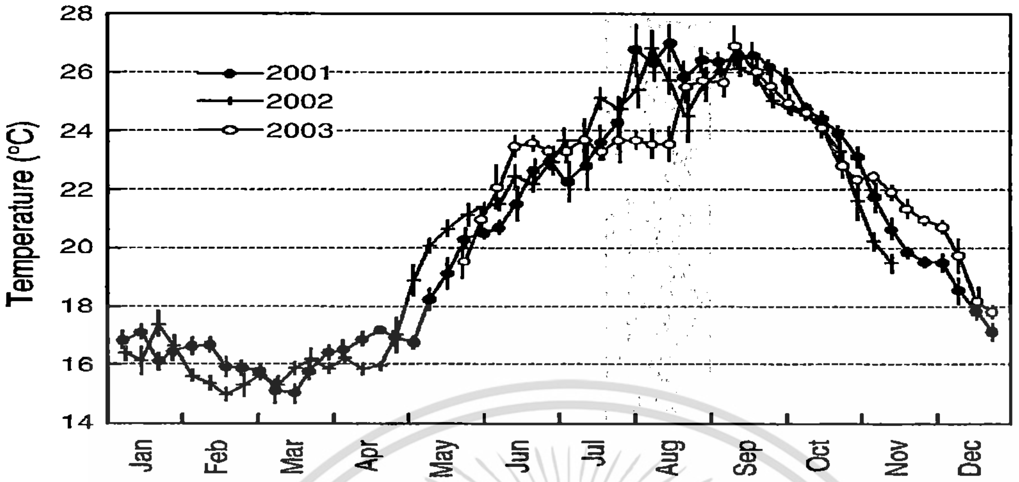


ภาพที่ 2.29 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย ที่ระดับความลึก 3 เมตร แถบจังหวัดระยองและเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ข้อมูลเฉลี่ยแต่ละเดือนจากทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ)

ที่มา : ศรีสกุล (2549)

Nozawa *et al.* (2006) ได้ทำการทดลองพบว่าภายในระยะเวลา 1 ปี การวางไข่ของปะการังทั้ง 7 ชนิด คือ *Acropora cf. hyacinthus, Cyphastrea serailia, Echinophyllia aspera, Favia favus, Hydnophora exesa, Montastrea valenciennesi, Platygyra contorta* จะเกิดขึ้นในช่วงกลางเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ในปี 2001-2003 เมื่ออุณหภูมิน้ำภายในแต่ละปีมีค่าสูงสุดโดย 6 จาก 7 ชนิด มีการปล่อยไข่พร้อมกันและต่อเนื่องกันปะการังจำนวน 4 ชนิด(*Acropora.cf.hyacinthus* , *Echinophyllia aspera, Montastrea velenciennesi* และ *Platygyra contorta*) มีการวางไข่พร้อมกันหลังจาก7-9 วันในปี 2002 และการวางไข่เกิดขึ้นพร้อมกันอีกครั้งในวันที่ 7 และ 8 ในปี 2003 หลังจากพระจันทร์เต็มดวง (ภาพที่ 2.29)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.30 อุณหภูมิระดับน้ำทะเลที่ความลึก 5 เมตร ที่ Amakusa ประเทศญี่ปุ่น ในปี 2002-2003 ในโซนสีเทาแสดงถึงฤดูกาลวางไข่ใน Amakusa ประเทศญี่ปุ่น

ที่มา : Nozawa *et al.* (2006)

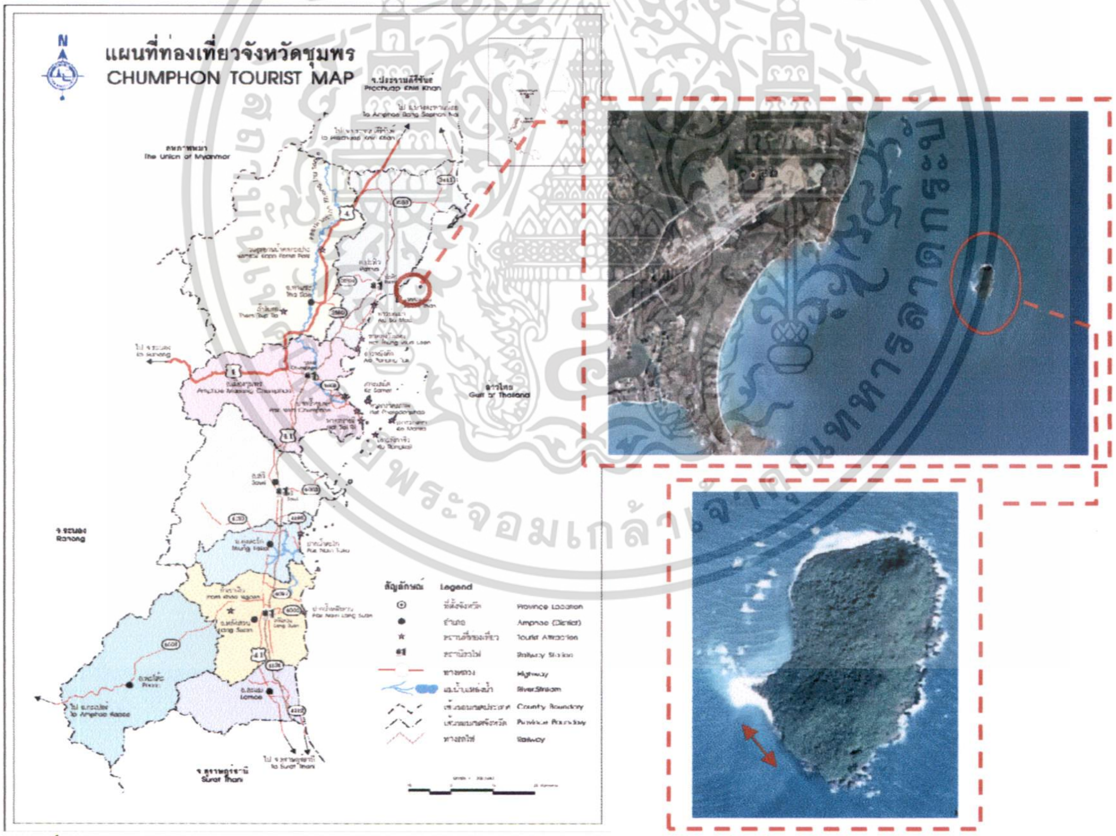
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วิธีการดำเนินการ

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษาคือ แนวปะการังบริเวณเกาะไข่ อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร เกาะไข่ อยู่ห่างจากฝั่งของ อำเภอประมาณ 3 กิโลเมตร ตั้งอยู่บริเวณละติจูด 10º42’00.03” N ลองติจูด 99º24’37.17” E ตัวเกาะมีลักษณะรีคล้ายไข่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา ทางด้านทิศตะวันออกเป็นแนวหินไม่สูงชันมากนัก ส่วนทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นค่อนข้างราบและมีหาดทรายเพียงด้านเดียว และด้านใต้มีลักษณะเป็นถ้ำซึ่งเป็นที่อยู่ของนกนางแอ่น น้ำทะเลค่อนข้างใส โดยทำการศึกษาบริเวณ reef edge ของแนวปะการัง ระดับความลึกของน้ำ ประมาณ 3-8 เมตร

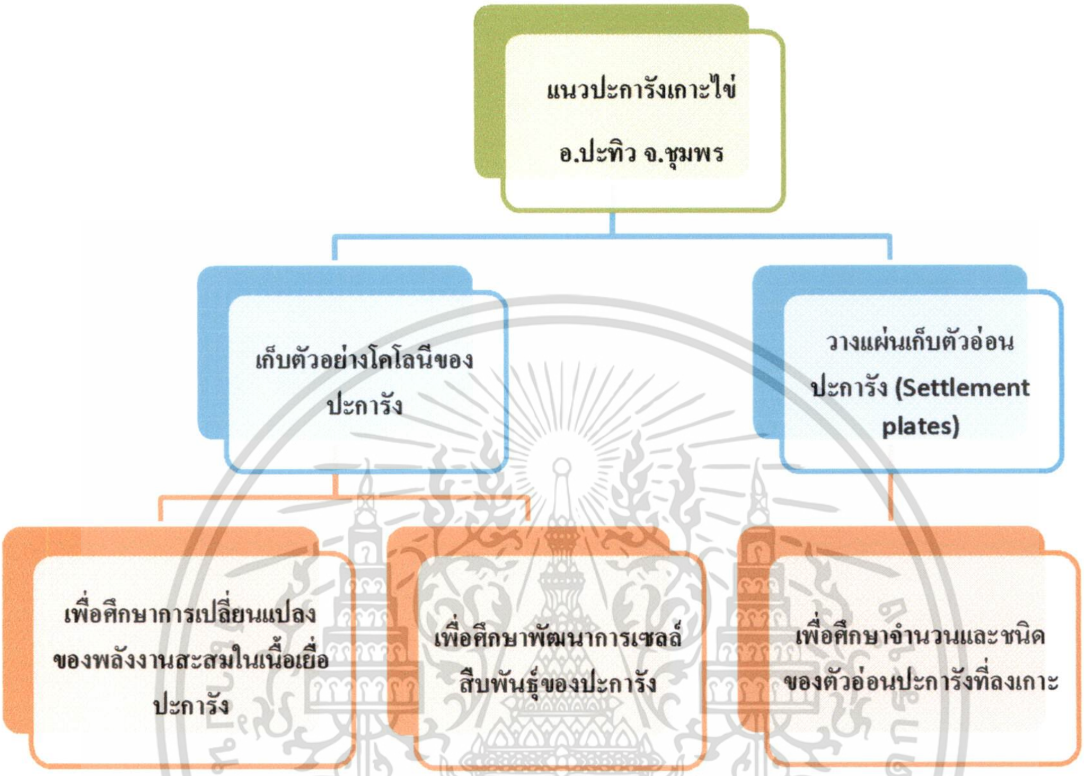


ภาพที่ 3.1 แสดงตำแหน่งและลักษณะของเกาะไข่ อ.ปะทิว จ.ชุมพร

ที่มา: http://maps.google.co.th/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา



3.1.3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1.3.1 อุปกรณ์

1.อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง

1.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับดำน้ำแบบ SCUBA

1.2 ค้อน

1.3 เหล็กสกัด

1.4 ถุงตาข่ายสำหรับเก็บตัวอย่าง

2.อุปกรณ์สำหรับดองตัวอย่าง

2.1 ขวดพลาสติกสำหรับดองตัวอย่าง

2.2 Formalin 10%

3. สารเคมีสำหรับขจัดหินปูนในปะการัง (Decalcified)

3.1 Hydrochloric acid (HCl) 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Formic acid (CH_2O_2) 10%

3.3 Buffer Formalin 5%

4.อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ไขมัน

4.1 กรวยกรอง

4.2 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

4.3 หลอดทดลอง 50 มิลลิลิตร

4.4 Foil pan

4.5 Plates

4.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง

4.7 เครื่องปั่นเนื้อเยื่อ

4.8 ตู้อบ

4.9 Micropipett

4.10 Methanol

4.11 Chloroform

4.12 KCl

4.13 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

5.อุปกรณ์สำหรับเตรียมสไลด์ศึกษา

5.1 Cassete Block

5.2 Parrafin

5.3 เครื่อง Tissue processer

5.4 เครื่อง Microtome

5.5 Water bath ลอยชิ้นเนื้อ

5.6 Slide warmer

5.7 Slide

5.8 อุปกรณ์สำหรับย้อมสีเนื้อเยื่อ (Hematoxylin, Eosin)

5.9 กล้องจุลทรรศน์

6.อุปกรณ์สำหรับศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

6.1 แผ่นกระเบื้องดินเผาไม่เคลือบมัน

6.2 ชุดยึดแผ่นกระเบื้องดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 สกรูสแตลเลส ขนาด 2 หุน ยาว 4 นิ้ว

6.4 ไขควง

6.5 พุ๊คพลาสติก

6.6 กล้อง Stereo Microscopic

6.7 คลอรีน 10% (ไฮเตอร์)

3.2 วิธีการศึกษา

3.2.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

3.2.1.1 การเลือกพื้นที่

การตรวจสอบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังก่อนและหลังการฟอกขาวได้ดำเนินการระหว่างเดือนธันวาคม 2552 ถึง กุมภาพันธ์ 2555 (เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในช่วงของการเก็บข้อมูล ครั้งที่2) โดยการวางแผ่นกระเบื้องดินเผา (Settlement plates) ขนาด 10.5x10.5 ตารางเซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น ทั้งหมด 10จุด ขนานกับชายฝั่งในบริเวณแนวโซนสัน (Reef Edge) ของแนวปะการังทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะซึ่งเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายของปะการังที่มีชีวิตสูงที่สุด ความลึกของน้ำประมาณ 5-8 เมตร

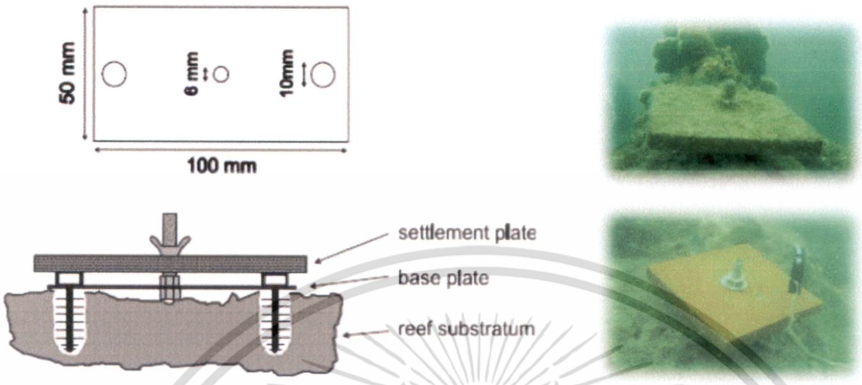
ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลาในการวางและเก็บ Settlement plates

ครั้งที่	วาง	เก็บ	ระยะเวลาที่วาง (เดือน)
1	ธ.ค. 52	ก.พ. 53	2
2	ก.พ. 53	เม.ย. 53	2
3	เม.ย.53	ก.ย.53	5
4	ก.ย.53	ธ.ค.53	3
5	ธ.ค.53	มี.ค.54	3
6	มี.ค.54	ก.ค.54	4
7	ก.ค.54	ก.พ.55	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การติดตั้งแผ่นกระเบื้องดินเผา

ทำการติดตั้งแผ่นกระเบื้องดินเผาโดยอ้างอิงวิธีการของ Mundy (2000)



ภาพที่ 3.2 รูปแบบการยึดติดและลักษณะการวาง Settlement plates เข้ากับแนวปะการัง
ที่มา: Mundy (2000)

ติดตั้งแผ่นกระเบื้องดินเผาเข้ากับแนวปะการังโดยการยึดแผ่นกระเบื้องดินเผาเข้ากับชุดยึดที่ทำด้วยแผ่นสแตลเลส จากนั้นนำไปยึดติดเข้ากับแนวปะการัง โดยเจาะรูบริเวณพื้นผิวที่ต้องการ และใช้สกรูสแตลเลสเป็นตัวยึดติด

3.2.3.3 การเก็บตัวอย่างแผ่นกระเบื้องดินเผา

ทำการเก็บตัวอย่างแผ่นกระเบื้องดินเผาในช่วงเวลาที่กำหนด และเปลี่ยนเอาแผ่นกระเบื้องดินเผาชุดใหม่ลงไปแทนที่ชุดเดิม

3.2.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำแผ่นกระเบื้องดินเผาที่เก็บมาแช่ด้วยไฮเตอร์เจือจางกับน้ำด้วยอัตราส่วน คือ 1:1 แช่ไว้ 12ชั่วโมง เพื่อชะล้างสารอินทรีย์และเนื้อเยื่อปะการังให้หลุดออกไป เหลือไว้เพียงโครงสร้างที่เป็นแคลเซี่ยม จากนั้นนำไปตากให้แห้ง

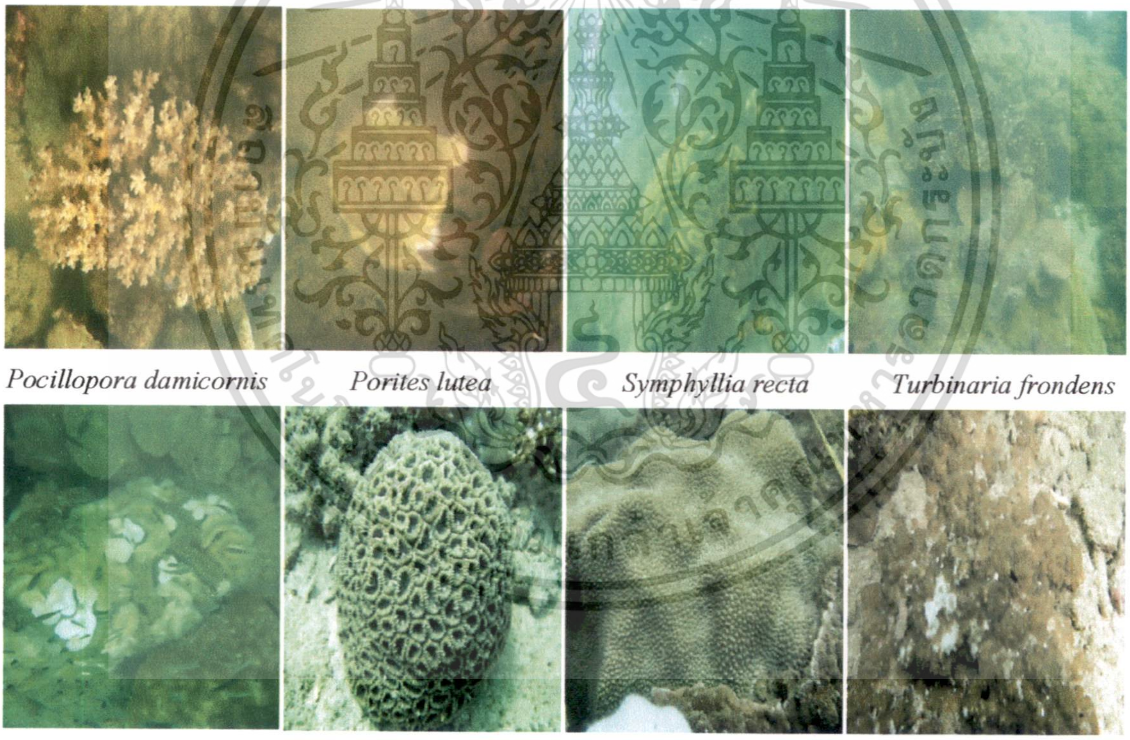
3.2.3.5 การบันทึกข้อมูล

นำแผ่นกระเบื้องดินเผามาส่องดูโคโลนีของตัวอ่อนปะการังด้วยกล้อง Stereo compound นับจำนวนและชนิดของตัวอ่อนปะการังที่พบ โดยอ้างอิงตามผลการศึกษา และเอกสารของ Veron. (2000), (English, *et al.* 1997) และ Babcock, *et al.* (2003) วิเคราะห์ข้อมูลการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ One - Way ANOVA และ Turkey HSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาปริมาณไขมันสะสมในเนื้อเยื่อ

ทำการเก็บตัวอย่างปะการังโดยใช้วิธีการดำน้ำแบบ SCUBA ลงไปยังพื้นที่ทำการศึกษา เลือกโคโลนีของปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวแต่ยังมีชีวิตอยู่ ติดเครื่องหมาย (Tag) ลงบนโคโลนีที่ทำการเลือกสำหรับการติดตามการฟื้นตัวของปะการังแต่ละชนิดในระดับโคโลนี และสำหรับการเก็บซ้ำโคโลนีเดิมในการศึกษาครั้งต่อๆ ไป โดยตัวอย่างปะการังที่เก็บจะทำการเก็บโคโลนีละ 3 ซ้ำ มีด้วยกัน 8 สกุล คือ *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Hydnophora microconos*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutae* และ *Favia favus* ทำการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง คือเดือนธันวาคม 2553 เมษายน 2554 กรกฎาคม 2554 และกันยายน 2554 ตัวอย่างปะการังที่ถูกเก็บแล้วจะใส่ลงในถุงตาข่ายและย้ายขึ้นมาบนเรือ จากนั้นจึงทำการ Fixation ด้วย 10% Buffer formalin และนำตัวอย่างกลับมาวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ



Pocillopora damicornis *Porites lutea* *Symphyllia recta* *Turbinaria frondens*

Lobophyllia flabellifosmis *Favia favus* *Hydnophora microconos* *Montipora efflorescens*

ภาพที่ 3.3 ปะการังทั้ง 8 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาปริมาณไขมันสะสมในเนื้อเยื่อและพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 การขจัดหินปูน

การขจัดหินปูนทำโดยการใช้ Hydrochloric acid (HCl) 10% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร Formic acid 10% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และ 10% Buffer formalin ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน จะได้ Decalcified solution ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร (1 ลิตร) นำสารละลายที่ได้มาทำการใส่ในขวดดองตัวอย่างเพื่อทำการ Decalcified โดยมีขั้นตอนดังนี้

1: นำ Buffer Formalin 10% ที่ดองตัวอย่างอยู่เดิม เทออกประมาณหนึ่งส่วนสาม เติมสารละลาย Decalcified solution ที่เตรียมไว้ใส่ลงไปให้เท่ากับปริมาตรเดิมที่มีอยู่ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จะสังเกตพบว่าภายในขวดดองตัวอย่างมีฟองอากาศเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Decalcified solution กับหินปูนที่อยู่ภายในปะการัง

2: นำขวดตัวอย่างเดิมที่ได้รับการขจัดหินปูนออกครั้งหนึ่งแล้ว มาเทสารละลายเดิมออกประมาณหนึ่งส่วนสาม เติมสารละลาย Decalcified solution ที่เตรียมไว้ใส่ลงไปให้เท่ากับปริมาตรเดิมที่มีอยู่ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมงเช่นเดิม และทำเช่นนี้ต่อไป จนกระทั่งสามารถขจัดหินปูนที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อปะการังออกจนหมด ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ สังเกตได้ว่าเนื้อเยื่อปะการังจะมีการลอยตัวขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้าของสารละลาย

3.2.2.2 การสกัดไขมันออกจากเนื้อเยื่อปะการัง

1. นำชิ้นเนื้อเยื่อปะการังที่ทำการ Decalcified เรียบร้อยแล้วมาตัดแบ่งเป็นชิ้นและนำกระดาษทิชชูซับเอาน้ำในเนื้อเยื่อปะการังออกให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สกัดไขมันโดยประยุกต์มาจากวิธีการของ Folch *et al.*, 1957

2. ปะการังที่ได้รับการชั่งน้ำหนักและจดบันทึกแล้ว จะถูกนำมาใส่ในหลอด Centrifuge แล้วเติม Chloroform: Methanol อัตราส่วน 2: 1 ในปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นจึงผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว

3. นำไปปั่นเหวี่ยง ที่อัตราเร็ว 3500 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หลังจากทำการปั่นเหวี่ยงเสร็จเรียบร้อยจะเกิดการแยกชั้น โดยเนื้อเยื่อปะการังจะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง พักตัวอย่างไว้ 1 ชั่วโมงเพื่อให้ตัวทำละลาย Chloroform: Methanol ดึงไขมันออกจากเนื้อเยื่อปะการัง

4. นำตัวอย่างที่พักไว้กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วล้างกระดาษกรองด้วยตัวทำละลาย Chloroform: Methanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เติม KCl 5 มิลลิลิตรลงไปในสารละลายตัวอย่างจะเกิดการแยกชั้น ดูดสารละลายด้านบนออกและล้างด้วย Methanol: Water ที่อัตราส่วน 1: 1 ในปริมาตร 5 มิลลิลิตร ล้าง 3 ครั้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง

6. อบ Foil pan ให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ย้าย Foil pan ที่อบเรียบร้อยแล้วมายังโถดูดความชื้น (desiccator) พักไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จากนั้นจึงนำ Foil pan มาชั่งน้ำหนัก

7. ละลายไขมันที่แห้งติดหลอดทดลองด้วย Chloroform ปริมาตร 5 มิลลิลิตร

8. กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วล้างกระดาษกรองด้วยตัวทำละลาย Chloroform ปริมาตร 4 มิลลิลิตร

9. เทไขมันใส่ใน Foil pan ที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 12 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้ง

10. ย้าย Foil pan ที่อบเรียบร้อยแล้วมายังโถดูดความชื้น (Desiccator) พักไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จากนั้นจึงนำ Foil pan มาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง น้ำหนัก Foil pan ที่เพิ่มขึ้นคือน้ำหนักของไขมัน

11. นำข้อมูลปริมาณไขมันที่ได้มาเปรียบเทียบหาปริมาณการสะสมของไขมันในปะการังแต่ละชนิด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ One - Way ANOVA

3.2.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

ทำการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 8 ชนิดและผ่านการ Decalcified แล้วเช่นเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ

3.2.3.1 กระบวนการขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (Tissue dehydration)

เป็นขบวนการทำให้ชิ้นเนื้อแห้งน้ำ โดยใช้ขบวนการดึงน้ำออกจากเซลล์ โดยการใช้ Dehydrant เช่น Alcohol ทั้งนี้เริ่มจาก ความเข้มข้นต่ำไปหาสูง เช่น ใช้ 70% 80% 95% และ 100% Alcohol ตามลำดับในขั้นตอนนี้จะนำไปเข้าเครื่องมือ Tissue processer โดยทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนดังนี้

70% alcohol	1 hour
80% alcohol	1 hour
95% alcohol	1 hour
(I) 100% alcohol	1 hour
(II) 100% alcohol	1 hour
(III) 100% alcohol	1 hour
xylene I	1 hour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xylene II	1 hour
parafin I	1 hour
paraffin II	1 hour

3.2.3.2 การฝังเนื้อเยื่อในพาราฟีน (Tissue embedding)

เป็นการฝังเนื้อเยื่อลงไปใน Paraffin หลอมเหลว ทำได้โดยการนำเนื้อเยื่อที่ได้รับการ Dehydration แล้วนำมาใส่โมล นำพาราฟีนหลอมเหลวเททับลงไปบนตัวอย่างรอให้เย็นจากนั้นนำตัวอย่างที่ทำการหลอมพาราฟีนเรียบร้อยแล้วมาแกะออกจากโมล เนื้อเยื่อที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของ Paraffin block จากนั้นนำตัวอย่างเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อทำให้ตัวอย่างแข็งตัว ง่ายต่อการตัดตัวอย่าง

3.2.3.3 การตัดเนื้อเยื่อ (Tissue sectioning)

เป็นการตัดชิ้นเนื้อที่ฝังอยู่ใน Paraffin block ตัวอย่างที่ตัดมาจะมีความหนาประมาณ 5 ไมครอน ด้วยเครื่อง Microtome และ ชิ้นเนื้อที่ได้จะมีลักษณะที่เป็น Ribbon จากนั้นนำเนื้อเยื่อที่ตัดได้มาลอยใน Water bath อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เนื้อเยื่อมีลักษณะตึง จากนั้นช้อนเนื้อเยื่อที่ลอยอยู่ใน Water bath ด้วย Slide และนำมาตั้งทิ้งไว้บน Slide warmer ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อรอการย้อมสี

3.2.3.4 การย้อมสี (Staining)

เป็นการย้อมโดยใช้สีย้อมทั้งหมด 2 ชนิดคือ Hematoxylin และ Eosin เพื่อให้สามารถแยกส่วนประกอบในเนื้อเยื่ออย่างชัดเจน โดยมีขั้นตอนต่างๆดังนี้

xylene I	3-5 min
xylene II	3-5 min
absolute alcohol I	2 min
absolute alcohol II	2 min
95% alcohol	1-2 min
70% alcohol	1-2 min
slowly dripping tap water	3-5 min
Hematoxylin Stain	1-5 min
slowly dripping tap water	3-5 min
scott's solution	1-2 min
Eosin Stain	2 min
70% alcohol	1-2 min
95% alcohol	1-2 min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute alcohol I	1-2 min
absolute alcohol II	1-2 min
absolute alcohol III	1-2 min
xylene I	2-3 min
xylene II	2-3 min
xylene III	2-3 min
per mount	

3.2.3.5 หลังจากนั้นนำสไลด์ถาวรที่ได้นำมาศึกษาความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3.2.3.6 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลโดยการถ่ายรูปเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังทั้งเพศผู้และเพศเมียจากนั้นนำเซลล์สืบพันธุ์ของเพศผู้ และเพศเมียที่ถ่ายเก็บไว้มาทำการวัดขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบขนาดและลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ที่ศึกษาเข้ากับรูปภาพหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ว่าเซลล์สืบพันธุ์นั้นอยู่ในระยะใด

3.2.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดยการนำตัวอย่างเนื้อเยื่อของปะการังทั้ง 8 ชนิด มาทำการวัดขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ (อ้างอิงตามเอกสารของ Glynn *et al.* 1991และ Bernardo *et al.* 2006) และตรวจสอบการเริ่มมีพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์หลังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

3.3 ระเวลาดำเนินการ

2 ปี 2 เดือน (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555)

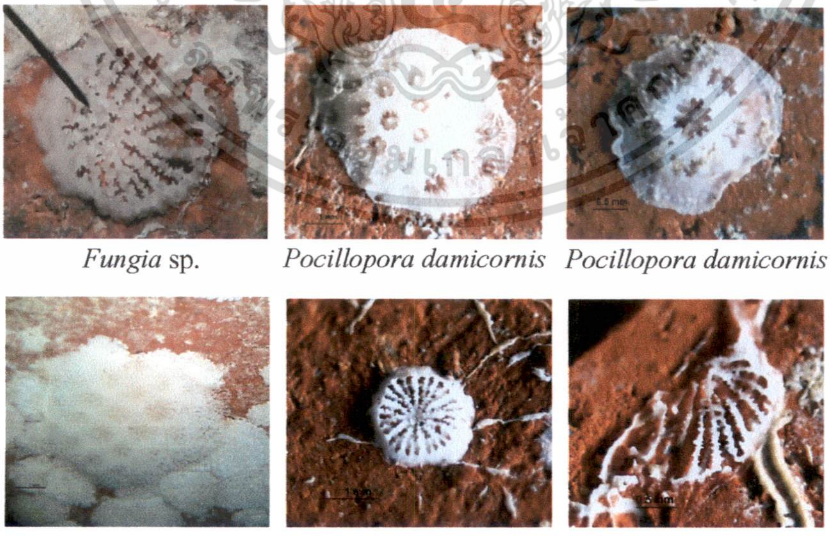
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ก่อนเกิดปะการังฟอกขาวในปี 2553 แนวปะการังเกาะไข่มีโครงสร้างชุมชนและการแพร่กระจายของปะการังแข็งทั้งหมด 11 ครอบครัว 25 สกุล 55 ชนิด โดยรูปทรงของการดำรงชีวิตส่วนใหญ่จะเป็นแบบก้อน (Massive) ร้อยละ 34 แบบเคลือบ (Encrusting) ร้อยละ 26 แบบกิ่งก้าน (Branching) ร้อยละ 19 แบบกึ่งก้อน (Submassive) ร้อยละ 12 และแบบแผ่นใบ (Foliose) ร้อยละ 9 ตามลำดับ เมื่อทำการสุ่มศึกษาปะการังในบริเวณแนวโซนสันปะการัง (Reef Edge) พบการปกคลุมของปะการังที่มีชีวิตเฉลี่ยทั้งหมด ร้อยละ 56 และปะการังตาย ร้อยละ 9 เทียบสัดส่วนของปะการังที่มีชีวิตต่อปะการังตาย ได้เท่ากับ 6: 1 สามารถบอกได้ว่าสภาพแนวปะการังบริเวณเกาะไข่มีระดับความสมบูรณ์ดีมาก แต่หลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวปะการังบริเวณเกาะไข่มีการตายลงประมาณร้อยละ 70 ของการปกคลุมปะการังที่มีชีวิตเดิม (สุริยา 2551)

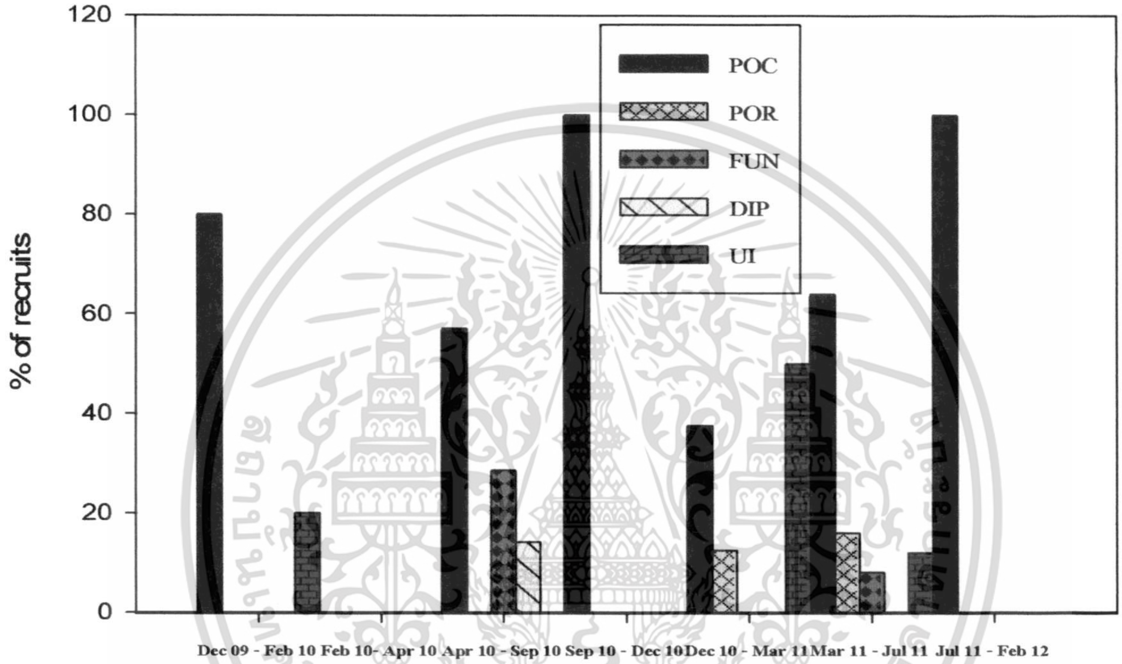
จากผลการศึกษาพบตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ปะการังในกลุ่ม *Pocillopora damicornis* (ปะการังดอกกะหล่ำ), *Fungia* sp. (ปะการังเห็ด), *Porites* sp. (ปะการังโขด), *Diploastrea heliopora* (ปะการังดาวใหญ่) และปะการังที่ยังไม่สามารถจำแนกชนิดได้ (Unidentified) (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะและชนิดของตัวอ่อนปะการังที่พบการลงเกาะบน Settlement plates

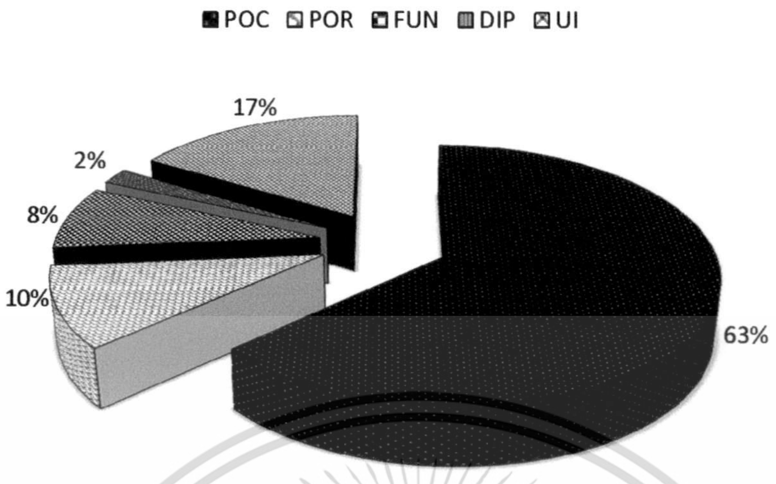
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปะการังชนิดเด่นที่พบการลงเกาะมากที่สุด และสามารถพบได้ตลอดการศึกษาได้แก่ปะการังชนิด *Pocillopora damicornis* ร้อยละ 63.2 รองลงมาคือปะการังที่ยังไม่สามารถจำแนกชนิดได้ (Unidentified) ร้อยละ 16.3, *Porites* sp. ร้อยละ10.2, *Fungia* sp. ร้อยละ 8.1 และ *Diploastrea heliopora* ร้อยละ 2 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2, 4.3)



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ของปะการังแต่ละชนิดที่ลงเกาะบน Settlement plates ในแต่ละช่วงของการเก็บข้อมูล ***(POC*** คือ Pocilloporids, ***POR*** คือ Poritids, ***FUN*** คือ *Fungia* sp., ***DIP*** คือ *Dipoastrea heliopora*, ***UI*** คือ Unidentifiablespat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของชนิดปะการังทั้งหมดที่พบการลงเกาะบน Settlement plates

โดยสัดส่วนของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะในบริเวณต่างๆ ของ Settlement plates (บริเวณด้านบน ด้านล่าง ด้านข้าง และด้านใน) พบมากที่สุดที่บริเวณด้านล่าง และด้านข้างซึ่งมีค่าการลงเกาะเท่ากับ ร้อยละ 72 และร้อยละ 22 ของจำนวนตัวอ่อนปะการังที่พบทั้งหมด ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

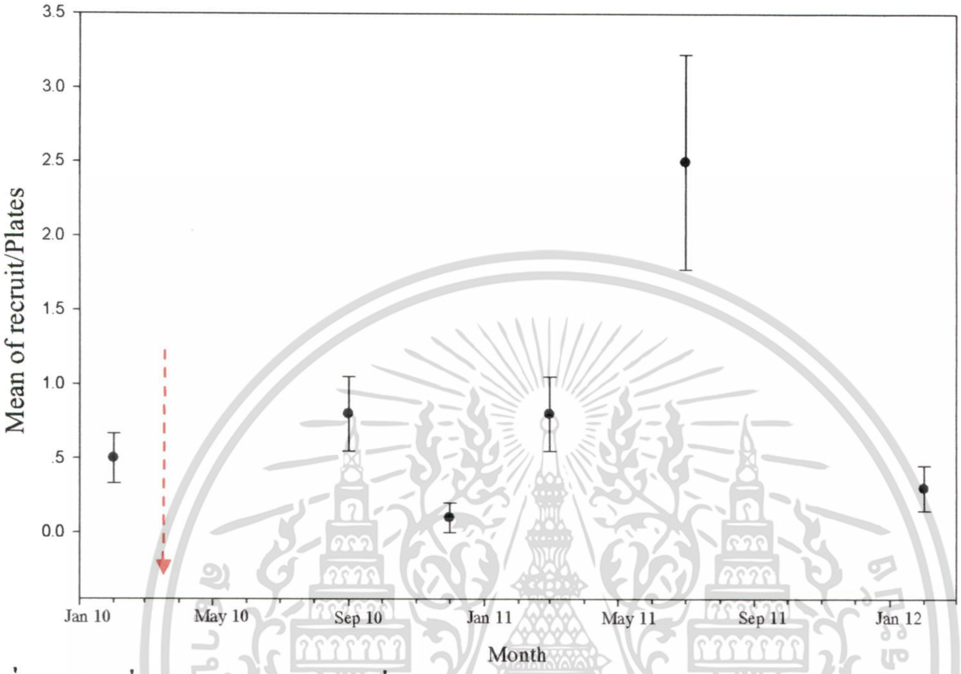
ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plate ในส่วนต่างๆ

Plate Surface	Plates		
	Available space (m²)	No. of recruits	% of Recruits
Upper surface	0.573	3	6
Plate sides	0.294	11	22
Lower surface	0.573	35	72
Interior surface	0.197	0	0
Total No. of recruits	-	49	100

ช่วงเวลาที่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2554 ถึง เดือนกรกฎาคม 2554 (ประมาณ1 ปีหลังเกิดการฟอกขาว) มีค่าเฉลี่ยการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โคโลนีต่อแผ่น สูงที่สุดตลอดช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งค่าจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงดังกล่าว (p<0.05) (ภาพที่ 4.4, ตารางที่ 4.2)



ภาพที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates ในช่วงเวลาต่างๆ (ลูกศรสีแดงแสดงช่วงเวลาที่เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

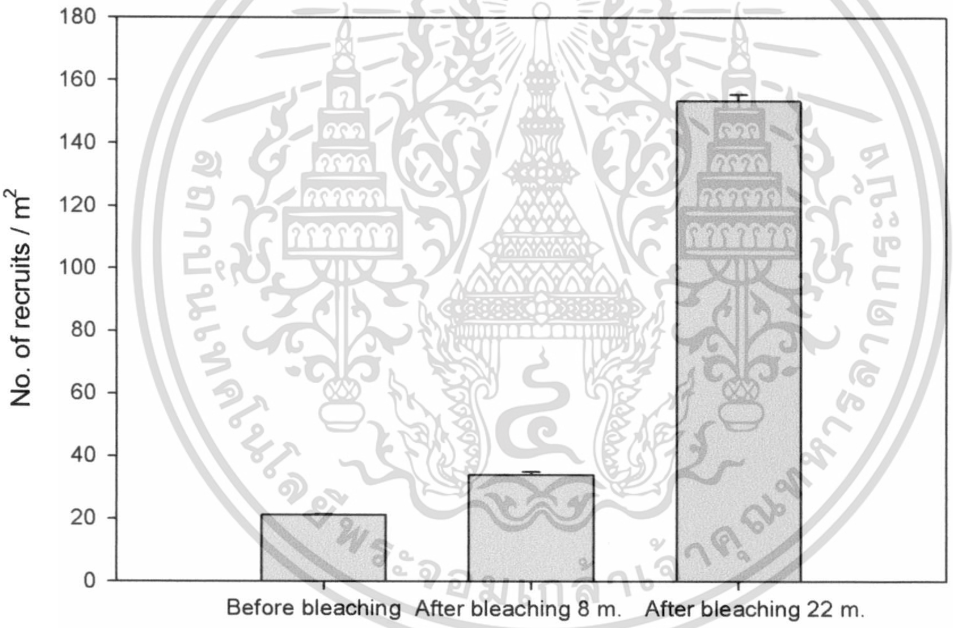
ตารางที่ 4.2 จำนวนโคโลนีที่พบบน Settlement plate (No. of recruits/m²) ในแต่ละครั้งของการเก็บข้อมูล

Month of collected	N	No. of Recruits/m²
Dec 09 – Feb 10	10	21.30[a]
Feb 10 – Apr 10	10	0
Apr 10 – Sep 10	10	29.82[a]
Sep 10 – Dec 10	10	4.26
Dec 10 – Mar 11	10	34.08[a]
Mar 11 – Jul 11	10	106.5[b]
Jul 11 – Feb 12	10	12.78

ตัวอักษร [a,b] ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงก่อนเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 21.30 โคโลนี ต่อตารางเมตร ปะการังชนิดเด่นได้แก่ ปะการังในกลุ่ม *Pocillopora damicornis* ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวไม่พบตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะ หลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวประมาณ 1 ถึง 2 เดือน พบว่าเริ่มมีการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังอีกครั้ง ซึ่ง 8 เดือนหลังการฟอกขาวตัวอ่อนของปะการังที่ลงเกาะมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเท่ากับ 34.08 โคโลนีต่อตารางเมตร ปะการังชนิดเด่นที่พบได้แก่ ปะการังชนิด *Pocillopora damicornis* และ *Fungia* sp. และหลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว 22 เดือน พบตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสูงถึง 153.36 โคโลนีต่อตารางเมตร ปะการังชนิดเด่นที่พบได้แก่ ปะการังชนิด *Pocillopora damicornis*, ปะการังที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้ (Unidentified) และ *Porites* sp. (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 จำนวนของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบน Settlement plates (ตัวต่อตารางเมตร) ในช่วงก่อนการฟอกขาว หลังการฟอกขาว 8 เดือน และหลังการฟอกขาว 22 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาปริมาณไขมันสะสมในเนื้อเยื่อ

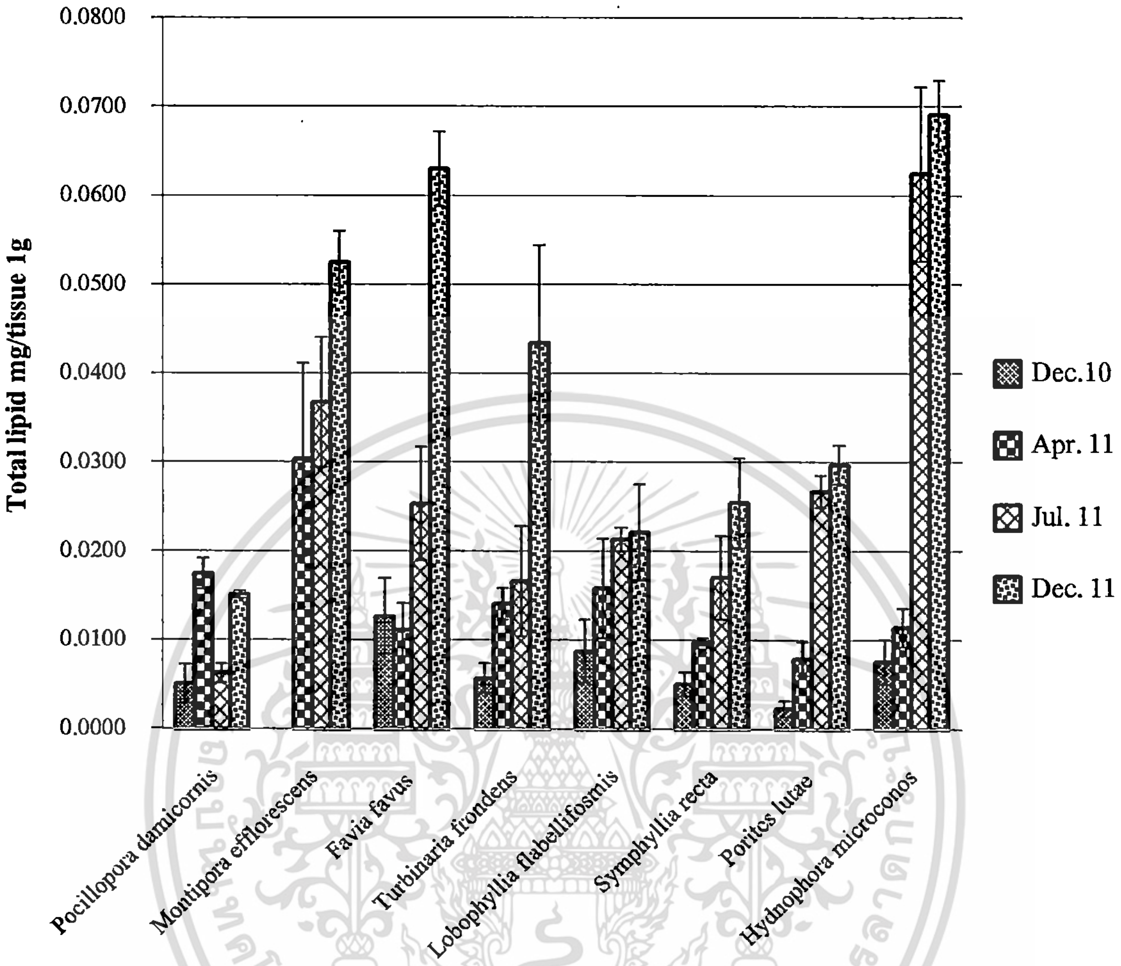
จากการเก็บตัวอย่างปะการัง 8 ชนิด คือ *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Favia favus*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutea* และ *Hydnophora microconos* ในเดือนธันวาคม 2553 เมษายน กรกฎาคม และกันยายน 2554 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณลิปิดทั้งหมดที่สะสมในปะการังชนิด *F. favus*, *T. frondens*, *S. recta*, *P. lutea* และ *H. microconos* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลา ($p<0.05$) ในขณะที่ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อของ *P.damicornis* มีความแปรปรวนและไม่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา ส่วนในปะการังชนิด *M. efflorescens* และ *L. flabellifosmis* ปริมาณลิปิดที่สะสมในเนื้อเยื่อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ตามช่วงเวลาหลังการเกิดการฟอกขาว (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.6)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเวลาที่ต่างกัน

Species	Total lipid (mg/tissue 1g)			
	December 2010	April 2011	July 2011	September 2011
Pocillopora damicornis	0.0051± 0.0022[b]	0.0175± 0.0017[a]	0.0063± 0.0011[b]	0.0152± 0.0004[a]
Montipora efflorescens	0.0000±0.0000[b]	0.0304± 0.0108[a]	0.0368± 0.0073[a]	0.0526± 0.0035[a]
Favia favus	0.0127± 0.0043[b]	0.0112± 0.0030[b]	0.0254± 0.0064[b]	0.0631± 0.0042[a]
Turbinaria frondens	0.0058± 0.0017[b]	0.0142± 0.0018[b]	0.0167± 0.0062[b]	0.0435± 0.0110[a]
Lobophyllia flabellifosmis	0.0088± 0.0036[a]	0.0159± 0.0056[a]	0.0214± 0.0013[a]	0.0222± 0.0054[a]
Symphyllia recta	0.0051± 0.0013[b]	0.0099± 0.0004[b]	0.0171± 0.0047[ab]	0.0255± 0.0051[a]
Porites lutea	0.0023± 0.0009[b]	0.0079± 0.0019[b]	0.0268± 0.0018[a]	0.0298± 0.0022[a]
Hydnophora microconos	0.0076± 0.0025[b]	0.0114± 0.0022[b]	0.0625± 0.0098[a]	0.0686± 0.0039[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

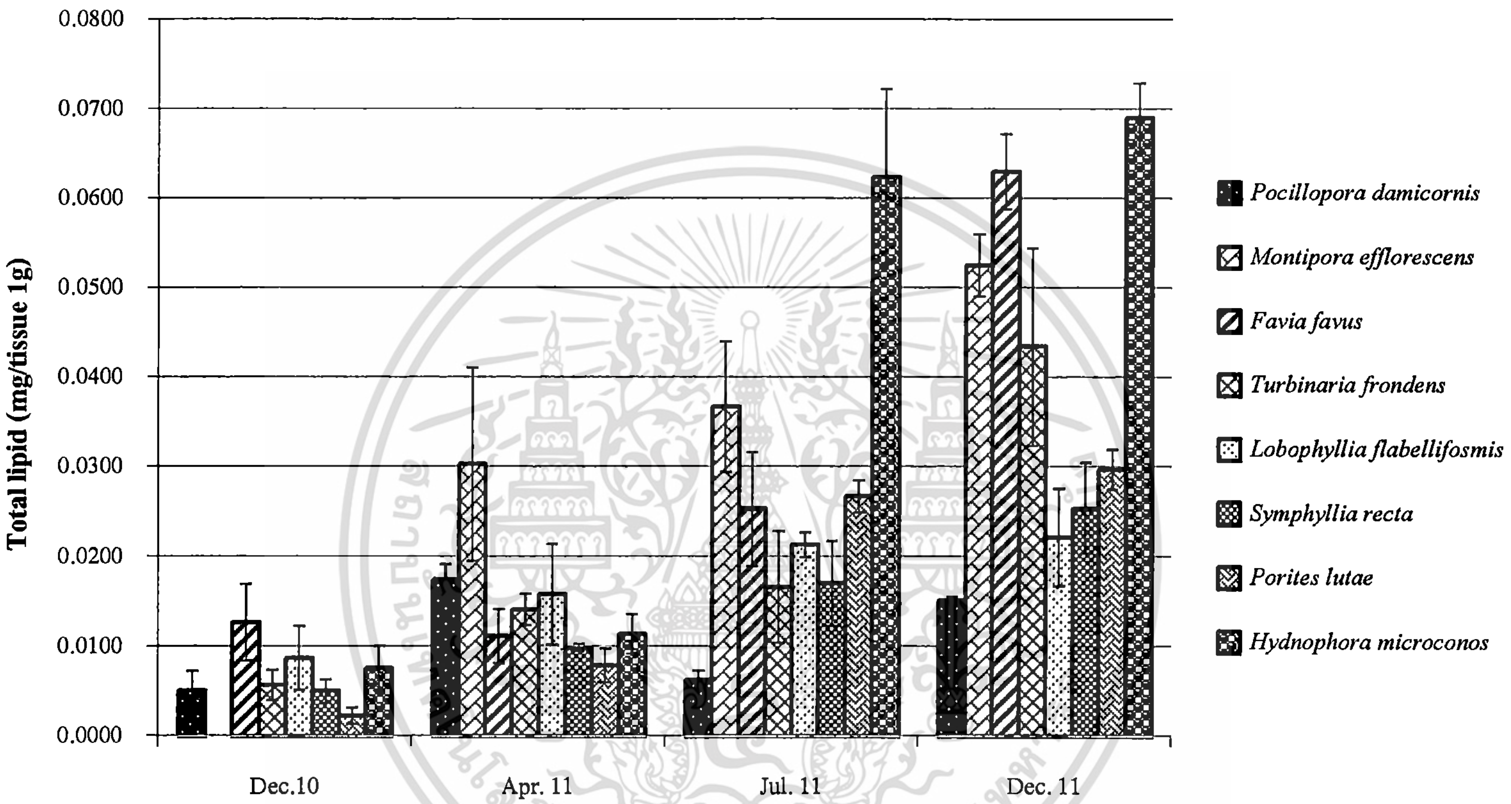
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



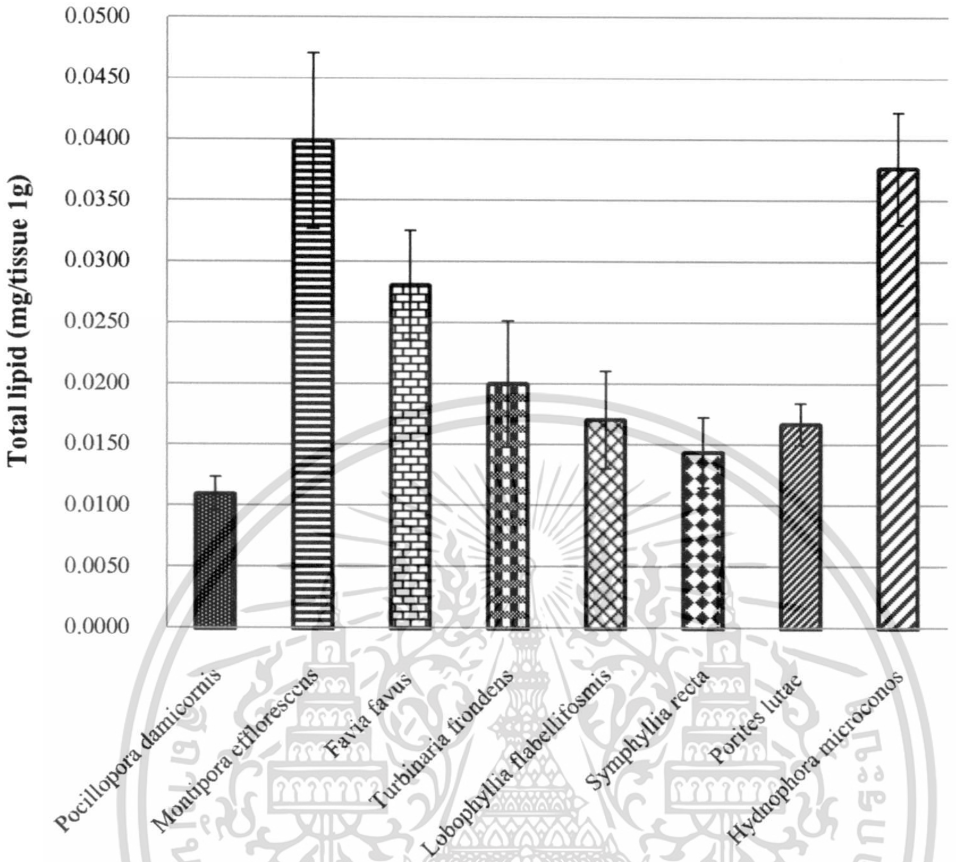
ภาพที่ 4.6 ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังทั้ง 8 ชนิด ในช่วงเวลาที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการสะสมลิปิดในปะการังแต่ละชนิดในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าชนิดปะการังที่มีแนวโน้มการสะสมลิปิดได้มากที่สุดคือ ปะการัง *M. efflorescens* รองลงมาคือ *H. microconos* และ *F. favus* ซึ่งเป็นปะการังที่มีรูปทรงแบบเคลือบ และแบบกึ่งก้อน นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ของรูปทรงกับความสามารถในการสะสมลิปิด โดยปะการังที่มีความสามารถในการเก็บสะสมลิปิดได้ดีนั้นจะเป็นปะการังในกลุ่มที่มีรูปทรงแบบเคลือบ แบบก้อน และแบบกึ่งก้อน มากกว่าแบบกิ่ง (ภาพที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ปริมาณลิปิดทั้งหมดของปะการังแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา



ภาพที่ 4.8 ปริมาณการสะสมลิปิดของปะการังแต่ละชนิด

ตลอดระยะเวลาการศึกษา 10 เดือนนั้นพบว่าปะการังที่มีค่าเฉลี่ยการสะสมลิปิดสูงที่สุด ได้แก่ ปะการัง *M. efflorescens* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0399±0.0051 (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อเยื่อเปียกของเนื้อเยื่อ 1 กรัม) รองลงมาคือปะการัง *H. microconos* และปะการัง *F. favus* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0376±0.0088 และ 0.0281±0.0066 (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อเยื่อเปียกของเนื้อเยื่อ 1 กรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

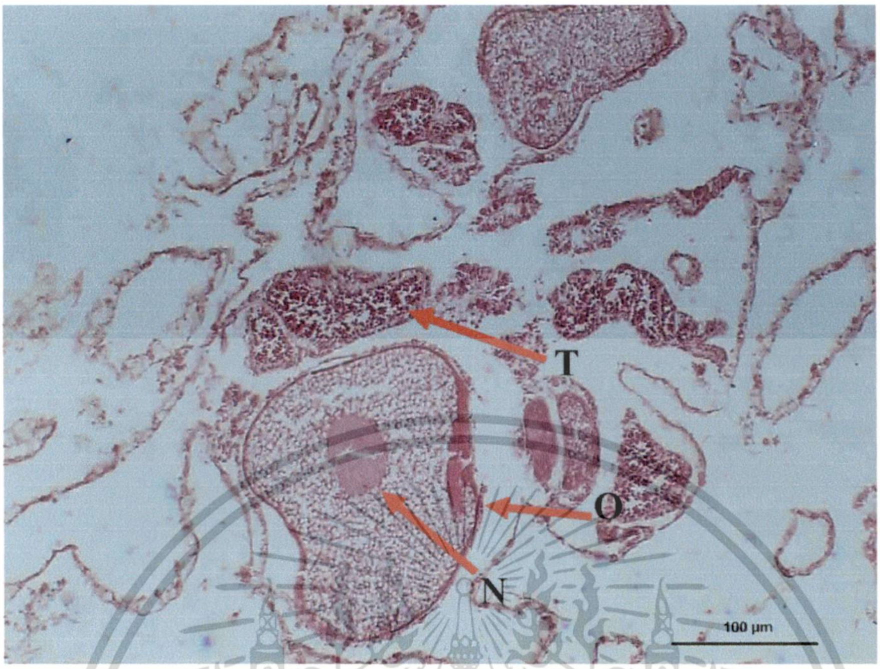
การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในปะการังทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ปะการัง *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Favia favus*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutea* และ *Hydnophora microconos* พบว่าตัวอย่างปะการังทั้ง 8 ชนิดที่เก็บในช่วงเดือนธันวาคม 2553 (ประมาณ 7 เดือนหลังการฟอกขาว) ไม่มีพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ โดยจะเริ่มพบพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในปะการัง *M. efflorescens*, *F. favus*, *T. frondens* และ *P. lutea* ในช่วงของการเก็บตัวอย่างครั้งที่สอง (เดือนเมษายน 2554) หรือประมาณหนึ่งปีหลังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ซึ่งปะการังที่ทำการศึกษาทั้ง 8 ชนิดนั้นเป็นปะการังที่มีรูปแบบการสืบพันธุ์แบบเพศรวม (Hermaphodite) ทั้งหมด 6 ชนิด มีเพียงสองชนิดเท่านั้นที่เป็นเพศแยก (Gonochoric) ได้แก่ปะการัง *T. frondens* และ *P. lutea* โดยตลอดระยะเวลาการศึกษามีปะการังเพียง 4 ชนิดเท่านั้นที่มีพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ ได้แก่ปะการัง *M. efflorescens*, *F. favus*, *T. frondens* และ *P. lutea* และสามารถทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์ของ Oocyte ได้ในปะการัง 3 ชนิด คือ *M. efflorescens*, *F. favus*, *T frondens* มีขนาดตั้งแต่ 137.83 ± 11.04 ถึง 178.44 ± 9.43 (ระยะที่ 3), 18.96 ± 1.87 ถึง 73.18 ± 5.72 (ระยะที่ 2) และ 73.81 ± 7.13 ถึง 207.16 ± 28.61 (ระยะ 4) ไมครอน ตามลำดับ ในขณะที่ทำการวัดขนาดของ Testis ได้ในปะการัง 2 ชนิด คือ *M. efflorescens* และ *P. lutea* มีขนาดตั้งแต่ 75.03 ± 7.04 ถึง 114.01 ± 12.81 (ระยะที่ 3) และ 89.79 ± 9.39 ถึง 152.02 ± 20.59 (ระยะที่ 3) ไมครอน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

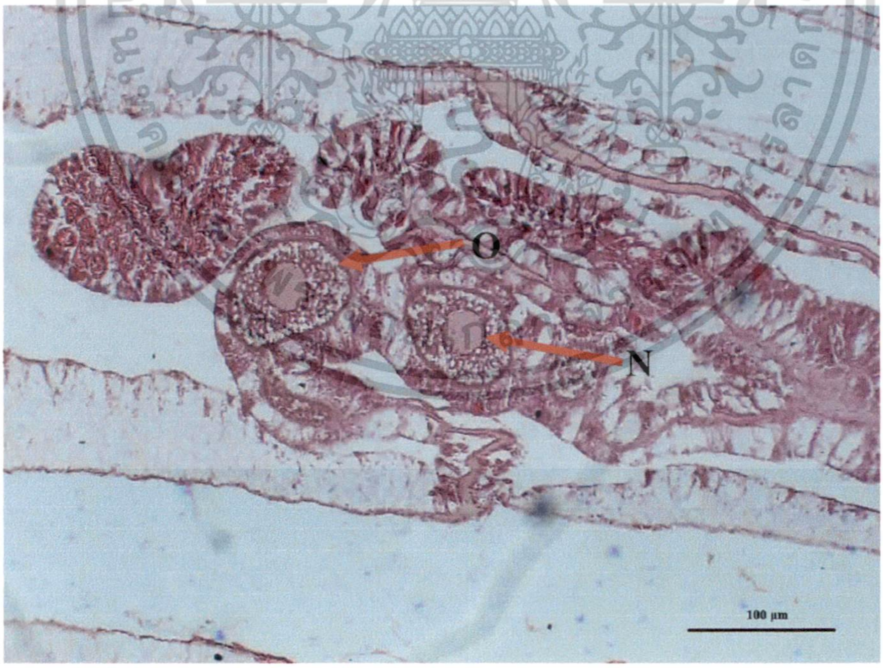
ตารางที่ 4.4 แสดงรูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการังทั้ง 8 ชนิด และขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์ที่พบ; *G*: gonochoric, *H*: hermaphroditic, *B*: broadcasting gametes, *P*: brooding planulae, *C*: gonads in body cavity, *S*: gonads in mesenteries

Species	Sexuality	Mode of reproduction	Gonad arrangement	Oocyte /Testis diameter (µm)			
				Dec 2010	Apr 2011	Jul 2011	Dec 2011
Pocillopora damicornis	H	P	C	-	-	-	-
Montipora efflorescens	H	B	S	-	เริ่มมีพัฒนาการ	137.83 ± 11.04 / 75.03 ± 7.04	178.44 ± 9.43 / 114.01 ± 12.81
Favia favus	H	B	S	-	เริ่มมีพัฒนาการ	18.96 ± 1.87 / ไม่พบ	73.18 ± 5.72 / ไม่พบ
Turbinaria frondens	G	B	S	-	เริ่มมีพัฒนาการ	73.81 ± 7.13 /ไม่พบ	207.16 ± 28.61 / ไม่พบ
Lobophyllia flabellifosmis	H	B	S	-	-	-	-
Symphyllia recta	H	B	S	-	-	-	-
Porites lutea	G	B	S	-	ไม่พบ / 89.79 ± 9.39	ไม่พบ / 99.06 ± 13.58	ไม่พบ / 152.02 ± 20.59
Hydnophora microconos	H	B	S	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

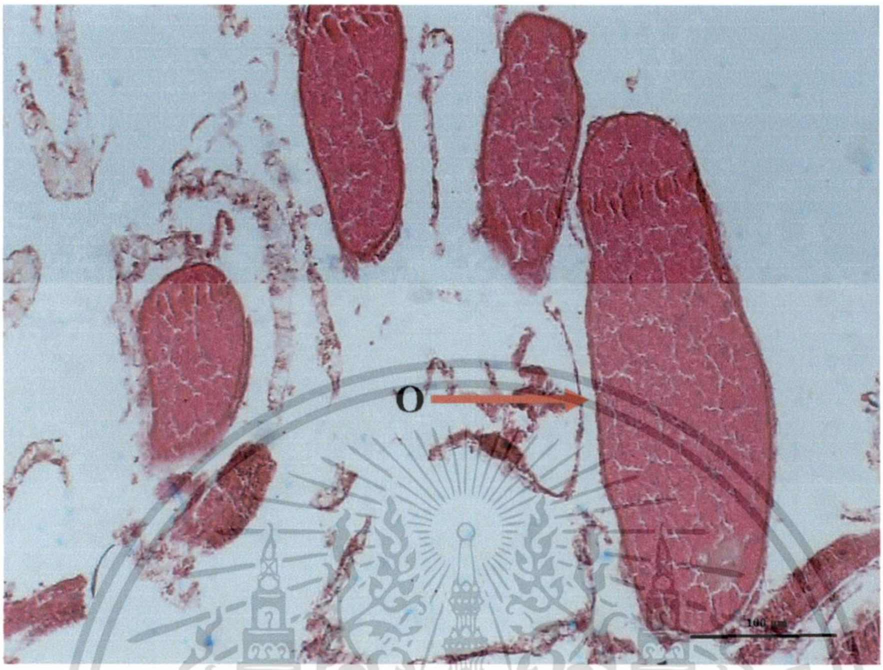


ภาพที่ 4.9 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *M. efflorescens* ระยะที่ 3 (Cross section) กำลังขยาย 10x (N= nucleus O= oocyte T= testis)

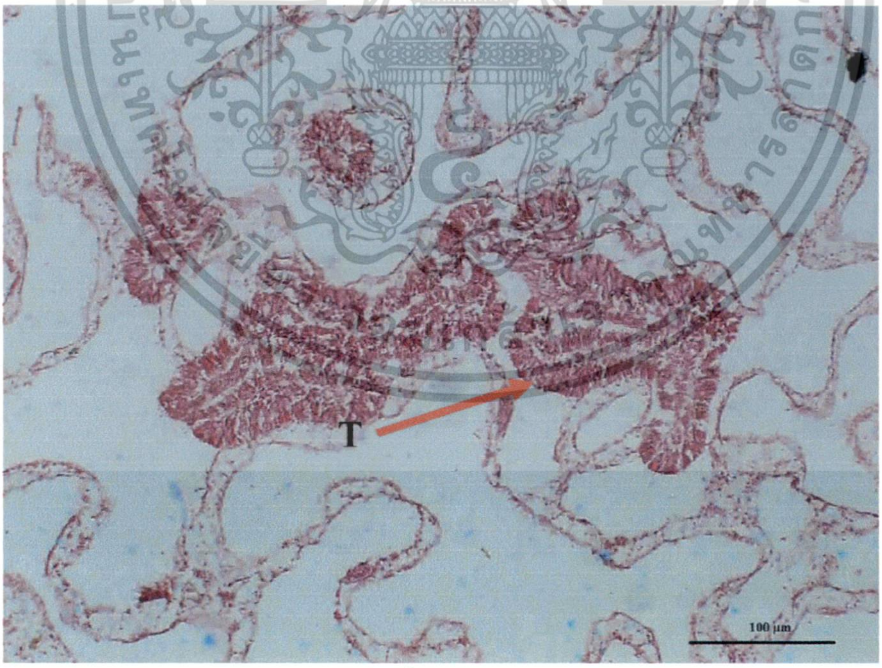


ภาพที่ 4.10 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *F. favus* ระยะที่ 2 (Long section) กำลังขยาย 10x (N= nucleus O= oocyte)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *T. frondens* ระยะที่ 4 (Cross section) กำลังขยาย 10x (O= oocyte)



ภาพที่ 4.12 เซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *P.lutea* ระยะที่ 3 (Cross section) กำลังขยาย 10x (T= testis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

จากการศึกษาพบว่าในช่วงก่อนเกิดการฟอกขาวจะมีการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังอยู่บ้างแต่ไม่มากนักเนื่องจากในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นเป็นช่วงที่ไม่ใช่ฤดูสืบพันธุ์ของปะการังส่วนใหญ่ ในเขตร้อนศูนย์สูตร (Tropical) ที่มีแนวโน้มในการผลิตเซลล์สืบพันธุ์มากในช่วงฤดูร้อน (Veron, 2000) โดยปะการังในกลุ่ม *P. damicornis* เป็นปะการังในกลุ่ม Brooder มีความสามารถในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ในขณะที่ปะการังในกลุ่มอื่นๆ เป็นปะการังในกลุ่ม Broadcaster มีความสามารถในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้บางช่วงของปี ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และเดือนกันยายนถึงตุลาคม (Birkeland, 1997)

ในระหว่างเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวจะไม่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในพื้นที่เลยซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และน้ำทะเล ที่ส่งผลลบต่อช่วงที่มีกิจกรรมการสืบพันธุ์ของปะการัง เช่น การผสมกันในระหว่างการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย การลงเกาะเพื่อพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย และการเข้าอาศัยของสาหร่ายซูแซนเทลลี่ Jokiel (1985) พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็ม อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณแสง มีผลต่อการผลิตเซลล์สืบพันธุ์ในปะการัง *P. damicornis* นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่าง ความดกไข่กับความลึกของน้ำ ความขุ่นและปริมาณตะกอน และการนำพลังงานสะสมมาใช้ในกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายจะมีผลทำให้กิจกรรมในการสืบพันธุ์นั้นลดลง (Kojis and Quinn. 1984, 1985) และในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำทะเลสูงมากๆ อาจส่งผลทำให้เปอร์เซ็นปฏิสนธิกับจำนวนไข่ต่อโพลิป (Polyp) นั้นลดลง อีกทั้งยังก่อให้เกิดการตายของสเปิร์ม แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปะการังขนาดเล็ก(Juvenile colonies) จะได้รับผลกระทบจากสภาวะนี้น้อยกว่าปะการังขนาดใหญ่ (Large colonies) (Baker *et al.* 2008, Glynn *et al.* 2000) ผลกระทบจากการฟอกขาวยังทำให้จำนวนตัวอ่อนต่อโคโลนีและสัดส่วนของโคโลนีปะการังขนาดใหญ่นั้นลดลง (Baird และ Marshall, 2002)

จากการศึกษาของ Fong and Glynn. (2001) พบว่าหลังเกิดการฟอกขาวปะการังแบบก้อน และแบบกิ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของโครงสร้าง โดยจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นหลักเพื่อให้มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วขึ้นกว่าการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งผลของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้นต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 5-10 ปี กว่าจะทำให้แนวปะการังฟื้นฟูและกลับมาสมบูรณ์ได้อีกครั้ง ในขณะที่การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศใช้เวลาอย่างน้อย 2 ปีในการฟื้นและกลับมาสมบูรณ์อีกครั้ง แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามพบว่าปะการังเริ่มมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้สมบูรณ์อีกครั้งประมาณ 1 ปีหลังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว

โดยสัดส่วนของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะในบริเวณต่างๆ ของ Settlement plate (บริเวณด้านบน ด้านล่าง ด้านข้าง และด้านใน) พบมากที่สุดที่บริเวณด้านล่าง และด้านข้างซึ่งมีค่าการลงเกาะเท่ากับ ร้อยละ72 และ ร้อยละ 22 ของจำนวนตัวอ่อนปะการังที่พบทั้งหมด ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mundy (2000) ที่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในบริเวณด้านล่างของ Settlement plate มากที่สุด เนื่องจากตัวอ่อนปะการังจะเลือกพื้นที่ลงเกาะเพื่อให้ตัวเองสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และได้รับผลกระทบจากผู้ล่า รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เช่น ตะกอน ให้น้อยที่สุด รองลงมาคือบริเวณด้านข้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของ Settlement plate และโซนของแนวปะการังที่ทำการศึกษา สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการัง *P. damicornis* พบว่าตัวอ่อนทำการลงเกาะมากที่สุดบนแผ่นกระเบื้องดินเผาที่มีสาหร่ายหินปูน (ปฐพร, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธรรมศักดิ์ และคณะ (2552) ที่พบความหนาแน่นของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะในสถานีศึกษาทางด้านทิศตะวันตกมากกว่าสถานีศึกษาทางด้านทิศตะวันออก โดยความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบริเวณอ่าวผักแว้ง เกาะไม้ซี้ อ่าวพร้าว เกาะแรด และอ่าวไทร มีค่าเฉลี่ย 54.88, 42.81, 21.04, 8.03 และ 2.22 โคโลนีต่อตารางเมตร ตามลำดับ ตัวอ่อนปะการัง *Porites* sp. พบมากที่สุด กลุ่มเด่นอื่นๆ ได้แก่ *Pocillopora damicornis* และ *Fungia* sp.

5.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ

เนื่องจากลิปิดเป็นสารประกอบทางชีวเคมีที่สำคัญในเนื้อเยื่อปะการัง ทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้าง (Structure lipid) เช่นเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และเป็นแหล่งพลังงานสะสม (Storage lipid) ดังนั้นปะการังจึงมีส่วนของลิปิดอยู่มาก (Stimson. 1987; Yamashiro and Onaga. 2005) ในการทดลองครั้งนี้ใช้เทคนิคการหาปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังโดยการใช้ชิ้นส่วนปะการังสด 1 กรัม ที่ทำการขจัดแคลเซียมแล้ว จากนั้นใช้สารละลายปิโตเลียมอีเทอร์ในการดึงลิปิดออกจากเนื้อเยื่อ และใช้เทคนิคปั่นเหวี่ยงในการแยกลิปิดกับเนื้อเยื่อออกจากกัน ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ใช้ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อปะการังที่อบแห้งแล้ว ใช้สารละลายปิโตเลียมอีเทอร์ในการดึงลิปิดออกจากเนื้อเยื่อ จากนั้นนำไป Sonicate เพื่อช่วยเร่งการแยกส่วนของลิปิดออกมาจากเนื้อเยื่อ โดยชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อปะการังที่อบแห้งนั้นจะพบปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังประมาณ 9-47 % (Hariand *et al.* 1993; Yamashio *et al.* 1999) ในขณะที่เทคนิคการใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อปะการังแบบเปียกนั้น ทำให้พบปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังเพียงประมาณ 0.0015-0.0069 % เท่านั้น ซึ่งทำให้ผลของปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังที่ได้จาก 2 วิธีนี้ แตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้การสะสมลิปิดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งต่างกันของโคโลนีเดียวกันมีปริมาณแตกต่างกัน โดยลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ฐานของลำตัวปะการัง (ภาพที่ 2.27) จากการศึกษาเนื้อเยื่อของปะการัง *P. damicornis* ที่ผ่าตามแนวยาวนั้น ปะการังจะมีการสะสมลิปิดมากที่บริเวณลำตัว เนื่องจากที่ปลายยอดของกิ่งเป็นบริเวณที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่เกิดจากการหายใจระดับเซลล์ และเป็นที่สังเกตว่าที่ยอดของกิ่งจะมีซูแซนเทลลี่มากกว่าที่ฐานของกิ่ง ซึ่งอาจสันนิฐานได้ว่าที่ยอดกิ่งเป็นบริเวณที่รับแสงได้ดีดังนั้นซูแซนเทลลี่จึงมีสะสมอยู่มากที่บริเวณยอดของกิ่ง ทำให้พื้นที่ที่ใช้ในการสะสมลิปิดนั้นลดลง บริเวณยอดกิ่งจึงเป็นบริเวณที่เนื้อเยื่อยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ แต่เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ของปะการังการสะสมลิปิดจะเกิดขึ้นที่ยอดของกิ่ง จึงสามารถอธิบายได้ว่าบริเวณยอดของกิ่งเกิดการเพิ่มมากขึ้นของเซลล์ Daughter cell ดังนั้นต้องดึงลิปิดซึ่งเป็นพลังงานสำรองมาใช้ แสดงให้เห็นว่าปะการังมีการสะสมลิปิดซึ่งเป็นผลผลิตจากการส่งผ่านพลังงานจากซูแซนเทลลี่มาสู่ตัวปะการัง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมหรือกิจกรรมเพื่อการสืบพันธุ์ของปะการัง ระดับของ WE และ TG ที่ลดลงอาจหมายความว่าซูแซนเทลลี่มีการสังเคราะห์แสงลดลงหรือมีการสูญเสียซูแซนเทลลี่ หรือปะการังมีการนำพลังงานมาใช้ในกิจกรรมการสืบพันธุ์เป็นต้น (Stimson. 1987) Oku *et al.*(2002) อธิบายไว้ว่าการสะสมลิปิดในปะการังกิ่ง *Montipora digitata* จะพบองค์ประกอบของลิปิดชนิดต่างๆ แตกต่างกันไปในตำแหน่งของกิ่งปะการัง โดยพบว่า WE และ TG สะสมอยู่มากที่บริเวณยอดของกิ่ง ขณะที่ FFA จะสะสมอยู่มากฐานของกิ่ง สัดส่วนของลิปิดมีขั้ว และ ST สะสมอยู่ที่ยอดของกิ่งซึ่งมีมากกว่าที่ฐานของกิ่งเล็กน้อย (ตารางที่ 2.7) การนำพลังงานสะสมนี้ไปใช้จะมีมากในเวลาที่มีการสืบพันธุ์ โดยหมุนเวียนพลังงานที่เป็นลิปิดประเภท WE และ TG ไป นอกจากองค์ประกอบของลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังจะสะสมในตำแหน่งที่ต่างกันแล้วปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันด้วย(ตารางที่ 2.5) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมที่ปะการังอาศัยอยู่ด้วย (Stimson. 1987; Harland *et al.* 1993 and Yamashiro *et al.* 1999)

การลดลงของปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังแข็งนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีปะการัง โดยพบว่ากลุ่มปะการังก้อน (Massive morphology) จะมีปริมาณลิปิดค่อนข้างมากถึงแม้จะเกิดการฟอกขาวขึ้น (Yamashiro *et al.* 2005) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการัง กับความหนาแน่นของซูแซนเทลลี่ในปะการังที่ฟอกขาวอีกด้วย

ในขณะที่ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังของ *P. damicornis* ที่มีความแปรปรวนนั้นอาจจะได้รับสาเหตุจากช่วงเวลาการปล่อยไข่และสเปิร์มของ *P. damicornis* เนื่องจาก *P. damicornis* เป็นปะการังชนิดที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในทุกๆเดือน โดยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังที่ปล่อยออกมานั้นจะประกอบด้วยลิปิดถึง 70% (ปฐพร, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

มีการศึกษาระบุว่าปะการังแข็งมีปริมาณลิปิด 9 - 47 เปอร์เซ็นของน้ำหนักแห้ง (Harland *et al.* 1993; Yamashiro *et al.*, 1999) ซึ่งปริมาณลิปิดที่เก็บสะสมไว้นี้เกิดจากการส่งผ่านธาตุอาหารของซูแซนเทลลี่สู่ปะการัง (Stimson, 1987; Sutton and Hoegh-Guldberg, 1990) ปะการังจะใช้พลังงานจากลิปิดนี้เพื่อการเจริญเติบโต, การสืบพันธุ์ และกิจกรรมในการดำเนินชีวิตต่างๆ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ทางสิ่งแวดล้อม (Ward, 1995) เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติขึ้นกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย หรือตัวปะการังเอง ปะการังจะมีการตอบสนองของปะการังต่อความเครียดจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้หลายวิธีการเช่น การลดการเจริญเติบโต การลดอัตราเมตาบอลิซึม การสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลี่ และการหยุดพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (True, 2005) โดยเมื่อเกิดการฟอกขาวปะการังจะนำเอาพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในรูปของ Storage lipid มาใช้ในการดำรงชีวิต ในกลุ่มปะการังที่มีลิปิดอยู่น้อยจึงจำเป็นต้องทำการเมตาโบไลต์เนื้อเยื่อของตัวเองเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่มีความเครียด ซึ่งพบว่าในกลุ่มปะการังแบบก้อนและแบบจานจะมีการลดลงของปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อน้อยกว่าปะการังแบบกิ่ง อาจแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังในกลุ่มแบบก้อนและแบบจานที่ดีกว่าปะการังในกลุ่มแบบกิ่ง (True, 1994; Durkin, 2008) ปริมาณลิปิดจึงสามารถใช้ในการวัดภาวะพลังงานในการดำรงชีวิตของสัตว์มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้ (Saunders *et al.*, 2005) ดังนั้นจึงสามารถนำลิปิดมาใช้เพื่อบ่งชี้สภาวะการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของปะการังรวมถึงการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังได้

การฟื้นตัวของปะการังที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวพบว่าจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเมื่อสภาพอากาศกลับเข้าสู่ปกติ โดยถ้ามีการลงเกาะของตัวอ่อนใหม่จะลงเกาะบนพื้นที่ซากปะการังเก่าที่ฟอกขาวจนตาย หรือพื้นที่ที่เป็นพื้นแข็งที่ยังว่างอยู่ เหมือนกับปะการังเทียม หรืออาจจะมีการฟื้นตัวจากการกลับมาของซูแซนเทลลี่ โดยส่วนใหญ่แล้วปะการังที่มีรูปร่างเป็นโขดมักจะรอดตายจากการฟอกขาวซึ่งจะฟื้นตัวได้จากการกลับมาของปะการัง แต่ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งจึงจะกลับมาสมบูรณ์และเริ่มเติบโตขึ้นอีกครั้ง Edwards *et al.* (2001) เมื่อเริ่มมีการฟื้นตัวนั้นปะการังจะมีการเก็บสะสมลิปิดในร่างกายทั้งในส่วนของลิปิดโครงสร้าง (Structure lipids) และลิปิดสะสม (Storage lipids) เพื่อซ่อมแซมตัวเองหลังได้รับผลกระทบจากการฟอกขาว เมื่อปะการังกลับมาสมบูรณ์อีกครั้งก็จะเริ่มมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพื่อที่จะขยายพันธุ์ต่อไป โดยจะพบว่าปะการังที่มีขนาดโพลิป และโคโลนีเล็กนั้นจะมีความสามารถในการฟื้นตัวและพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์หลังจากได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวได้ดีกว่าปะการังที่มีโพลิปและโคโลนีขนาดใหญ่ (Kojis and Quinn. 1984, 1985)

นอกจากนี้ Kojis. (1986) ยังได้ทำการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างเพศ และขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคโลนี ตั้งแต่เริ่มการสืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง โคโลนีขนาดเล็กกว่า 1.01 เซนติเมตร ซึ่งเป็นโคโลนีที่ไม่สมบูรณ์จะไม่พบ Gonad แต่จะพบ Testis อยู่เล็กน้อย โคโลนีระหว่าง 1.01-4.00 เซนติเมตร จะเริ่มมีการพบ Gonad และ Testis เพิ่มขึ้น ส่วนโคโลนีที่มีใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร เป็นโคโลนีที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ และมีการสืบพันธุ์อย่างสมบูรณ์ และความสมบูรณ์ภายในจะมีความแตกต่างกันในบางส่วน โดยทั่วไปกิ่งของปะการังจะพบที่โพลิบจากปลายยอดลงมาประมาณ 1.5 เซนติเมตร สามารถพบ Gonad หรือ Larvae ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Oliver (1984) ที่มีการศึกษาใน *A. formusa* ซึ่งจะไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ในส่วนยอดสุดของตัวปะการัง

ลักษณะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในแนวปะการังอ่าวไทยนั้น จะมีลักษณะเป็นฤดูกาลโดยส่วนใหญ่อยู่ในฤดูร้อนก่อนหน้ามรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน (ศรีสกุล, 2549) จึงทำให้ปะการังเริ่มมีการสะสมลิปิดเพื่อพัฒนาเป็นเซลล์สืบพันธุ์หลังจากมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ครั้งล่าสุดได้ไม่นานนักหรือประมาณ 2-3 เดือนหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวเริ่มมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์หลังจากการเกิดการฟอกขาวประมาณ 1 ปี และคาดว่าจะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ในฤดูสืบพันธุ์หลักของปีถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวส่งผลกระทบโดยตรงต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง ซึ่งทำให้ปริมาณตัวอ่อนและชนิดของปะการังที่ลงเกาะมีแนวโน้มลดลง และสามารถพบตัวอ่อนปะการังลงเกาะได้หลังจากเกิดการฟอกขาวประมาณ 1-2 เดือนโดยปะการังชนิดเด่นที่พบได้แก่ ปะการังชนิด *P. damicornis* และปะการัง *Fungia* sp ช่วงที่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 1 ปีหลังเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว และมีความหลากหลายของชนิดเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากปะการังชนิด *P. damicornis* และปะการัง *Fungia* sp. คือปะการัง *Porites* sp. ซึ่งอาจบอกได้ว่าแนวปะการังเกาะไข่มีชนิดปะการังที่มีการฟื้นตัวที่ดี (Resilience species) ได้แก่ปะการัง *P. damicornis, Fungia* sp. และ *Porites* sp.

6.2 การศึกษาปริมาณลิปิดสะสมในเนื้อเยื่อ

จากการเก็บตัวอย่างปะการัง 8 ชนิด คือ *Pocillopora damicornis*, *Montipora efflorescens*, *Favia favus*, *Turbinaria frondens*, *Lobophyllia flabellifosmis*, *Symphyllia recta*, *Porites lutea* และ *Hydnophora microconos* โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2553 เมษายน, กรกฎาคม 15 และกันยายน 2554 พบว่ามีปะการัง 3 ชนิดที่เริ่มมีการสะสมลิปิดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในเดือนกรกฎาคม 2554 ได้แก่ ปะการัง *H. microconos*, *P. lutea* และ *S. recta* และในเดือนกันยายน 2554 พบว่าปะการังส่วนใหญ่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จะเห็นได้ว่าปะการังทั้ง 8 ชนิด มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อตลอดระยะเวลา 10 เดือน โดยปริมาณลิปิดสะสมของปะการังแต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ปะการังที่มีอัตราการฟื้นตัวดีที่สุด ดูจากความสามารถในการเก็บสะสมลิปิด ได้แก่ ปะการัง *M. efflorescens* รองลงมา คือ ปะการัง *H. microconos* และปะการัง *F. favus*

6.3 การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

ตัวอย่างปะการังที่ทำการเก็บในช่วงเดือนธันวาคม 2553 (ประมาณ 7 เดือนหลังการฟอกขาว) ไม่มีพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ โดยจะเริ่มพบพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในปะการัง *M. efflorescens, F. favus, T. frondens* และ *P. lutea* ประมาณหนึ่งปีหลังได้รับผลกระทบจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ซึ่งปะการังที่มีการฟื้นตัวและพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ได้ดีมีเพียง 4 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ปะการัง *M. efflorescens*, *F. favus*, *T. frondens* และ *P. lutea*

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแม้แนวปะการังจะถูกรบกวนจนอยู่ในสภาวะเสื่อมโทรมจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว แต่ปะการังที่รอดชีวิตบางส่วนยังมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการฟื้นตัวตามธรรมชาติของปะการัง และการฟื้นสภาพแนวปะการังมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมกลับมาสู่สภาวะที่เหมาะสม

6.4 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณการสะสมลิปิด และการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์นั้นยังไม่ค่อยมีความชัดเจนมากนักเนื่องจากการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนโคโลนีซ้ำน้อยเกินไปจึงทำให้ขาดข้อมูลที่จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับชนิด (Species) อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับรูปแบบของการสืบพันธุ์ในปะการังบางชนิด โดยเฉพาะปะการังที่มีระบบสืบพันธุ์แบบเพศแยกที่ต้องอาศัยการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนซ้ำของโคโลนีมากๆเพื่อให้ได้ข้อมูลการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอย่างครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตามยังสามารถพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณลิปิดในเนื้อเยื่อปะการังตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากได้รับผลกระทบจากการฟอกขาว รวมทั้งการสะสมลิปิดในช่วงที่มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ นอกจากนี้ควรเพิ่มความถี่และความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูลในส่วนของการศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเพื่อให้ได้ข้อมูลจำนวนและชนิด รวมทั้งอัตราการตายหลังลงเกาะในช่วงเวลาต่างๆในรอบปี และยังสามารถที่จะคำนวนหาอัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนปะการังหลังลงเกาะ อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลจากการศึกษา และรูปแบบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังมาต่อยอดการศึกษา เพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการหรือการฟื้นฟูแนวปะการังรูปแบบใหม่ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน(Coral Reefs Restoration) คือการอาศัยผลผลิตจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่ได้รับการอนุบาลจนมีขนาดใหญ่พอที่จะทำการย้ายปลูก (Corals Transplantation) ไปยังแนวปะการังอื่นๆ ต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พงศ์ธีระ บัวเพี่ชร, Jame True, วินัย ปราณสุข วินัย เทพพูลผล. 2554. สถานภาพแนวปะการังบริเวณเกาะทะนาน จังหวัดภูเก็ต รายงานผลการสำรวจ “สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอันดามัน” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 166-172 หน้า.

ธรณ์ ธำรงค์นาวาสวัสดิ์ สุชาย วรชนะนันท์ ภาสิณี วรชนะนันท์ ปิยะวัฒน์ สุจิรชาโต อานุภาพ ทองคำ วรัญญาภรณ์ ศรีสุข สุรีย์ภรณ์ สิงหบำรุง ศิวัช วรชนะนันท์ อัญชลี จันทร์คง. 2554. สถานภาพแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะไผ่ และเกาะล้าน จังหวัดชลบุรี. รายงานผลการสำรวจ “สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอันดามัน” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 23-60 หน้า.

ธรรมศักดิ์ ยีมิน ชัยพิชิต แสงให้สุข สิทธิพร เพ็งสกุล วัลยา กลิ่นทอง กัญญ์วรา แสงมณี และมาฆมาส สุทธาชีพ.2552. การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบริเวณเกาะกูดด้วยวิธีการทดลองในภาคสนาม. 35th Congress on Science and Technology of Thailand.

ดาวัลย์ ฉิมภู่ 2550. ชีวเคมี. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 534 หน้า

ปฐมพร เกื้อนุ้ย.2551 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linneaus, 1758) บริเวณหมู่เกาะแสมสาร. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

วรุณพร จิรวัฒน์ 2528. การศึกษาอนุกรมวิธานของปะการังแข็งที่รวบรวมได้จากอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชนา ชวนิชย์ วรณพ วิยกาญจน์ ปฐมพร เกื้อนุ้ย เสร์ ทรงพลอย อัญชลี จันทร์คง. 2554. สถานภาพแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะแสมสาร และเกาะคราม จังหวัดชลบุรี. รายงานผลการสำรวจ “สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอันดามัน” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 66-73 หน้า.

สุริยา เอี่ยมสำอางค์. 2551. ชนิดและการแพร่กระจายของโครงสร้างชุมชนปะการังในบริเวณเกาะไข่ อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร: 46 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย 2554. สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอันดามัน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (21): 4-9

ศรีสกุล ภิรมย์วราภรณ์ ลลิตา ปัจฉิม นรินทร์รัตน์ คงจันทร์ตรี รณวัน บุญประกอบ และ อัญชลี จันทร์คง. 2549. ฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง (สกุล *Acropora)* ในอ่าวไทย. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ 5 (1): 39-49

อารยา แดงโรจน์ 2554. ปริมาณลิปิดทั้งหมดในเนื้อเยื่อปะการังแข็งบางชนิดบริเวณเกาะไข่ จังหวัดชุมพร วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

James True, ศรีสกุล ภิรมวราภรณ์ ธีรไนย เพ็ชรโสม อร ศิลปสถิตย์วงศ์ กมลภรณ์ ศรีกรด วัลย์ลดา กลางนุรักษ์. 2554. สถานภาพแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะเสม็ด อุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า จังหวัดระยอง. รายงานผลการสำรวจ "สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก และอันดามัน" คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 87-91 หน้า.

Adey, W.H., and R. Burk. 1976. Holocene bioherms (algal ridges and bank – barrier reefs) of the estern Caribbean. Geol. Soc. **Amer. Bull**. 87: 95 – 109.

Akoh, C.C. and Min, D.B. 2002. **Food Lipids Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. 2nd ed. New York. Marcel Dekker, Inc.

Bachok, Z., Mfilinge, P. and Tsuchiya, M. 2006. Characterization of fatty acid composition in healthy and bleached corals from Okinawa, Japan. **Coral Reefs** 25: 545-554.

Baird, A.H. and Babcock, C.B. 2000. Morphological differences among three species of new settled pocilloporid coral recruits. **Coral Reefs**. 19: 179-183.

Baird, A.H., Bhagooli, R., Ralph, P.J. and Takahashi, S. 2008. Coral bleaching: the role of the host. **Trend in Ecology and Evolution** 24(1): 16-20.

Baker, A.C., Glynn, P.W. and Riegl, B. 2008. Climate change and coral reef bleaching: an ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 80: 435-471.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battey, J. and Patton, J.S. 1984. A reevaluation of the role of glycerol in carbon translocation in zooxanthellae-coelenterate symbiosis. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 79: 27–38.

Birkeland, C. 1996. Why some species are especially influential on coral-reef communities and other are not. Galaxea 13:77-84.

Birkeland, C. 1997. Life and death of coral reefs. International Thomson Publishing Asia. Singapore. 165-175 p.

Brown, B.E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. Coral Reefs. 16:129-138.

Brown, B. and Farrell, C. 2009. **Introduction to General, Organic, ad Biochemistry**. 9th ed. Canada. Nelsen education, Ltd.

Chave, K.E., S.V. Smith and K.J. Roy. 1972. Carbonate production by coral reefs. Mar. Geol. 12: 123-140.

Crabbe, M. J. C., Edwin, M., Christina, G., Juan C., Leonardo C. and Jason G. 2008. Growth modelling indicates hurricanes and severe storms are linked to low coral recruitment in the Caribbean. **Marine Environmental Research**. 65:364-368.

Durkin, O. 2008. Effect of hyposalinity exposure on oxygen flux in two species of coral: *Acropora tumida* and *Turbinria peltata*. **Coral Reefs** 26: 3-20.

Dunstan, P. K. and C. R. Johnson. 1998. Spatio-temporal variation in coral recruitment at different scales on Heron Reef, southern Great Barrier Reef. **Coral Reefs**. 17: 71-81.

Edward, A. J., Clark, S., Zahir, H., Raiasuriya, A., Naseen, A. and Rubens, J. 2001. Coral Bleaching and Mortality on Artificial and Natural Reefs in Maldives in 1998, Sea Surface Temperature Anomalies and Initial Recovery. **Marine Pollution Bulletin** 42(1): 7-1.

English, S., Wilkinson, C. and Bake, V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. **Australian Institute of Marine Sciences**. 390 p.

Folch, J, Lees, M. and Sloane, SGH (1957). "A simple method for the isolation and purification of total lipid form animal tissue." **Journal of Biological Chemistry**. 226: 497-509.

Geister, J. 1997. The Influence of Wave Exposure on the Ecological Zonation of Caribbean Reefs. **Proc.3rd Internat. Coral Reef Symp. Miami 1. Biology**: 23-29.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Glynn, P.W. 1984. Widespread Coral Mortality and the 1982-1983 El Nino Warming Event. **Env. Conserv** 11: 133-146.

Glynn, P.W. 1991. Coral reef bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. Trends Ecol. Evol. 6: 175-179.

Glynn, P.W., Colley, S.B., Ting, J.H., Mate', J.L. and Guzman', H.M. 2000. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Gala'pagos Islands (Ecuador) IV. Agariciidae, recruitment and recovery of *Pavona varians* and *Pavona* sp. a. **Marine Biology.** 136:785-805.

Grauss, R.R., and I.G. Macintyre. 1982. Variations in growth forms of the reef coral *Montastrea annularis*: a quantitative evaluation of growth response to light distribution using computer simulation. In K. Rutzler and I.G. Macintyre (eds.) The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize I. Structrue and communities, pages 441-464. Smithson. Contr. Mar. Sci. 12. 539 p. Smithsonian Institution Press, Wash., D.C.

Guschina, I.A. and Harwood, J.L. 2009. Lipids in Aquatic Ecosystems. London. Springer.

Harland, A.D., Fixer, L.M., Davies, P.S. and Anderson, R.A. 1991. Distribution of lipids between the zooxanthellae and animal compartment in the symbiotic sea anemone Anemonia viridis: wax esters, triglycerides and fatty acids. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 110: 13–19.

Harland, A.D., Spencer, P. and Fixter, L.M. 1992. Lipid content of some Caribbean corals in relation to depth and light. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 113: 357–61.

Harland, A.D. Navarro, J.C. Davies, S.P. and Fixter, L.M. 1993. "Lipids of some Caribbean and Red Sea corals: total lipids, wax ester, triglyceride and fatty acids." **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 117: 113-117.

Harrison, P.L. and C.C. Wallace. 1990. Coral reproduction. *In* Z. Dubinsky (ed.), Ecosystem of the world, vol. 25: Coral reefs, pages 133-208. Elsevier Science Publishing, New York, 550 p.

Harriott, V.J. 1993. "Coral lipids and environmental stress." **Environmental Monitoring and Assessment**. 25: 131-139.

Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. **Marine and Freshwater Research.** 50: 839-866.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hubbard, D.K. and D. Scaturo. 1985. Growth rates of seven species of scleractinian corals from Cane Bay and salt River, St. Croix, U.S. Virgin Island. Bull. Mar. Sci. 36: 325-338.

Ilsa, B.K. and Paul. V. J. 2004. Effects of the benthic cyanobacterium Lyngbya majuscule on larval recruitment of the reef corals *Acropora surculosa* and *Pocillopora damicornis*. Coral Reefs. 23: 455–458.

Jokiel, P.L. 1985. Lunar periodicity of planula release in the reef coral *Pocillopora damicornis* in relation to various environmental factors. Proc. 5th Internat. Coral Reef Congr., Tahiti 4: 307-312.

Jones, O.A. and Endean, R. 1973. Biology and Geology of Coral Reefs. New York, USA. 205–245

Kojis, B.L. and N.J.QQuinn. 1984. Seasonal and depth variation in fecundity of *Acropora palifera* at two reef in Papua New Guinea. Coral Reefs 3: 165-172.

Kojis, B.L. and N.J.QQuinn. 1985. Puberty in Goniastrea favurus. Age or size limited? Proc. 5th Internat. Coral Reef Congr., Tahiti 4: 289-293.

Lovell, E.R. and Sykes, H. 2008. Repid recovery from bleaching events – Fiji Coral Reef Monitoring Network Assessment of hard coral cover from 1999-2007. **11th International Coral Reef Symposium.**

Moore, C.H., and W.W. Shedd. 1977. Effective rates of sponge bioerotion as a function of carbornate production. Proc. 3rd internat. Coral Reef Symp., Miami 2. Geology: 499-506.

Morse, D.E. and A.N.C. Morse. 1993. Sulfated polysaccharide induces settlement and metamorphosis of *Agaricia humilis* larvae on specific crustose algae. Proc. 7th Interant. Coral Reef Symp., Guam 1: 502

Mundy, C.N. 2000. An appraisal of methods used in coral recruitment studies. **Coral Reefs.** 19:124-131.

Nozawa Y. , Tokeshi M., and Nojima S. 2006. Reproduction and recruitment of scleractinian corals in a high-latitude coral community, Amakusa, southwestern Japan. **Marine Biology.** 149: 1047–1058

Oku, H., Yamashiro, H., Onaga, K. and Iwasaki, H. 2002. Lipid distribution in branching coral *Montipora digitata*. **Fisheries Science.** 68: 517-522.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oku, H. Yamashiro, H., Onaga, K., Sakai, K. and Iwasaki, H. 2003. Seasonal changes in the content and composition of lipids in the coral *Goniastrea aspera*. **Coral Reefs.** 22: 83–85.

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

Patton, J.S. and Burris, J.E. 1983. Lipid synthesis and extrusion by freshly isolated zooxanthellae symbiotic algae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 75: 131–136.

Pawlik, J.R. and M.G., Hadfield. 1990. A. symposium on chemical factors that influence the settlement and metamorphosis of marine invertebrate larvae: introduction and perspective. Bull. Mar. Sci. 46: 450-454.

Penland L., J. Kloulechad., Idip, D.and Woesik, R. V.2004. Coral spawning in the western Pacific Ocean is related to solar insolation: evidence of multiple spawning events in Palau. **Coral Reefs** 23: 133–140.

Rodrigues, L.J., Grottoli, A.G. and Pease, T.K. 2008. Lipid class composition of bleached and recovering *Porites compressa* Dana, 1846 and *Montipora capitata* Dana, 1846 corals from Hawii. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 358: 136–143.

Saunders, S.M., Radford, B., Bourke, S.A., Thiele, Z. Bech, T. and Mardon J. 2005. A Rapid Method for Determining Lipid Fraction Ratios of Hard Corals under Varying Sediment and Light Regimes. **Environmental Chemistry** 2(4): 331–336.

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

Stimson, J.S. 1987. Location, Quantity and Rate of Change in Quantity of Lipid Tissue of Hawaiian Hermatypic Corals. **Bulletin of Marine Science** 41(3): 889-904.

Sutton, D.C. and Hoegh-Guldberg, O. 1990. "Host-Zooxanthella interaction in four temperate marine invertebrate symbioses: Assessment of effect of host extracts on symbionts." **Biological Bulletin**. 178: 175-186.

Ture, J. 2005. "Massive Porites link, 1807 corals as indicators of environmental changes." PhD Thesis. Jame Cook university. Australia.

Veron, J.E.N. 2000. **Corals of the World**. Australian Institute of Marine Sciences. 490 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Visram S., Mwaura J. and Obura D.O. 2007. Assessing Coral Community Recovery from Coral Bleaching by Recruitment in Two Reserves in Kenya. **Western Indian Ocean J. Mar. Sci.** Vol. 6, No. 2, pp. 199–205.

Ward, S. 1995. The effect of damage on the growth, reproduction and storage of lipids in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus). **Journal of experimental Marine Biology and Ecology**. 187: 193-206.

Yamashiro, H., Oku, H., Higa, H., Chinen, I. and Sakai, K. 1999. Composition of lipids, fatty acids and sterols in Okinawa corals. **Comparative Biochemisry and Physiology B**. 122: 397–407.

Yamashiro, H. Oku, and Onaga, K. 2005. "Effect of bleaching on lipid content and composition of Okinawan corals." **Fisheries science.** 71: 448-453.

http://www.bios.edu/research/images/lifecycle.png

http://www.chucksaddiction.com/CoralGenus.html

http://www.dmcr.go.th/marinecenter/coral-lesson6.php

https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTjxmgOwHy

http://www.guammarinelab.com/coral/coral3.html

www.jochemnet.de

http://maps.google.co.th/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสุริยา เอี่ยมสำอางค์
วัน เดือน ปีเกิด	25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	40/1 หมู่6 ต.ศีรษะจรเข้น้อย อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์ 0806224284
ประวัติการศึกษา	2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้