


อัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของปะการัง *Pocillopora damicornis*,
Acropora humilis และ *Acropora millepora* เมื่อกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า



นางสาว ศิริวรรณ อัสวอักษรียะกุล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SETTLEMENT, GROWTH AND SURVIVAL RATES OF
Pocillopora damicornis, *Acropora humilis* AND *Acropora millepora*
UNDER ELECTRICALLY STIMULATED CONDITION



Miss Siriwan Ussavauschariyakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อัตราการงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของปะการัง

Pocillopora damicornis, *Acropora humilis* และ *Acropora millepora*

เมื่อกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

โดย

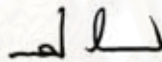
นางสาวศิริวรรณ อัสวอจจริยะกุล

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



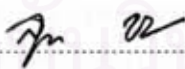
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อ.อ.อ. ประทีปสุนทรสาร ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทีปสุนทรสาร)



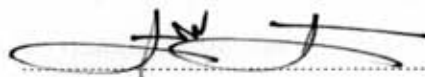
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์)



กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญา)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพ วิทยาญจน์)

ศิริวรรณ อัสวอัจฉริยะกุล : อัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของปะการัง *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* เมื่อกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า. (SETTLEMENT, GROWTH AND SURVIVAL RATES OF *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* AND *Acropora millepora* UNDER ELECTRICALLY STIMULATED CONDITION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ศศ. คร. สุชนา ชวนิชย์, 67 หน้า.

การนำกระแสไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูแนวปะการังเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มอัตราการเติบโตและอัตราการรอดของปะการัง จากการเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีที่ได้รับการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสถานะแวดล้อมที่ช่วยให้ปะการังสามารถลดการใช้พลังงานในการกระบวนการสร้างหินปูนและนำพลังงานนั้นไปใช้ในการเติบโต ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำการศึกษาอัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* ที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ทั้งในระบบอนุบาลและในพื้นที่ธรรมชาติ ผลการศึกษาอัตราการลงเกาะบนพื้นผิวพบว่า ตัวอ่อนปะการัง *P. damicornis* และ *A. humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการลงเกาะค่อนข้างต่ำ โดยตัวอ่อนปะการัง *P. damicornis* ในชุดควบคุมมีอัตราการลงเกาะบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้องที่สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ตัวอ่อนปะการัง *A. humilis* ในชุดควบคุม (แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน) และชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (แผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้อง) มีอัตราการลงเกาะบนพื้นผิวสูงกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน สำหรับการศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *A. humilis* ในระบบอนุบาล และ *P. damicornis* บนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในทะเล พบว่า ตัวอ่อนปะการัง *A. humilis* ระยะหลังการลงเกาะบนแผ่นอลูมิเนียมในระบบอนุบาล มีอัตราการเติบโต ($198.1 \pm 19.5\%$) และอัตราการรอด ($61.7 \pm 6.4\%$) สูงสุด โดยอัตราการเติบโต (เปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือน) สูงกว่าตัวอ่อนปะการังที่อนุบาลบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้อง และอัตราการรอดสูงกว่าตัวอ่อนปะการังที่อนุบาลบนแผ่นกระเบื้องอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ตัวอ่อนปะการัง *P. damicornis* ระยะหลังการลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระดับที่แตกต่างกันทั้ง 3 ระดับ มีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเติบโตสูงสุด ($36.5 \pm 6\%$ เดือน) และอัตราการรอดสูงสุด (50%) พบที่ตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูงและระดับต่ำตามลำดับ นอกจากนี้ ในการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *A. millepora* ระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่า อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *A. millepora* บนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้องของชุดโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางมีค่าสูง ($87.8 - 90.2\%$) และแตกต่างกับชุดการทดลองในระบบอนุบาลซึ่งมีค่าต่ำ ($45.1 - 47.4\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังในชุดโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนบนชุดโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางที่สูงกว่าชุดโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ อนึ่ง อัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องในระบบอนุบาลมีอัตราการรอดสูงสุด ($64.1 \pm 3.3\%$) ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องชุดโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูงที่มีอัตราการรอดต่ำสุด ($3.55 \pm 2.27\%$) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต ศิริวรรณ อัสวอัจฉริยะกุล
 ปีการศึกษา 2551..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

488 91437 20 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: ELECTRICITY / SETTLEMENT / GROWTH / SURVIVAL / ACROPORA / POCILLOPORA

SIRIWAN USSAUSCHARIYAKUL : SETTLEMENT, GROWTH AND SURVIVAL RATES OF *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* AND *Acropora millepora* UNDER ELECTRICALLY.

ADVISOR : ASST. PROF. SUCHANA CHAVANICH, Ph.D., 67 pp.

Mineral accretion generated by electric current recently is used as a method for accelerating coral growth and survival. This technique allows calcification limestone and accumulate on substrates and may help corals in reducing energy for coral calcification. In this study we investigated whether there were differences on recruitment, growth, and survival of juvenile corals of *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* and *Acropora millepora*. between substrates that had mineral accretion and substrates that did not have. Both field and laboratory experiments were conducted. The results from the experiment on the settlement rate of juvenile corals stimulated by electric current showed that there was a significant difference on the settlement of juvenile corals between 3 different types of plates (steel plate, steel plate encrusted with limestone, and tile with coralline algae). The control and the tile with coralline algae had the highest number of settling larvae of *P. damicornis*. However, in *A. humilis*, the highest number of settling larvae occurred in the experimental set without electric current, and there was no significant difference on the number of settling larvae between different plates. In addition, there were significant differences on growth and survival rates of juvenile *A. humilis* in the rearing system. The highest length per month and the highest survival rate were found on the aluminum plate ($198.1 \pm 19.5\%$ and $61.7 \pm 11.79\%$ respectively). In the field, the results showed that there was no difference on the growth rate of *P. damicornis* between different levels of electric currents on the biorock structures, while the highest survival rate was on the structure with low current level. However, when comparing the growth and survival rates of juvenile *A. millepora* on different levels of electric current, there was a significant difference between different levels of currents on the biorock structures and in the hatchery. The highest growth of juvenile corals was on the structure with medium level with the steel encrusted with limestone and tile plates (87.8 - 90.2%), and the highest survival rate was on the tile plates in the hatchery ($64.1 \pm 3.3\%$)

Field of Study: Environmental Science..... Student's Signature.....
 Academic Year: 2008..... Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำปรึกษา และช่วยเหลือด้านต่างๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรมพ วิทยาญจน์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ ให้คำแนะนำและตรวจแก้รูปเล่มวิทยานิพนธ์ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ประสบความสำเร็จโดยดี

ขอขอบคุณ คุณเทพสุดา ลอยจิว คุณชโลทร รักษาทรัพย์ คุณปฐพร เกื้อนุ้ย คุณเครือวัลย์ กำเนิดดี และ พี่น้องทุกคนในกลุ่มวิจัยปะการัง รวมทั้ง พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้ความช่วยเหลือ ทั้งร่างกาย แรงใจ ให้คำปรึกษาต่างๆ มากมาย ทั้งเรื่องวิทยานิพนธ์ และเรื่อง อื่นๆ ขอขอบคุณ คุณบุปผชาติ มัธยม พี่ๆ และ เพื่อนๆ ทุกคน สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่คอยช่วยเหลือ และห่วงใยตลอดมา รวมทั้ง เพื่อนๆ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ที่ให้ คำแนะนำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดี ขอขอบคุณ ทุกคนในครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือทุกอย่าง โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการศึกษา

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ และ สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องการศึกษาและการทำวิจัย

ขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพ รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ ที่อำนวยความสะดวกในการเข้าไปใช้พื้นที่ในการทำงานวิจัย เจ้าหน้าที่ อพ. สธ. ทุกคน รวมทั้ง ข้าราชการ กองทัพเรือ ครู และน้องทหารทุกคน ที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุนในการดำเนินการวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณ กลุ่มไบโอรีโคไทยแลนด์ สมาคมการท่องเที่ยวเกาะสมุย ที่ให้การสนับสนุน ในเรื่องสถานที่ในการทำงานวิจัย ที่พัท้อชัย และอำนวยความสะดวกในเรื่องการทำงาน ตลอดจน ให้คำปรึกษาและแนะนำการทำงานวิจัยครั้งนี้

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุน รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 3 และสมาคมการท่องเที่ยวเกาะสมุย จังหวัด สุราษฎร์ธานี

สุดท้าย ขอขอบคุณ ปะการัง สัตว์ทะเล และท้องทะเลที่ทำให้เกิดความสนใจ และทำให้เกิด วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขต.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ชีววิทยาปะการัง.....	5
2.1.1 การสืบพันธุ์ของปะการัง.....	6
2.1.2 ปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i>	8
2.1.3 ปะการังเขากวาง <i>Acropora</i> spp.....	8
2.2 ความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง.....	9
2.3 การฟื้นฟูแนวปะการัง.....	9
2.3.1 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ.....	9
2.3.2 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ.....	10
2.3.3 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	11
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	15
3.1 สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการศึกษา.....	15
3.2 พื้นที่ศึกษา.....	15
3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอ่อน.....	18
3.3.1 การติดตามการสร้างและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในธรรมชาติ.....	18
3.3.2 แผ่นพื้นผิวสำหรับลงเกาะและการเตรียมพื้นผิว.....	21
3.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	23
3.4.1 ปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i>	23

บทที่	หน้า
3.4.2 ปะการังเขากวาง <i>Acropora</i> spp.	28
(1) ศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเขากวาง <i>Acropora humilis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล	28
(2) ศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora humilis</i> ในระบบอนุบาล.....	29
(3) ศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora millepora</i> เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	29
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
4. ผลการศึกษา.....	34
4.1 ปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i>	34
4.1.1 อัตรา การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล.....	34
4.1.2 อัตราการเติบโต และอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า	36
4.2 ปะการังเขากวาง <i>Acropora</i> spp.	38
4.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเขากวาง <i>Acropora humilis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล	38
4.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora humilis</i> ในระบบอนุบาล.....	40
4.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora millepora</i> เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า	42
5. วิจัยรณัผลการทดลอง.....	47
5.1 ปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i>	47
5.1.1 อัตรา การลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล.....	47
5.1.2 อัตราการเติบโต และอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า	47
5.2 ปะการังเขากวาง <i>Acropora</i> spp.	48

บทที่	หน้า
5.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเขากวาง <i>Acropora humilis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล.....	48
5.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora humilis</i> ในระบบอนุบาล.....	49
5.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora millepora</i> เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	50
6. สรุป และข้อเสนอแนะ.....	52
6.1 ปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i>	52
6.1.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล.....	52
6.1.2 อัตราการเติบโต และอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	52
6.2 ปะการังเขากวาง <i>Acropora</i> spp.	53
6.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเขากวาง <i>Acropora humilis</i> ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล.....	53
6.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora humilis</i> ในระบบอนุบาล.....	54
6.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora millepora</i> เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	54
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	55
รายการอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	62
ภาคผนวก ก.....	63
ภาคผนวก ข.....	66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	67

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของปะการัง.....	5
รูปที่ 2.2 หลักการฟื้นฟูปะการัง โดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า	12
รูปที่ 3.1 ชนิดของปะการังที่ใช้ในการศึกษา.....	15
รูปที่ 3.2 พื้นที่ทำการศึกษา.....	17
รูปที่ 3.3 ลักษณะพื้นที่ศึกษา.....	17
รูปที่ 3.4 ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่มีตัวอ่อนในระยะพร้อมปล่อย.....	18
รูปที่ 3.5 ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่นำขึ้นมาเก็บตัวอ่อน.....	19
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการติดตามเซลล์สืบพันธุ์กลุ่มปะการังเขากวาง.....	19
รูปที่ 3.7 ระยะเวลาสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของกลุ่มปะการังเขากวาง.....	20
รูปที่ 3.8 การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง.....	20
รูปที่ 3.9 การผสมเซลล์สืบพันธุ์.....	21
รูปที่ 3.10 แผ่นพื้นผิวสำหรับให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะ.....	22
รูปที่ 3.11 การเตรียมแผ่นพื้นผิว	22
รูปที่ 3.12 ตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ระยะว่ายน้ำ.....	23
รูปที่ 3.13 ระบบการศึกษาการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการัง.....	24
รูปที่ 3.14 ชุดการทดลอง.....	25
รูปที่ 3.15 ระบบการทดลองในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	26
รูปที่ 3.16 ตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	27
รูปที่ 3.17 การติดตามอัตราการรอด และการเติบโตของปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i>	27
รูปที่ 3.18 ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำของปะการัง <i>Acropora</i> spp.....	28
รูปที่ 3.19 ตัวอ่อนปะการังที่มีชีวิตหลังการลงเกาะ 2 เดือน	29
รูปที่ 3.20 ถังอนุบาลตัวอ่อนปะการัง ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง เกาะเสม็ด.....	31
รูปที่ 3.21 โครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ณ อ่าวเจง เกาะสมุย	31
รูปที่ 3.22 โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	32
รูปที่ 3.23 โครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า.....	32
รูปที่ 3.24 การยึดติดแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน (A) และแผ่นกระเบื้อง (B) กับโครงสร้างเหล็ก.....	32
รูปที่ 4.1 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และการได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (B).....	35

รูปที่ 4.2 ความกว้างสูงสุดที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* 37

รูปที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*..... 37

รูปที่ 4.4 อัตรารอดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*..... 38

รูปที่ 4.5 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และการได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า(B)..... 39

รูปที่ 4.6 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย(\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล 41

รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล..... 41

รูปที่ 4.8 อัตรารอดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล 42

รูปที่ 4.9 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* บนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน 44

รูปที่ 4.10 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย(\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* บนแผ่นกระเบื้อง..... 44

รูปที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย(\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และพื้นที่ในการอนุบาล(B)..... 45

รูปที่ 4.12 อัตรารอด โดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และพื้นที่ในการอนุบาล(B)..... 46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทย เป็นประเทศหนึ่งในทวีปเอเชีย โดยตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ บนดินแดนระหว่างมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก ณ พื้นที่แห่งนี้ ประกอบด้วยทรัพยากรทางทะเลที่ทรงคุณค่ามากมาย ทั้งหญ้าทะเล ป่าชายเลน และแนวปะการัง ที่ทั้งหมด มีความสำคัญต่อท้องทะเลของประเทศอย่างยิ่ง โดย เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร และแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำนานาชนิด ก่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตหลากหลายมากมาย และเป็นที่มาของแหล่งอาหาร และอาชีพทางการประมงของมนุษย์ โดยเฉพาะบริเวณแนวปะการัง ปะการังโดยปกติ มีการสร้าง โครงร่างแข็งภายนอกซึ่งเป็น สารประกอบหินปูนเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยของ ตัวปะการังที่อ่อนนุ่ม จากนั้นจึงขยายขนาดทีละน้อยจนกลายเป็นแนวปะการังขนาดใหญ่ที่เห็นในปัจจุบัน ทำหน้าที่เป็นปราการด่านสำคัญที่คอยช่วยลดแรงปะทะของกระแสน้ำลมที่พัดเข้าสู่บริเวณชายฝั่งทะเล ป้องกันการกัดเซาะของพื้นที่ ชายฝั่ง จากการที่ ธรรมชาติของแนวปะการังมีความสลับซับซ้อน มีลักษณะรูปร่างที่หลากหลาย มีสีส้มที่สวยงาม รวมถึง มีสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและ สัตว์มากมาย หลากหลายชนิด เข้ามาใช้ประโยชน์ จึงทำให้ แนวปะการังเป็นจุดสนใจ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวอันสำคัญที่ นำรายได้เข้าสู่ท้องถิ่นและประเทศเป็นจำนวน มาก แนวปะการังจึงเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญ อย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งใน ทะเล รวมถึง ต่อมวลมนุษยชาติ ที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งต้องพึ่งพาอาศัยทรัพยากรธรรมชาติในการดำรงชีวิต

ความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง นอกจากเป็นผลมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ ซึ่งได้แก่ การทำประมง ที่ผิดวิธี เช่น การใช้เครื่องมือประมงที่ทำลายล้าง การ ระเบิดปลา (Riegl and Luke, 1998) หรือการใช้สารเคมี (Jones and Hoegh-Guldberg, 1999) การทิ้งสมอในแนวปะการัง การค้าขายปะการัง การท่องเที่ยวทางทะเล (Hawklis and Roberts, 1994; Tratalos and Austin, 2001) เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อแนวปะการังได้ทั้งสิ้น สาเหตุของความเสื่อมโทรมอีกประการหนึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ พายุที่รุนแรง (Rogers *et al.*, 1991; Gardner *et al.*, 2005) การระบาดของความมกฏหนาม (Weber and Woodhead, 1970; Mccallum *et al.*, 1989; De'ath and Moran, 1998) การเกิด ปรากฏการณ์คลื่น สีนามิ (Chavanich *et al.*, 2005; Phongsuwan and Brown, 2007) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลที่สูงขึ้นจากปรากฏการณ์โลกร้อน (Hughes *et al.*, 2003) เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้ทำให้แนวปะการัง ได้รับผลกระทบในด้านลบที่เป็นความเสียหายอย่างมากเช่นกัน ดังนั้น นอกจากการนำมาตรการในการ

ป้องกันและรักษาแนวปะการังให้ดำรงอยู่อย่างยั่งยืน การฟื้นฟูแนวปะการังจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการฟื้นฟูและ/หรือซ่อมแซมแนวปะการังธรรมชาติที่เสียหายไปให้กลับคืนมาดังเดิม

แนวทางการฟื้นฟูแนวปะการัง แบ่งออกได้ 2 แนวทางหลัก ได้แก่ การฟื้นฟูแนวปะการังโดยธรรมชาติ และ การฟื้นฟูแนวปะการังโดยมนุษย์ การฟื้นฟูแนวปะการังโดยธรรมชาติ หมายถึง การปล่อยให้ปะการังฟื้นตนเองโดยธรรมชาติ มนุษย์ไม่มีส่วนเข้าไปเกี่ยวข้องโดยตรง แนวทางนี้เห็นผลช้าและยากต่อการดำเนินการในพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมสูง ทำให้มนุษย์เข้ามา มีบทบาทและมีส่วนร่วมเพื่อลดระยะเวลาในการฟื้นฟูให้เห็นผลได้เร็วขึ้น การฟื้นฟูแนวปะการังโดยมนุษย์ เข้ามามีส่วนร่วมโดยทั่วไปอาศัยกระบวนการสืบพันธุ์ของปะการัง เป็นหลัก ได้แก่ การฟื้นฟูแนวปะการังที่อาศัยกระบวนการสืบพันธุ์ไม่อาศัยเพศ และ ที่อาศัยกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ วิธีการที่นิยมนำมาใช้ภายใต้การฟื้นฟูแนวปะการังที่อาศัยกระบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การย้ายปลอก ปะการัง ซึ่งเป็น การนำชิ้นส่วนของปะการังมายึดติดกับพื้นผิว แข็งก่อนนำไปปลูกทดแทนในพื้นที่ที่ต้องการ วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นพื้นผิวแข็งอาจเป็น ซีเมนต์ อิฐบล็อก หรือท่อพีวีซี เป็นต้น (Clark and Edwards, 1995; Ammar *et al.*, 2000; Jaap, 2000; Ammar and Mahmoud, 2005; Shafir *et al.*, 2006) การย้ายปลอก ปะการังเป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจาก สามารถดำเนินการได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ประชาชนทั่วไปสามารถที่ เข้ามามีส่วนร่วมในการฟื้นฟูได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก วิธีการดังกล่าว อาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แนวปะการังที่ได้รับปลูกทดแทนด้วยวิธีการนี้ จึงมี ความหลากหลายทางพันธุกรรม เดียวกันกับโคโลนีแม่ที่นำมาใช้ในการฟื้นฟู ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปะการัง ที่ได้มาจากการสืบพันธุ์ แบบอาศัยเพศอันเป็นผลมาจากการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ข้ามโคโลนี สำหรับ การฟื้นฟูแนวปะการังที่อาศัยกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เริ่มต้นจากการกำเนิดชีวิตระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย หลังจากเซลล์สืบพันธุ์ได้รับการปฏิสนธิเป็นตัวอ่อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ทั้งภายนอกหรือภายในโคโลนีแม่ และมีพัฒนาการเป็นตัวอ่อนที่อาศัยอยู่ในมวลน้ำในระยะหนึ่ง จึงทำการลงเกาะเพื่อยึดติดบนพื้นผิวแข็ง มีพัฒนาการเป็นปะการังที่สมบูรณ์และดำรงชีวิตที่บริเวณนั้นอย่างถาวรตลอดไป การฟื้นฟูแนวปะการังด้วยวิธีการนี้จึงใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูที่ค่อนข้างนาน โดยการฟื้นฟูในแนวปะการังธรรมชาติโดยตรง ไม่สามารถลดอัตราการสูญเสียตัวอ่อนจากศัตรูตามธรรมชาติ หรือจากปัจจัยภายนอกได้ ไม่ว่าจะเป็นสัตว์มีชีวิตอื่นที่กินไข่หรือตัวอ่อนปะการัง เป็นอาหาร (Westneat and Resing, 1988) รวมถึง ปริมาณตะกอนที่ส่งผลต่อการลงเกาะและ การอยู่รอดของตัวอ่อนปะการัง ภายหลังจากการลงเกาะบนพื้นผิว (Hodgson, 1990; Wittenberg and Hunte, 1992) ทำให้การเก็บเซลล์สืบพันธุ์หรือตัวอ่อนปะการังภายหลังการปล่อยจากโคโลนีแม่ออกสู่ธรรมชาติมาดำเนินการเพาะขยายพันธุ์และ อนุบาลตัวอ่อนปะการังในระบบเลี้ยง จึงเป็นอีก แนวทางหนึ่ง ในการลดอัตราการสูญเสียตัวอ่อนปะการังที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงจากศัตรูทางธรรมชาติได้

การ เพาะขยายพันธุ์ปะการังในระบบเลี้ยง ที่อาศัยหลักการ สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เป็นการ เก็บเซลล์สืบพันธุ์ จากปะการังกลุ่มที่มีการปฏิสนธิภายนอก หรือเก็บตัวอ่อนปะการังจากปะการัง กลุ่มที่มีการปฏิสนธิภายใน ซึ่งทำการเก็บโดยตรงจากโคโลนี ในธรรมชาติ หรือนำโคโลนีจาก ธรรมชาติมาทำการเลี้ยงเพื่อเก็บเซลล์สืบพันธุ์หรือตัวอ่อนในระบบเลี้ยงบนบก เช่น กรณีของการ เก็บเซลล์สืบพันธุ์ ต้องนำเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าวมาทำการผสมระหว่างไข่กับสเปิร์มในบ่อเพาะฟัก เป็นอันดับแรก เมื่อตัวอ่อนมีพัฒนาการเป็นตัวอ่อนที่ว่ายน้ำระยะสุดท้าย จึงนำแผ่นพื้นผิวแข็งมาใช้ เป็นวัสดุให้ตัวอ่อนปะการังทำการลงเกาะ และอนุบาลตัวอ่อนในระบบเลี้ยงเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อน นำไปอนุบาลต่อในทะเล (ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550; Omori and Fujiwara, 2004) และ นำไปฟื้นฟู ในพื้นที่ธรรมชาติที่ต้องการต่อไป ดังกล่าวข้างต้น วิธีการนี้อาศัยขั้นตอนที่หลากหลายและใช้ ระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน จึงทำให้เกิดเป็นแนวคิดในการศึกษาแนวทางลดระยะเวลาการอนุบาลตัว อ่อนให้สั้นลง โดยการกระแสไฟฟ้ากำลังอ่อนมาใช้เป็นตัวกระตุ้นให้ปะการังมีการเติบโตที่เร็ว ยิ่งขึ้น

การ นำกระแสไฟฟ้า มาใช้ในการฟื้นฟูแนวปะการังส่วนใหญ่ เป็นการนำชิ้นส่วนของ ปะการังที่แตกหักมายึดติดกับโครงเหล็กที่ได้รับกระแสไฟฟ้า (Goreau and Hilbertz, 1996; Trecek and Schuhmacher, 1997, 1999) โดยกระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยในการสร้างแคลเซียมคาร์บอเนตและ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหินปูนในโครงสร้าง แข็งของ ปะการัง ทำให้ ปะการังสามารถลดการใช้พลังงานในการสร้างหินปูน และนำพลังงานนั้นไปใช้ในการเจริญเติบโต และสืบพันธุ์ได้โดยตรง ทั้งนี้ โครงสร้างที่ได้รับกระแสไฟฟ้ามีตัวอ่อนของปะการังและสิ่งมีชีวิต อื่นทำการลงเกาะมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่เกี่ยวกับการใช้กระแสไฟฟ้าในการฟื้นฟู แนวปะการังยังมีการศึกษาน้อยและไม่ชัดเจน

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาอัตราการลงเกาะ การเติบโต และ การอยู่รอดของปะการัง ที่มีการปฏิสนธิภายใน ได้แก่ ปะการัง ดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis* และปะการังที่มีการปฏิสนธิภายนอก ได้แก่ ปะการังเขากวาง *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* โดยผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

1.3 ขอบเขต

เตรียมปะการังโดยการ เพาะขยายพันธุ์และ เลี้ยงตัวอ่อนปะการัง ทั้ง 3 ชนิด (*Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* และ *Acropora millepora*) ในระบบเพาะฟัก ทำการศึกษาอัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของตัวอ่อนปะการังระยะหลังลงเกาะบนพื้นผิว ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลดังกล่าวกับปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ องค์ความรู้ใหม่ที่เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเพาะขยายพันธุ์ปะการังที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อให้มีอัตราการเติบโตและอัตราการรอดที่สูงขึ้น อันเป็นแนวทางในภาคระยะเวลาการเตรียมตัวอ่อนปะการังที่นำไปใช้ในกาฟื้นฟูแนวปะการังให้สั้นลง



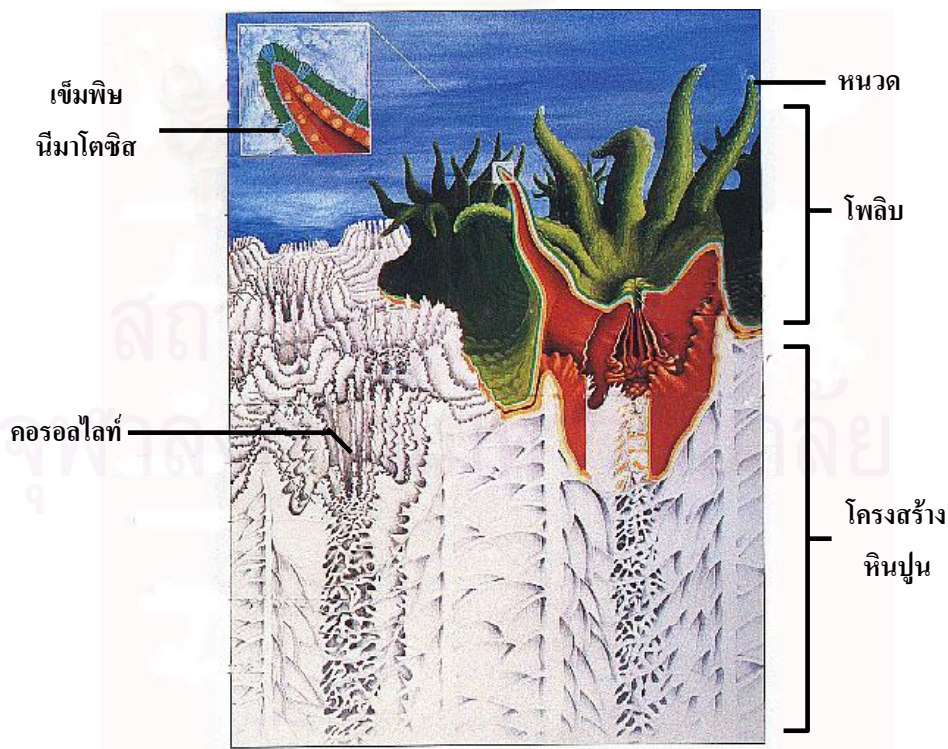
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาปะการัง

ปะการังเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในไฟลัม Coelenterata ชั้น Anthozoa อันดับ Scleractinia ส่วนประกอบที่สำคัญของปะการังมี 2 ส่วน (รูปที่ 2.1) คือ ตัวปะการัง ซึ่งเรียกว่า โพลิบ (polyp) โพลิบปะการังมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีหนวด (tentacle) เรียงรายอยู่รอบส่วนที่เป็นปากจำนวน 6 เส้น หรือทิวคูนของหูก ภายในส่วนของหนวดมีเข็มพิษ (nematocysts) ที่ช่วยในการดักจับอาหาร สำหรับอีกส่วนหนึ่งของปะการังได้แก่โครงสร้างแข็งที่เป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate; CaCO_3) ซึ่งอยู่ในรูปอะราโกไนต์ (aragonite) และแคลไซต์ (calcite) รวมทั้งแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (magnesium hydroxide; $\text{Mg}(\text{OH})_2$) หรือบรูไซต์ (brucite) (Buster and Holmes, 2006) ปะการังมีลักษณะการอาศัยแบบพึ่งพากับสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) โดยสาหร่ายซูแซนเทลลีอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นแกสโตรเดอริมิส (gastrodermis) ของปะการัง (Muller-parker and D'Elia, 1997) ทำหน้าที่ช่วยในการสร้างหินปูนให้แก่ปะการังจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายดังกล่าว (Gattuso *et al.*, 1999)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของปะการัง (ดัดแปลงจาก Veron, 2000)

ปะการังส่วนใหญ่อาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่าโคโลนี (colony) ซึ่งทำให้ปะการังมีรูปร่างที่หลากหลาย เช่น แบบกิ่งก้านหรือเขากวาง (branching) แบบก้อน (massive) แบบกึ่งก้อน (sub-massive) แบบทรงแผ่นแบนคล้ายโต๊ะ (tabulate) แบบเคลือบ (encrusting) เป็นต้น รูปร่างที่หลากหลายเหล่านี้ทำให้แนวปะการังมีโครงสร้างซับซ้อนเหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่เข้ามาอาศัยและใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

2.1.1 การสืบพันธุ์ของปะการัง

ปะการังสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้ง แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ

(1) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

ลักษณะทางเพศของปะการังมี 2 แบบ ได้แก่ แบบ hermaphroditic ซึ่งแต่ละ โพลิบมีทั้ง เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm) และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (egg) อยู่รวมกัน และแบบ gonochoric หรือที่เป็นลักษณะแยกเพศ โดยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียแยกอยู่ต่าง โพลิบหรือต่างโคโลนี ทั้งนี้การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศสามารถแบ่งออกเป็น การสืบพันธุ์โดยการปฏิสนธิภายใน (brooder spawner) และการปฏิสนธิภายนอก (broadcasting-spawner)

การปฏิสนธิภายใน หมายถึง การที่เซลล์สืบพันธุ์เพศเมียหรือเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิจากสเปิร์มภายในตัวปะการัง และมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนในโคโลนีแม่ จากนั้น จึงปล่อยออกตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ (planula larva) ออกสู่มวลน้ำโดยตรง (Szmant, 1986) ตัวอ่อนปะการังที่ถูกปล่อยออกมาส่วนใหญ่ได้รับสารอาหารจากเซลล์ที่มากพร้อมกับตัวอ่อนด้วย เช่น ปะการัง *Pocillopora damicornis* และ *Alveopora japonica* เป็นต้น (Ayre and Resing, 1986; Harii *et al.*, 2001) ทั้งนี้ ตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการปฏิสนธิภายในจะมีความพร้อมในการลงเกาะสูง โดยสามารถลงเกาะบนพื้นผิวได้อย่างรวดเร็วภายในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 วัน (Wainwright, 1963; Harii *et al.*, 2002; Fan *et al.*, 2002; Kuanui *et al.*, 2009)

ขณะที่การสืบพันธุ์โดยการปฏิสนธิภายนอก หมายถึง การที่ปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียออกมาปฏิสนธิในมวลน้ำ ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิมีพัฒนาการเป็นตัวอ่อนในมวลน้ำต่อไป (Fautin, 2002) ทั้งนี้ ระยะเวลาพัฒนาการของไข่ในปะการังแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น ในปะการังกลุ่ม *Acropora* ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิใช้ระยะเวลาประมาณ 35 ชั่วโมงในการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ (ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550 ; Hayashibara *et al.*, 1997) และมีความพร้อมในการลงเกาะได้ภายในระยะเวลา ประมาณ 2 วัน อย่างไรก็ตาม ตัวอ่อนปะการังส่วนใหญ่ทำ

การลงเกาะภายใน 10 วัน หลังจากปฏิสนธิ เช่น ตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* มีความพร้อมในการลงเกาะประมาณวันที่ 4 –5 หลังการปฏิสนธิ (Babcock and Heyward, 1986; Nozawa and Harrison, 2002) อนึ่ง ตัวอ่อนปะการังที่มีการปฏิสนธิภายนอกนี้ไม่ได้รับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากปะการังโคโลนีแม่โดยตรง แต่จะได้รับเข้ามาภายหลังจากการลงเกาะบนพื้นผิว (Schwarz *et al.*, 1999)

นอกจากความแตกต่างของชนิดปะการังที่มีผลต่อวิธีการสืบพันธุ์ของปะการังแล้ว ความแตกต่างของพื้นที่ อันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปะการังในพื้นที่ที่ต่างกันมีการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ถึงแม้ว่าการสืบพันธุ์ของปะการังส่วนใหญ่เป็นการปฏิสนธิภายนอก โดยที่มี 2 เพศใน โพลิบเดียวกัน (Richmond and Hunter, 1990) ก็ตาม เช่น ปะการัง *Acropora humilis* สามารถ สืบพันธุ์ได้ทั้ง การปฏิสนธิภายในและภายนอก โดย ปะการังชนิดนี้ที่ บริเวณหมู่เกาะปะการังเอเนเวตัก (Enewetak atoll) สาธารณรัฐหมู่เกาะมาร์แชลล์ (Marshall islands) มีการปล่อยตัวอ่อนปะการังจากการปฏิสนธิภายใน (Stimson, 1978) ขณะที่ปะการังชนิดเดียวกัน ส่วนใหญ่ในบริเวณอื่นมีการสืบพันธุ์โดยปฏิสนธิภายนอก (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550; Richmond and Hunter, 1990; Shlesinger *et al.*, 1998) หรือกรณีปะการัง *Porites astroides* ในพื้นที่เดียวกันที่ประเทศจาไมกา พบกลุ่มที่มีการแยกเพศและสองเพศในตัวเดียวกัน (Chomesky and Peters, 1987)

อนึ่ง ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ยังส่งผลต่อ ช่วงเวลาการสืบพันธุ์ของปะการังเช่นกัน ปะการัง *Pocillopora damicornis* ทางตอนใต้ของไต้หวันมีการปล่อยตัวอ่อนในช่วงแรม 2 –9 ค่ำ (Fan *et al.*, 2002) ขณะที่ปะการังชนิดดังกล่าวในพื้นที่ปะการัง ธรรมชาติเขาหมาจอ ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีการปล่อยตัวอ่อนในช่วงขึ้น 5–12 ค่ำของทุกเดือน (Kuanui *et al.*, 2009) ทั้งนี้ ปะการังเขากวางกลุ่ม Acroporidae ในประเทศไทยพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน (ศรีสกุล ภิรมย์วารการ และคณะ, 2549 ; ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550; Viyakarn *et al.*, 2009)

(2) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่พบในปะการังส่วนใหญ่เป็นการสืบพันธุ์แบบการแตกหน่อ ซึ่งเป็นการเติบโตโดยการขยายขนาด โคลนีให้ใหญ่ขึ้น หรือเป็นการเพิ่มพื้นที่ของขนาด โคลนีให้กับปะการัง การแบ่งตัวดังกล่าวทำให้เกิดโพลิบปะการังใหม่เพิ่มขึ้น ซึ่งติดอยู่กับโพลิบเดิม เป็นการเพิ่มขึ้นของจำนวนโพลิบ หรือเป็นการสร้าง โคลนีจากโพลิบเดิมนั้นเอง ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่ทำให้เกิดโคลนีใหม่ เช่น การแตกหัก (fragmentation) เกิดจากบางส่วนของปะการังเกิดการแตกหัก และส่วนที่หักออกนั้นตกลงสู่พื้นผิวแข็งด้านล่าง จากนั้นสามารถดำรงชีวิตอยู่รอดและเติบโตเป็นโคลนีใหม่ การเกิดโคลนีใหม่ด้วยวิธีนี้โดยทั่วไปเกิดขึ้นใกล้ โคลนีเดิม

นอกจากนี้ ยังมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอีกแบบหนึ่งซึ่งเป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากพัฒนาการของเซลล์ไข่ที่ไม่ได้รับการปฏิสนธิจากเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ภายในตัวแม่ (parthenogenesis) เมื่อไข่มีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำที่สมบูรณ์แล้ว ตัวอ่อนดังกล่าวจึงถูกปล่อยออกจากโพลิบ เช่น ปะการัง *Pocillopora damicornis*, *Tubastrea diapha*, *Tubastrea coccinea* เป็นต้น (Stoddart, 1983; Ayre and Resing, 1986; Permat *et al.*, 2000) ทั้งนี้ ปะการังที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศทั้งหมดมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนปะการังตัวแม่ ซึ่งหมายถึง การขยายจำนวนปะการังที่อาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนี้ส่งผลให้ปะการังมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ

2.1.2 ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

ปะการัง *Pocillopora damicornis* จัดเป็นปะการังที่มีรูปร่างเป็นกิ่งแบบพุ่ม มีปุ่มที่แท้จริง (verrucae) บริเวณกิ่ง พบทั่วไปบริเวณแนวปะการังที่มีความลาดชันต่ำในเขตร้อน (Veron and Pichon, 1976) รูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการังชนิดนี้พบหลายรูปแบบ เช่น แบบ ปฏิสนธิภายใน (hermaphroditic brooder) (Fan *et al.*, 2002; Harii *et al.*, 2002) แบบไม่อาศัยเพศที่มีการพัฒนาของเซลล์ไข่โดยไม่ได้รับการปฏิสนธิจากสเปิร์ม (parthenogenesis) (Stoddart, 1983; Permat *et al.*, 2000) นอกจากนี้ ยังมีรายงานความเป็นไปได้ว่ามีการสืบพันธุ์โดยการปฏิสนธิภายนอกด้วยเช่นกัน (broadcast spawner) (Ward, 1992) ทั้งนี้ บริเวณแนวปะการังเขาหมาจ้อ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบปะการังดอกกะหล่ำชนิดนี้ มีการปล่อยตัวอ่อนปะการังระยะว่ายน้ำออกสู่มวลน้ำโดยตรง (Kuanui *et al.*, 2009)

2.1.3 ปะการังเขากวาง *Acropora spp.*

เป็นกลุ่มปะการังที่มีลักษณะเป็นกิ่ง มีรูปร่างคล้ายเขากวาง กิ่งไม้ สามารถขยายเป็นแผ่นพุ่ม หรือ โด๊ะ (Veron, 2000) รูปแบบการสืบพันธุ์ของปะการังชนิดนี้เป็นการปฏิสนธิภายนอกและมีสองเพศในตัวเดียวกัน (hermaphroditic spawner) ซึ่งเป็นลักษณะการสืบพันธุ์ส่วนใหญ่ ในปะการังกลุ่มนี้ กลุ่มปะการัง *Acropora* ในอ่าวไทยพบ 37 ชนิด มีพื้นที่ควบคุมเฉลี่ย 14.9 เปอร์เซ็นต์ โดยพบชนิดของปะการัง *Acropora millepora*, *Acropora samoensis* และ *Acropora digitifera* มาก (อัญชลี จันทร์คง, 2549)

2.2 ความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง

ปัจจุบัน สภาพแนวปะการังในประเทศไทยจัดอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก ถึง 35 % (Tun *et al.*, 2008) สาเหตุที่เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น พายุ ปะการังฟอกขาว เป็นต้น ส่วนสาเหตุที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การกระทำประมงผิดกฎหมาย การท่องเที่ยว เป็นต้น ทั้งนี้ กิจกรรมที่มีผลจากการท่องเที่ยว เช่น การดำน้ำผิวน้ำ (snorkeling) สามารถส่งผลกระทบต่อปะการังเช่นกัน โดยส่งผลต่อการแตกหักถึง 82 % ของการสัมผัสทั้งหมด รองลงมาได้แก่ กิจกรรม sea walker และ การดำน้ำแบบสกูบา (SCUBA) ตามลำดับ (นฤมล กรกณิตนันท์, 2541)

2.3 การฟื้นฟูแนวปะการัง

แนวทางของกระบวนการฟื้นฟูสภาพแนวปะการังสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปล่อยให้ธรรมชาติฟื้นฟูตนเอง ซึ่งรวมถึงมนุษย์อาจมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้นๆ หรือ การสร้างแนวปะการังเทียม (artificial reef) ที่มีวัตถุประสงค์หลักในการสร้างเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยให้สัตว์น้ำ โดยเฉพาะปลา โครงสร้างของแนวปะการังเทียมช่วยเพิ่มพื้นที่ในการลงเกาะให้กับสัตว์น้ำต่างๆ รวมถึงตัวอ่อนปะการังเช่นกัน (Perkol-Finkel and Benayahu, 2004) แต่สามารถเกิดขึ้นได้เฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ในแหล่งที่มีตัวอ่อนปะการังเท่านั้น การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังจึงเป็นผลพลอยได้ที่มาจากการสร้างปะการังเทียม ในกรณีการฟื้นฟูแนวปะการังโดยมนุษย์เข้ามามีส่วนร่วมโดยตรง เช่น การเพิ่มพื้นผิวในการลงเกาะ (settlement area) ให้กับตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติ โดยการนำวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นพื้นผิวให้ตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติลงเกาะ เช่น หิน ซีเมนต์ อิฐบล็อก ทั้งหลายรูปทรง กลม เหลี่ยม กระบอก หรืออื่นๆ เป็นต้น (นลินี ทองแถม และคณะ, 2546 ; Spieler *et al.*, 2001; Perkol-Finkel and Benayahu, 2004) นอกจากนี้ การฟื้นฟูแนวปะการังโดยนำหลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาใช้ในการฟื้นฟู (ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550 ; Omori, 2005; Kuanui *et al.*, 2009) รวมถึง การนำกระแสไฟฟ้ามาใช้ (Goreau and Hilbertz, 1996; Trecek and Schuhmacher, 1997, 1999; Schillak *et al.*, 2000)

2.3.1 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การฟื้นฟูแนวปะการังที่ใช้หลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แบ่งออกได้หลายขั้นตอน ขึ้นอยู่กับพื้นที่และวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปหมายถึง การนำพื้นผิวแข็งมาวางลงในธรรมชาติเพื่อให้ตัว

อ่อนปะการังมาลงเกาะ แล้วจึงนำตัวอ่อนปะการังดังกล่าวไปใช้ในการฟื้นฟูแนวปะการังต่อไป ซึ่งพื้นผิวที่นิยมนำมาใช้ในการลงเกาะส่วนใหญ่ได้แก่ กระเบื้องดินเผา (Dunstan and Johnson, 1997; Mundy, 1999; Glassom *et al.*, 2004; Okamoto *et al.*, 2005; Field *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม การปล่อยให้ตัวอ่อนทำการลงเกาะบนพื้นผิวที่ให้ในแนวปะการังธรรมชาติ ได้รับอิทธิพลเช่นเดียวกับตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะตามธรรมชาติโดยตรง อันเป็นผลมาจากปัจจัยแวดล้อม ปริมาณตะกอนแขวนลอย ตำแหน่งในการลงเกาะ รวมถึง การแก่งแย่งพื้นที่ และการเป็นอาหารของสัตว์ทะเลชนิดอื่น (Tanner, 1995; Frank *et al.*, 1997; De'ath and Moran, 1998; Yap and Molina, 2003)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวเบื้องต้น การเพาะขยายพันธุ์ปะการังและการอนุบาลตัวอ่อนปะการังระยะหลังการลงเกาะในระบบอนุบาล ด้วยวิธีการฟื้นฟูแนวปะการัง ตามวิธีการของ Omori and Fujiwara (2004) ที่ทำการเก็บเซลล์สืบพันธุ์จากธรรมชาติมา เพาะฟักให้ไข่กับสเปิร์มได้รับการปฏิสนธิ และมีพัฒนาการเป็น ตัวอ่อนปะการัง ในระบบเลี้ยงบนบก ตลอดจนอนุบาล ให้ตัวอ่อนเติบโตได้ในระดับหนึ่งในระบบเลี้ยงดังกล่าว แล้วนำไปอนุบาลต่อในทะเล เพื่อให้ ปะการังมีการเติบโตในขนาดที่มีความสามารถแข่งขันกับสัตว์ทะเลชนิดอื่นได้ แล้วจึง นำไปฟื้นฟูแนวปะการังธรรมชาติต่อไป จึงเป็น วิธีการที่ลดอัตราการสูญเสียตัวอ่อน ปะการังที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยทางธรรมชาติต่างๆ ได้เป็น จำนวนมาก จากการเพิ่ม อัตรารอดหรือผลผลิตให้กับตัวอ่อนปะการังที่ทำการเพาะฟักนั้น

2.3.2 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยทั่วไป หมายถึง การปลูกปะการังทดแทนด้วย การนำหรือตัดชิ้นส่วนของปะการังมายึดติดกับพื้นผิวต่างๆ เช่น อิฐบล็อก ท่อพีวีซี ตาข่ายพลาสติก เป็นต้น (Clark and Edwards, 1995; Ammar *et al.*, 2000; Jaap, 2000; Ammar and Mahmoud, 2005; Shafir *et al.*, 2006) จากนั้น จึงนำชิ้นส่วนของปะการังที่ยึดติดแล้วไปย้ายปลูกในแนวปะการังที่ต้องการ ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในการฟื้นฟูแนวปะการัง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และเห็นผลดำเนินการอย่างรวดเร็ว วิธีการนี้ปะการังสามารถเติบโตต่อไปได้ด้วยการแตกหน่อ เช่น การย้ายปลูกปะการังที่ได้รับความเสียหายจากเส้นทางเดินเรือในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา (Jaap, 2000) การย้ายปลูกปะการังในพื้นที่แนวปะการังเสื่อมโทรมในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต (นลินี ทองแถม และคณะ, 2546) เป็นต้น แต่การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการย้ายปลูกซึ่งอาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนั้น ลักษณะทางพันธุกรรมของปะการังทั้งหมดเหมือนปะการังต้นแบบ ทำให้ปะการังที่ได้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ ซึ่งสามารถได้รับอิทธิพล

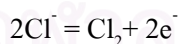
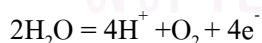
จากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมได้ง่ายกว่าปะการังที่มาจาก การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่มีความหลากหลายของพันธุกรรมสูงกว่า

2.3.3 การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

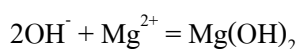
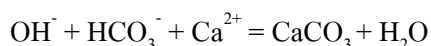
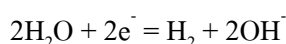
การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ เป็นการนำชิ้นส่วนของปะการังธรรมชาติที่แตกหักจากการกระทำของธรรมชาติ ทั้งกระแสน้ำลม พายุ หรือจากกิจกรรมของมนุษย์ มายึดติดกับโครงสร้างของเหล็กเส้นที่สามารถดัดแปลงให้เป็นรูปร่างต่างๆ หรือเป็นโครงสร้างตาข่ายเหล็ก แล้วจึงปล่อยกระแสไฟฟ้า ระดับกำลังต่ำ ผ่านเข้าสู่โครงสร้างนั้น (Goreau and Hilbertz, 1996; Treeck and Schuhmacher, 1997, 1999; Schillak *et al.*, 2000; Sabater and Yap, 2002, 2004; Borell *et al.*, 2008)

การฟื้นฟูปะการังโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอาศัยหลักการเกี่ยวกับ อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) ซึ่งหมายถึง กระบวนการทางไฟฟ้าซึ่งมี การทำงานโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) โดยการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ ที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ขั้วไฟฟ้าให้กลายเป็นกลาง ปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดการตกตะกอนของสารประกอบที่ต้องการบนขั้วแคโทด กระบวนการนี้ประกอบด้วยขั้วกระแสไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วแคโทดซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วลบและขั้วแอโนดซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วบวก (รูปที่ 2.2) โดยขั้วแคโทดที่ใช้ในวิธีการฟื้นฟูนี้ส่วนใหญ่เป็นเหล็กเส้นที่ทำให้เป็นโครงสร้างรูปทรงต่างๆ หรือเหล็กที่มีลักษณะเป็นตาข่าย ขณะที่ขั้วแอโนดส่วนใหญ่ใช้ไทเทเนียม ตะกั่ว หรือเหล็ก โดยขั้วไฟฟ้าทั้งสองอยู่ในน้ำทะเลที่ทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และเมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความต่างศักย์ ของขั้วไฟฟ้าและเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ดังนี้

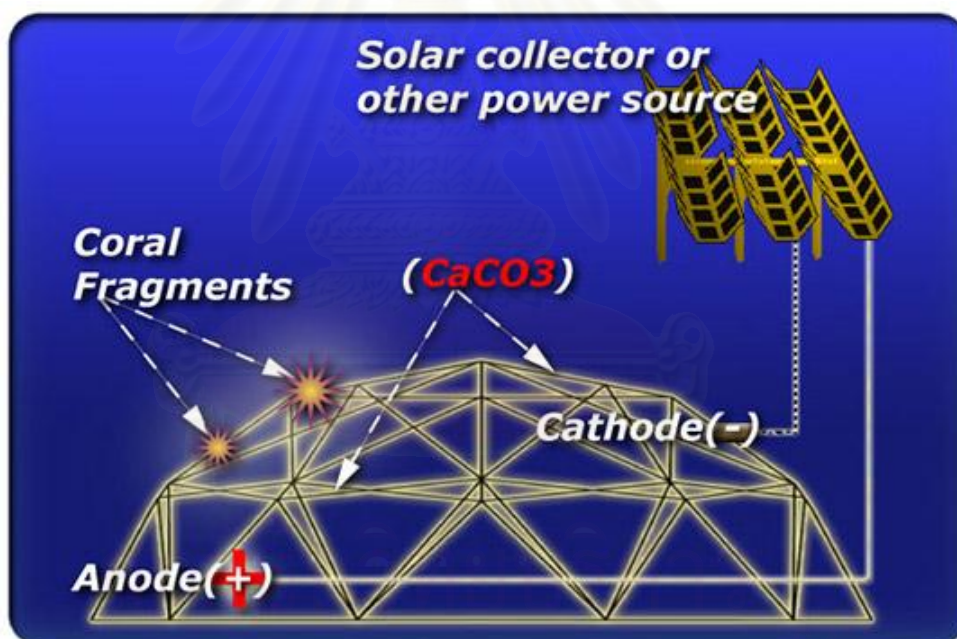
ขั้วแอโนด



ขั้วแคโทด



จากสมการพบว่า กระแสไฟฟ้า ทำการ กระตุ้นให้ เกิดการตกตะกอนของสารประกอบ หินปูน แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) หรือ แคลไซต์ (calcite) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) หรือ บรูไซต์ (brucite) เกาะที่ขั้วไฟฟ้าแคโทด นอกจากนี้ ยังเกิดก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่ ขั้วแคโทดเช่นกัน ทั้งนี้ ขั้วแคโทดเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการติดชิ้นส่วนของปะการัง ขณะที่ขั้วแอโนด ให้ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคลอรีน (Cl_2) (Hilbertz, 1978, 1992; Goreau and Hilbertz, 1996) นอกจากนี้ขั้วไฟฟ้าทั้งสองนี้ สิ่งที่สำคัญอีกสิ่งหนึ่งในกระบวนการฟื้นฟูโดยใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้น นี้ก็คือ ตัวกำเนิดไฟฟ้าที่ให้กระแสไฟฟ้าตรง ซึ่งอาจมาจากกระแสไฟฟ้าบ้าน หรือจากพลังงาน แสงอาทิตย์ (Hilbertz, 1992; Schillak *et al.*, 2000; Sabater and Yap, 2002) โดยเป็นกระแสไฟฟ้า ระดับต่ำ เนื่องจากการใช้กระแสไฟฟ้าระดับสูงส่งผลต่อการสร้างสารประกอบหินปูนอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบหินปูนในรูปบรูไซต์ที่มีลักษณะอ่อน ขณะที่กระแสไฟฟ้าระดับต่ำ สร้างสารประกอบหินปูนกลุ่มพวกแคลไซต์ ซึ่งมีลักษณะที่แข็งแรงกว่า แต่ใช้เวลาในการสร้าง ก่อนข้างช้า (Hilbertz, 1992)



รูปที่ 2.2 หลักการฟื้นฟูปะการังโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (ที่มา: www.Biorock.net.)

การฟื้นฟูแนวปะการังโดยการนำชิ้นส่วนของปะการังมาย้ายปลูกในโครงสร้างที่ ได้รับการ กระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้านั้น Schubmacher *et al.* (2000) ได้ย้ายปลูก ชิ้นส่วน ปะการังที่หักจาก อุบัติเหตุเรือชนหรือจากการท่องเที่ยวมา ยังโครงสร้างที่ ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า โดย โครงสร้าง ดังกล่าว สร้างหินปูนขึ้นมายึดติดกับปะการัง หลังจาก 2 สัปดาห์ ปะการัง ถูกยึดด้วย หินปูนทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Treeck and Schubmacher, 1997) ปะการังที่ถูกย้ายปลูกบน

โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการรอดและการเติบโตแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของปะการัง อย่างไรก็ตาม มีอัตราการรอดค่อนข้างสูง ส่วน Schumacher *et al.* (2000) รายงานว่า ปะการังที่นำมาย้ายปลูกลงบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการรอดไม่ต่ำกว่า 90 % ในเวลา 6 เดือน ขณะที่ Schillak *et al.* (2000) พบว่าปะการัง *Stylophora pistillata* บนโครงสร้างลักษณะดังกล่าว มีอัตราการรอด 83.4 % แต่ *Acropora humilis* มีอัตราการรอดเพียง 8.3 % เท่านั้น สำหรับอัตราการเติบโตในปะการัง *Stylophora pistillata* กับ *Acropora humilis* มีค่าเท่ากับ 3.6 กับ 3.2 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้กระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยให้ปะการังที่ติดอยู่บนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการเติบโตที่ดีกว่าปะการังบริเวณใกล้เคียงที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (Goreau and Hilbertz, 1996) ซึ่งอาจเนื่องมาจาก การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดไอออนจำพวก Ca^{2+} Mg^{2+} CO_3^{2-} OH^- และ HCO_3^- เพิ่มมากขึ้นซึ่งก็เป็นผลดีต่อการเติบโต และสร้างหินปูนของปะการัง (Sabater and Yap, 2004) นอกจากนี้ กระบวนการนี้ยังช่วยลดพลังงานในการส่งโปรตอนและแคลเซียม (protons and calcium pumping) เข้าสู่โครงสร้างของปะการัง เนื่องจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าให้ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) แก่โครงสร้างการเติบโตของปะการังโดยตรง ซึ่งสภาพที่มีความเป็นด่างทำให้ไม่มีการใช้พลังงานในการส่งโปรตอน ปะการังจึงมีพลังงานนำไปใช้ในการเติบโต สืบพันธุ์ และต้านทานต่อสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้สูงขึ้น (Goreau and Hilbertz, 1996; Goreau *et al.*, 2004)

Sabater and Yap (2002) ได้ศึกษาการเติบโตและการอยู่รอดของปะการัง *Porites cylindrical* พบว่าปะการังที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีการเติบโตทั้งความสูง และเส้นรอบวง ที่สูงกว่าปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยมีความสูงที่ 38 ± 1.70 % และ 36 ± 2.37 % ในปะการังที่ได้รับและไม่ได้รับการ กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ตามลำดับ และปะการังที่ได้รับ การกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้ามี อัตราการตายที่ 14 % ซึ่งต่ำกว่า ปะการังที่ไม่ ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (30 %) อย่างไรก็ตามการเติบโตและการอยู่รอดของปะการังที่ได้รับ และไม่ได้รับการกระตุ้น ด้วยกระแสไฟฟ้ามี ค่าต่ำกว่าปะการังในธรรมชาติที่ไม่ได้รับการรบกวน (ชุดควบคุม) สำหรับการศึกษาของ Borell *et al.* (2008) พบว่าปะการังบนแผ่นไม้ไผ่ที่ติดอยู่บนโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า) มีการเติบโตที่ดีกว่า ปะการังที่ติดอยู่บน โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และปะการังบนแผ่น ไม้ไผ่ที่อยู่ ห่างจาก โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการฟื้นฟูโดยการ ใช้กระแสไฟฟ้ามี แนวโน้มว่าสามารถช่วยเพิ่มการเติบโตของปะการังได้ นอกจากนี้โครงสร้างหินปูนที่ เกิดจากการ

ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ยังพบว่ามีความอ่อนปะการัง และสิ่งมีชีวิตอื่นมาลงเกาะ เช่นกัน (Goreau and Hilbertz, 1996; Schuhmacher *et al.*, 2000; Goreau and Hilbertz, 2005)

จากที่กล่าวไปข้างต้นเห็นได้ว่าการใช้กระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มในการช่วยเร่งการเติบโตของปะการัง จึงมีแนวคิดในการนำมาใช้ฟื้นฟูแนวปะการังโดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟู เนื่องจากความอ่อนปะการังมีการเติบโตค่อนข้างช้า ดังนั้น หากสามารถนำวิธีการที่ทำให้ความอ่อนปะการัง มีการเติบโตที่เร็วขึ้น ทำให้สามารถช่วยให้การฟื้นฟูแนวปะการังที่อาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษานี้จึงนำกระแสไฟฟ้ามาใช้ในการเพาะเลี้ยง ปะการัง *Pocillopora damicornis*, *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* เพื่อศึกษาอัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของปะการังต่อไป

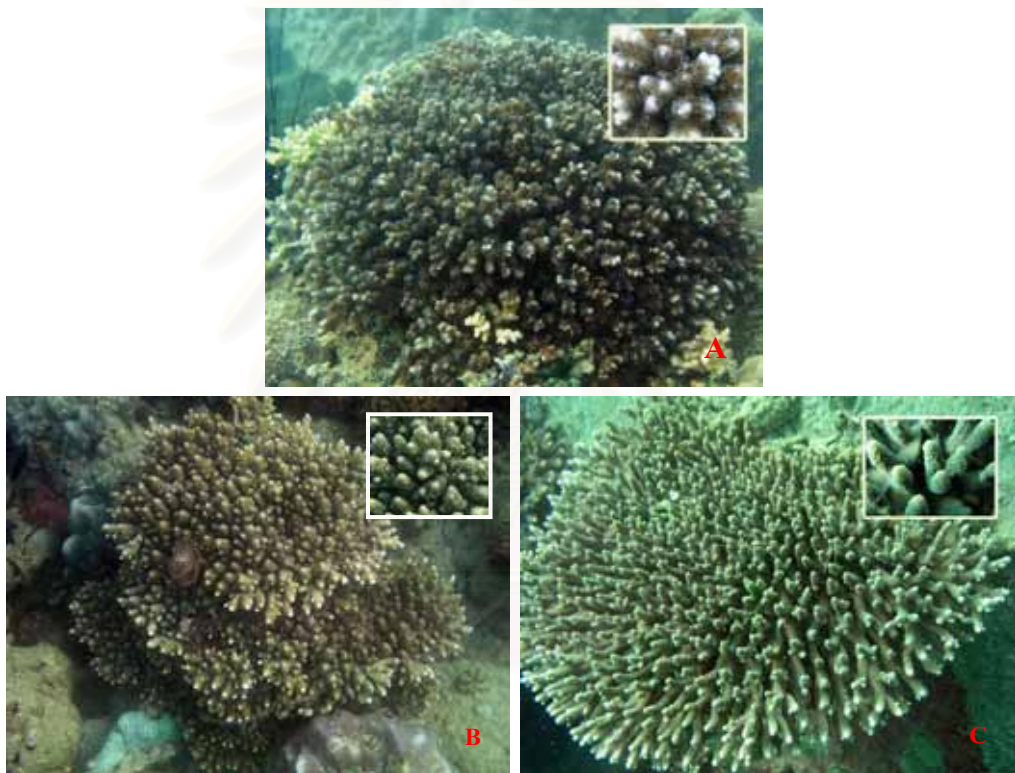


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการศึกษา

ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis* และปะการังเขากวาง 2 ชนิด คือ *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* (รูปที่ 3.1) ที่ได้จากแนวปะการัง บริเวณหมู่เกาะ แสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 3.1 ชนิดของปะการังที่ใช้ในการศึกษา

A: ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*; B: ปะการังเขากวาง *Acropora humilis* และ
C: ปะการังเขากวาง *Acropora millepora*

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่อ่าวสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และบริเวณอ่าวเจง อ่าวกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (รูปที่ 3.2) ตามรายละเอียดดังนี้

1) พื้นที่ติดตามการสร้างและปล่อยเซลล์สี่พันธุ

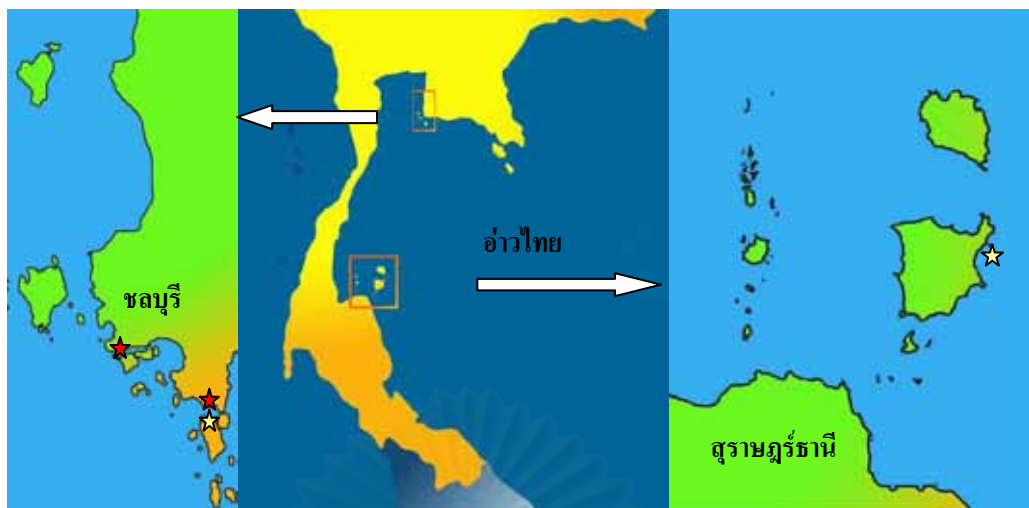
ปะการัง ในแนวปะการังธรรมชาติ บริเวณแนวกันคลื่น ฟังตะวันออกของเกาะเตาหม้อ (รูปที่ 3.3A) และแนวปะการังเขาหมาจ้อ (รูปที่ 3.3B) อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

2) พื้นที่อนุบาลตัวอ่อนปะการัง

โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (รูปที่ 3.3C) และ บริเวณ โครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า อ่าวเฉวง อำเภอกะสมุย จังหวัด สุราษฎร์ธานี (รูปที่ 3.3D)

ทั้งนี้ โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 3.3D) หมายถึง โครงสร้าง เหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี โดยโครงสร้างเหล็ก จัดเป็นขั้วแคโทด และมีไทเทเนียมเป็นขั้วแอโนด น้ำทะเลทำหน้าที่เป็น electrolyte และ เชื่อมวงจรไฟฟ้าให้ครบวงจร ซึ่งทำให้เกิดการสร้างสารประกอบหินปูนที่ผิวโครงสร้างเหล็ก (ขั้ว แคโทด) ทั้งนี้โครงสร้างดังกล่าว ณ บริเวณอ่าวเฉวง อยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 200 เมตร ประกอบด้วย โครงสร้างเหล็ก 4 โครงสร้าง แบ่งเป็นโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด $320 \times 340 \times 160$ เซนติเมตร จำนวน 3 โครงสร้าง และโครงสร้างเหล็กที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าขนาด $73 \times 108 \times 43$ เซนติเมตร จำนวน 1 โครงสร้าง ทั้งนี้ โครงสร้างที่ได้รับการ กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีแหล่งกำเนิดพลังงานจากกระแสไฟฟ้าบ้านที่ผ่านการแปลงกระแสไฟ สลับเป็นกระแสไฟตรง โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และให้กระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ จาก แหล่งกำเนิด ผ่านเข้าสู่โครงสร้างเหล็กทั้ง 3 โครงสร้าง ให้โครงสร้างที่ 1 ได้รับกระแสไฟฟ้า ระดับสูง (ประมาณ 0.90 แอมแปร์/ตารางเมตร) โครงสร้างที่ 2 ได้รับกระแสไฟฟ้าระดับกลาง (ประมาณ 0.65 แอมแปร์/ตารางเมตร) และโครงสร้างที่ 3 ได้รับกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ (ประมาณ 0.40 แอมแปร์/ตารางเมตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 พื้นที่ทำการศึกษา

★ : พื้นที่ติดตามการสร้างและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์; ☆ : พื้นที่อนุบาลตัวอ่อนปะการัง



รูปที่ 3.3 ลักษณะพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ติดตามการสร้างและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ บริเวณแนวกันคลื่นด้านทิศตะวันออก เกาะเตาหม้อ (A) และแนวปะการังเขาหมาจอ จังหวัดชลบุรี (B); พื้นที่อนุบาลตัวอ่อนปะการัง บริเวณโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (C) และ โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อ่าวเฉวง อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (D)

3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอ่อนปะการัง

3.3.1 การติดตามการสร้าง และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในธรรมชาติ

(1) ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

ทำการเก็บตัวอ่อน ปะการัง *Pocillopora damicornis* ตามวิธีของ Kuanui *et al.* (2009) โดยทำการสุ่มเก็บโคโลนีปะการังจำนวน 8 โคโลนี แต่ละโคโลนีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ทั้งนี้ ลักษณะของปะการังที่มีตัวอ่อนในระยะพร้อมปล่อย และการเก็บตัวอ่อนปะการังในถังเลี้ยง แสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 ตามลำดับ



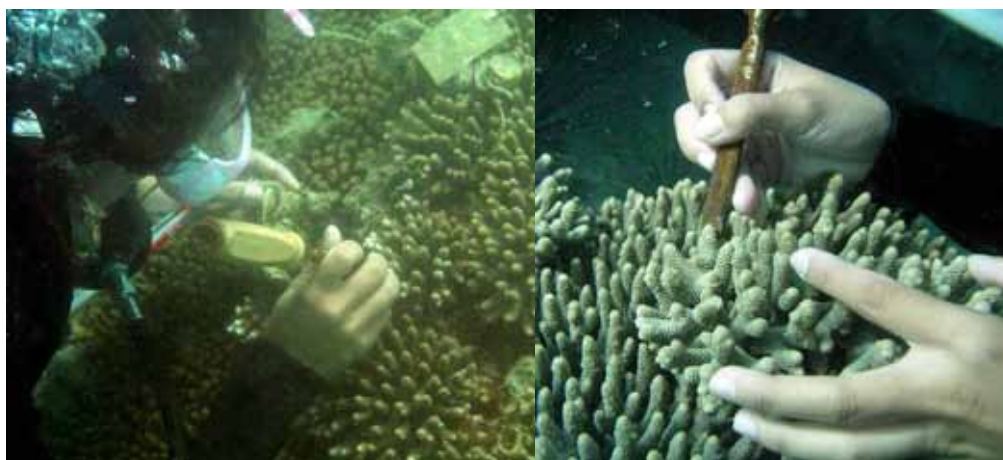
รูปที่ 3.4 ปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่มีตัวอ่อนในระยะพร้อมปล่อย



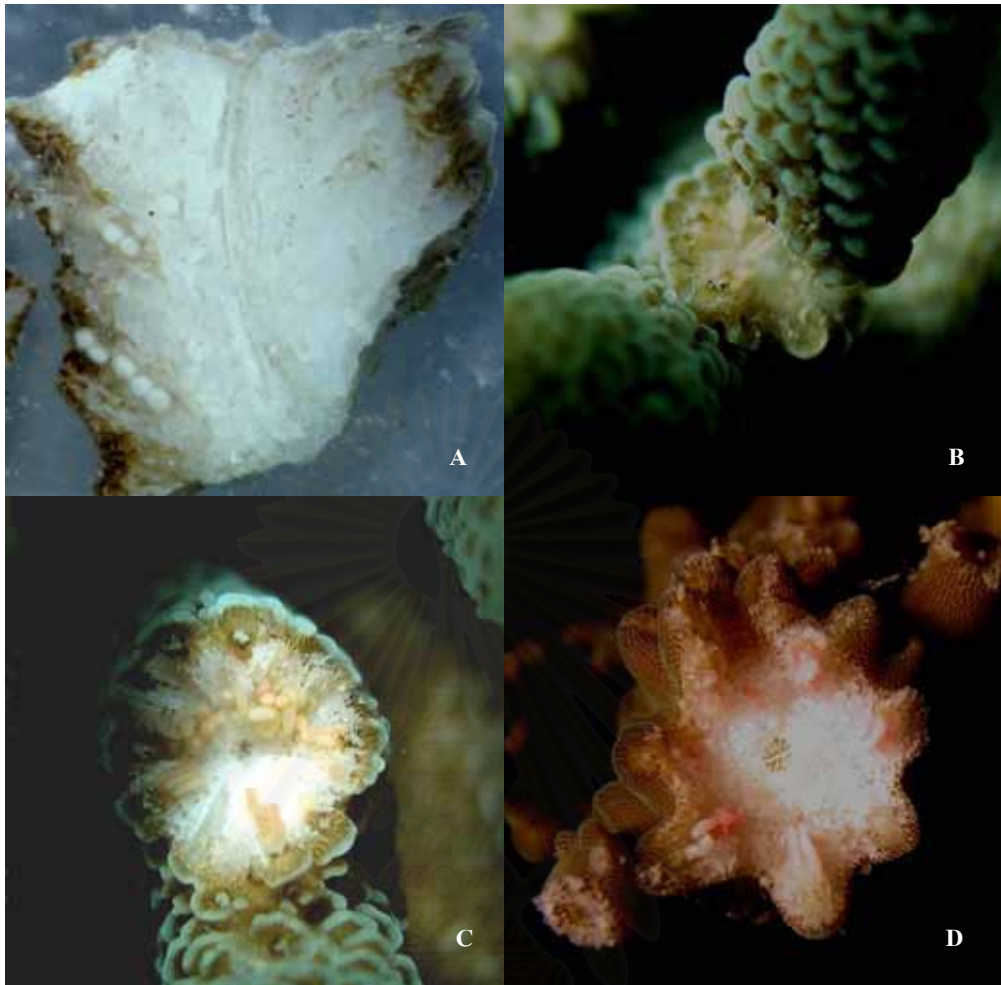
รูปที่ 3.5 ปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่นำขึ้นมาเก็บตัวอ่อน

(2) ปะการังเขากวาง *Acropora* spp.

ทำการติดตามการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* พร้อมทั้งเก็บเซลล์สืบพันธุ์ตามวิธีการของ ชโลธร รักษาทรัพย์ (2550) โดยวิธีการหักปลายกิ่ง (รูปที่ 3.6) และสังเกตความสมบูรณ์เพศของไข่จากการเปลี่ยนสีของเซลล์ไข่ (รูปที่ 3.7) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 19 โคโลนี เมื่อปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (รูปที่ 3.8) จึงนำเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้มาทำการผสม (รูปที่ 3.9) ตามวิธีการของ ชโลธร รักษาทรัพย์ (2550) ติดตามพัฒนาการของไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจนกลายเป็นตัวอ่อน แล้วจึงนำตัวอ่อนที่ได้มาใช้ในการศึกษาต่อไป



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนติดตามการสร้างเซลล์สืบพันธุ์กลุ่มปะการังเขากวาง



รูปที่ 3.7 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของกลุ่มปะการังเขากวาง

A: ลักษณะของเซลล์ไข่ในปะการัง; B: ลักษณะเซลล์ไข่ที่มีสีขาว สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า;
C: ระยะเซลล์ไข่ที่เริ่มมีสีส้มถึงชมพู; และ D: เซลล์ไข่ที่มีสีชมพูเข้ม พร้อมปรากฏถุงสเปิร์มสีขาว



รูปที่ 3.8 การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง (รูป: ปฐพร เกื้อนุ้ย)

A: ฝักเซลล์สืบพันธุ์บนปากโพลิบปะการัง; B: ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำ



รูปที่ 3.9 การผสมเซลล์สืบพันธุ์

3.3.2 แผ่นพื้นผิวสำหรับลงเกาะและการเตรียมพื้นผิว

แผ่นพื้นผิวทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา มี 4 รูปแบบ ได้แก่ แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน แผ่นกระเบื้อง และ แผ่นอลูมิเนียม (รูปที่ 3.1 0) โดยทำการเตรียมแผ่นพื้นผิวก่อนนำไปใช้ในการศึกษา ดังนี้

1) แผ่นเหล็ก

ทำการเตรียมแผ่นเหล็กแบนที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านและสร้างสารประกอบหินปูนได้

2) แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน

ใช้แผ่นเหล็กจากหัวข้อ 1) นำมาเตรียมให้เกิดหินปูนเคลือบที่บริเวณผิวทั้งสองของแผ่น โดยติดไว้ที่โครงสร้างเหล็ก (รูปที่ 3.11 A) ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในน้ำทะเลเป็นเวลา ประมาณ 1 เดือน จนเกิดหินปูนเคลือบที่ผิวแผ่นเหล็ก

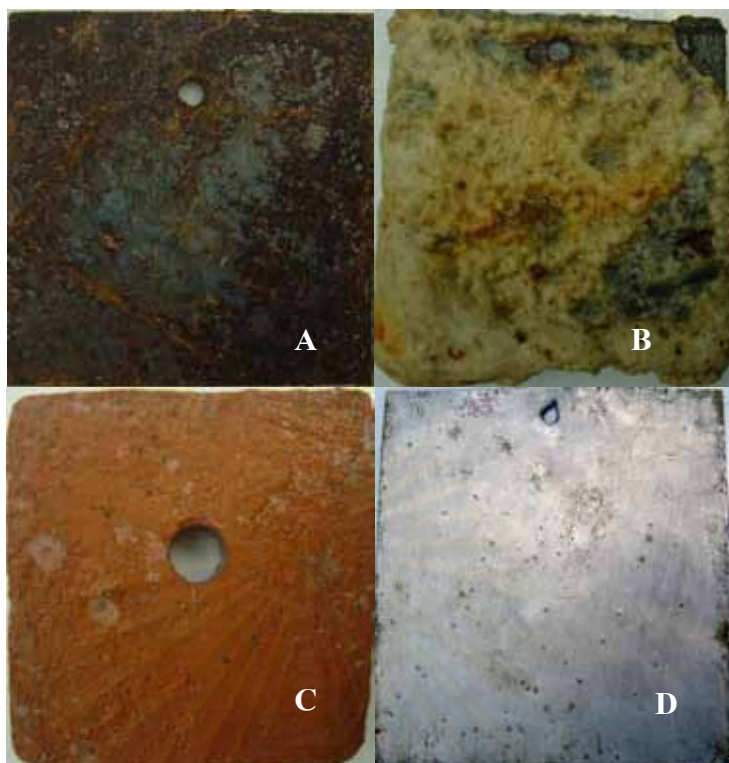
3) แผ่นกระเบื้อง

ใช้แผ่นกระเบื้องดินเผาที่ผ่านการแช่น้ำทะเลเป็นระยะเวลาประมาณ 1-2 เดือน (รูปที่ 3.11B) เพื่อให้เกิดสาหร่ายหินปูน (coralline red algae) ลงเกาะบนพื้นผิว ซึ่งสาหร่ายดังกล่าวมีส่วนช่วยในการเหนี่ยวนำตัวอ่อนปะการังให้มีอัตราการลงเกาะสูงขึ้น (Hatta *et al.*, 2004)

4) แผ่นอลูมิเนียม

ใช้แผ่นอลูมิเนียมที่ผ่านการแช่น้ำทะเลเป็นเวลา 1 วัน เพื่อล้างคราบสกปรกและสิ่งอื่นๆ ที่ติดอยู่บริเวณพื้นผิวออก

ทั้งนี้ แผ่นพื้นผิวทั้งหมดที่ใช้มี 2 ขนาด ได้แก่ ขนาด 5×5 และ 10×10 ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3.10 แผ่นพื้นผิวสำหรับให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะ

A: แผ่นเหล็ก; B: แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน; C: แผ่นกระเบื้อง; D: แผ่นอลูมิเนียม



รูปที่ 3.11 การเตรียมแผ่นพื้นผิว

A: การเตรียมแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูน โดยติดบน โครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า,
B: การเตรียมแผ่นกระเบื้องโดยการแช่ในทะเล

3.4 ขั้นตอนการศึกษา

3.4.1 ประการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

(1) ศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

สุ่มตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำ (รูปที่ 3.12) ที่ได้จากการปล่อยภายในระบบเลี้ยงมาทำการศึกษการลงเกาะบนแผ่นพื้นผิว 3 แบบ ได้แก่ แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้อง ทำการทดลองในตู้กระจกขนาด 20 × 20 × 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำปริมาตร 5 ลิตร โดยใช้ระบบหมุนเวียนน้ำแบบเปิดที่มีอัตราการไหลประมาณ 1.5 ลิตร/นาาที เพื่อลดการเกิดกรดและคลอรีนในน้ำทะเลเนื่องจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 3) จัดชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 3 ซ้ำ (รูปที่ 3.14) ทั้งนี้ ใช้ตัวอ่อนปะการัง ซ้ำละ 50-200 ตัว ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอ่อนที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมตัวอ่อน



รูปที่ 3.12 ตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำ



รูปที่ 3.13 ระบบการศึกษาการลงเกาะบนพื้นผิวของตัวอ่อนปะการัง

ชุดการทดลองที่ 1 : ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

เป็นชุดการทดลองที่จำลองโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยตัวกำเนิดไฟฟ้าที่ได้จากกระแสไฟฟ้าบ้าน และนำมาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงในระดับที่ต้องการศึกษา 2 ระดับ ได้แก่ 2 แอมแปร์/ตารางเมตร (วัดกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้ 0.048 แอมแปร์) ซึ่งเป็น ระดับที่เหมาะสมต่อการ สร้าง หินปูน (ข้อมูลจาก Biorock Inc.) และ ระดับ 4 แอมแปร์/ตารางเมตร (วัดกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้ 0.093 แอมแปร์) ที่เป็นระดับสูงกว่าที่เหมาะสมประมาณ 2 เท่า ขั้วแอโนดที่ทำจากไทเทเนียมลักษณะตาข่ายซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึง ลวดทองแดงและเหล็กเส้นที่เป็นส่วนขั้วแคโทด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตรซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมกระแสไฟฟ้าไปยังแผ่นพื้นผิวทั้ง 3 แบบ (รูปที่ 3.14A และ 3.15)

ชุดการทดลองที่ 2 : ชุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

เป็นชุดการทดลอง ที่จัดอุปกรณ์เช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 (ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า) แต่ไม่มีกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ในการทดลอง หรือมี กระแสไฟฟ้า เป็นศูนย์ (รูปที่ 3.14B)

ชุดการทดลองที่ 3 : ชุดควบคุม

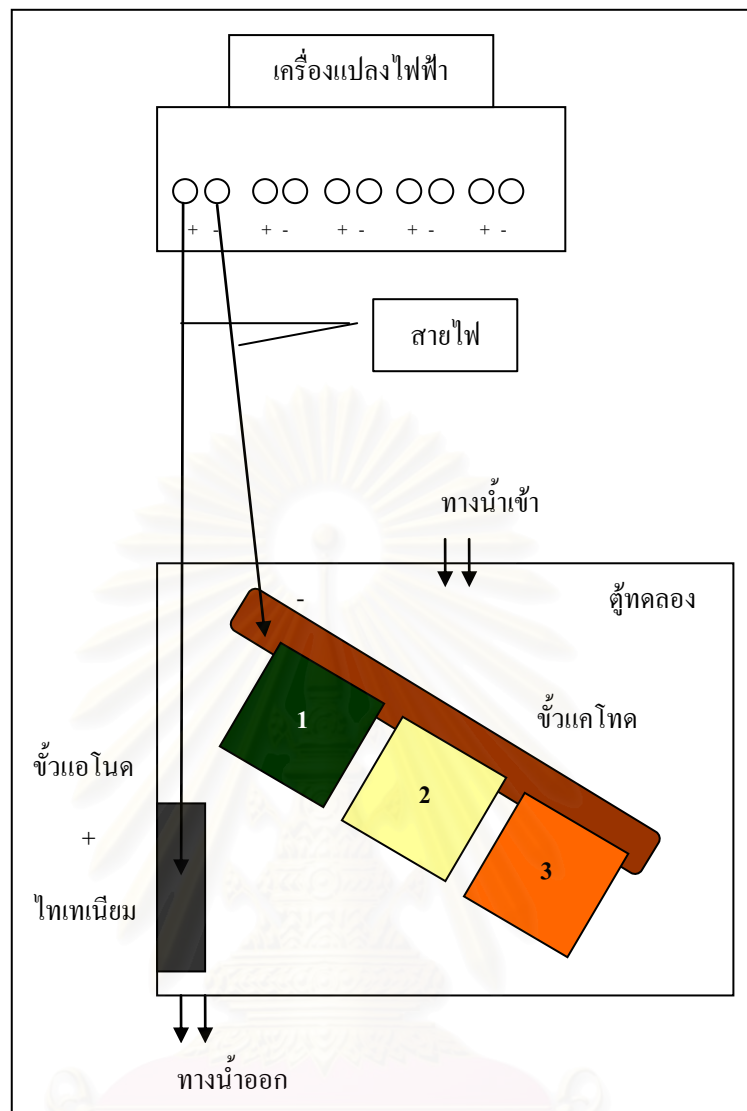
เป็นชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าและไม่ มีอุปกรณ์การให้กระแสไฟฟ้าในชุดทดลอง ทั้งนี้ มีเพียงแผ่นพื้นผิวทั้ง 3 แบบ ในชุดการทดลองเท่านั้น ใช้เป็นชุดเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น (รูปที่ 3.14C)

ทั้งนี้ ทำการบันทึกจำนวนตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบนพื้นผิวแต่ละชนิด 7 ช่วงเวลา ได้แก่ หลังจากปล่อยตัวอ่อนปะการังลงในตู้ทดลอง 1) 2 นาที 2) 15 นาที 3) 1 ชั่วโมง 4) 3 ชั่วโมง 5) 6 ชั่วโมง 6) 12 ชั่วโมง และ 7) 24 ชั่วโมง โดยนับ จำนวนตัวอ่อนที่ลงเกาะ เฉพาะด้านบนของแผ่นพื้นผิว



รูปที่ 3.14 ชุดการทดลอง

A: ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า; B: ชุดไม่ได้รับการกระตุ้นกระแสไฟฟ้า และ C: ชุดควบคุม



รูปที่ 3.15 ระบบการทดลองในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

1. แผ่นเหล็ก; 2. แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และ 3. แผ่นกระเบื้อง

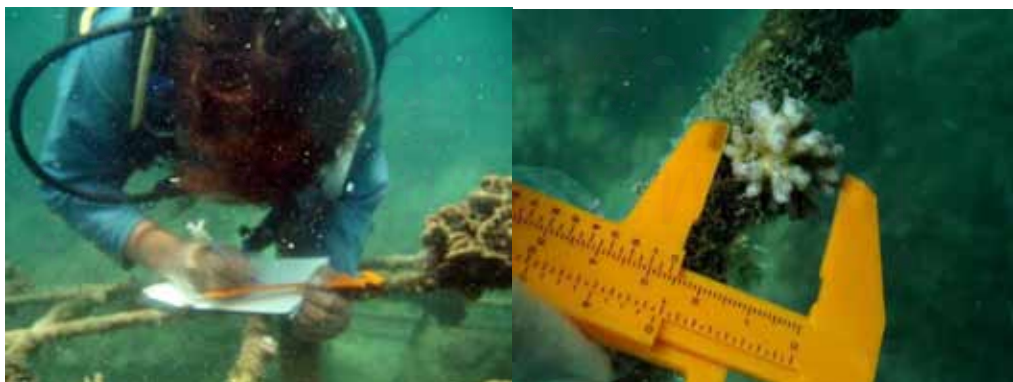
(2) ศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

ทำการดำน้ำสำรวจและจัดทำแผนที่ตำแหน่งของปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่อยู่บนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 4 โครงสร้าง โดยโครงสร้างที่ 1 ถึง 3 ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง กลาง และต่ำ ที่ประมาณ 0.90, 0.65 และ 0.40 แอมแปร์/ตารางเมตร ตามลำดับ เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2 ปี จนกระทั่งเกิดการสร้าง หินปูนเคลือบที่พื้นผิวของโครงสร้าง รวมถึงมีตัวอ่อนปะการังลงเกาะใหม่ ซึ่งปะการังส่วนใหญ่ที่ทำการลงเกาะเป็นปะการัง *Pocillopora damicornis* สำหรับ โครงสร้างที่ 4 เป็นโครงสร้างที่ไม่ ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในโครงสร้างที่ 4 จึงไม่ทำการติดตามผล ทั้งนี้ ได้ติดตามการเติบโตของปะการังที่ลงเกาะ ที่เป็นปะการังขนาดเล็ก ขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.4 – 2.4 เซนติเมตร (รูปที่ 3.16) จำนวนโครงสร้างละ 10 โคลโลนี โดยทำการวัดขนาดความกว้างสูงสุดของปะการังเป็นประจำทุกเดือน พร้อมทั้งเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของปะการังทั้ง 3 โครงสร้าง สำหรับอัตราการรอดนั้น ทำการนับจำนวนตัวอ่อนปะการังที่มีชีวิตเพื่อคำนวณหาอัตราการรอดของปะการังบนโครงสร้างทั้ง สามทุกเดือนเช่นกัน อนึ่ง ทำการศึกษาเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 5 เดือน (รูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.16 ตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.17 การติดตามอัตราการรอด และการเติบโตของปะการัง *Pocillopora damicornis*

3.4.2 ปะการังเขากวาง *Acropora* spp.

(1) ศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

การศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* โดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล ใช้วิธีการเดียวกับการศึกษาในปะการัง *Pocillopora damicornis* ดังข้อ 3.4.1 (1) โดยจัดชุดการทดลอง 3 ชุด ได้แก่ 1) ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 2) ชุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า และ 3) ชุดควบคุม ที่บรรจุแผ่นพื้นผิว 3 แบบ ได้แก่ แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้อง เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ใช้กระแสไฟฟ้าที่ 0.2 แอมแปร์ หรือประมาณ 8 แอมแปร์/ตารางเมตร ในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อนึ่ง ตัวอ่อนปะการังที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ ที่ได้จากการเพาะฟัก อายุ 4–8 วัน (รูปที่ 3.18) โดยสุ่มเลือกตัวอ่อนปะการังจากบ่อเพาะฟักเดียวกัน ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซ้ำละ 300-500 ตัว



รูปที่ 3.18 ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำของปะการัง *Acropora* spp. (รูป: ชโลธร รักษาทรัพย์)

(2) ศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล

นำตัวอ่อนปะการัง ที่มีอายุ 2 เดือน หลังการลงเกาะ (รูปที่ 3.19) บนแผ่นพื้นผิว 3 แบบ ซึ่งจัดเป็นชุดการทดลองในการศึกษา ได้แก่ แผ่นกระเบื้องเคลือบหินปูน แผ่นกระเบื้อง และแผ่นอลูมิเนียม จำนวน 35, 35 และ 15 แผ่น ตามลำดับ ที่มีขนาดแผ่นละ 10 x 10 ตารางเซนติเมตร มาทำการอนุบาลในระบบเลี้ยงเพื่อติดตามอัตราการเติบโตและอัตราการรอด ทำแผนที่ตำแหน่งตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะ เพื่อใช้ในการติดตามตัวอ่อนปะการังตัวเดิม พร้อมทำการ วัดขนาด ความกว้างสูงสุดของตัวอ่อนปะการัง รวมทั้ง นับจำนวนตัวอ่อนปะการังที่มีชีวิต (รูปที่ 3.19) อยู่ในแผ่นพื้นผิวแต่ละชนิด ทั้งนี้ การติดตามอัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังดำเนินการ ทุกเดือน เป็นระยะเวลา 10 เดือน



รูปที่ 3.19 ตัวอ่อนปะการังที่มีชีวิตหลังการลงเกาะ 2 เดือน

(3) ศึกษาอัตราการเติบโตและอัตราการระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

ทำการศึกษาโดยวิธีการเดียวกับปะการัง *Acropora humilis* ในหัวข้อ 3.4.2 (2) โดยเพิ่มการเปรียบเทียบกับการศึกษาที่โครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้ ใช้ตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ที่มีอายุ 4 เดือนภายหลังการลงเกาะบนแผ่นพื้นผิว 2 แบบ ได้แก่ แผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน ขนาด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร จำนวนชนิดละ 15 แผ่น

ต่อซ้ำ ติดตามอัตราการเติบโตและอัตราการรอดทุกเดือน เป็นระยะเวลา 4 เดือน อนึ่ง ชุดการทดลอง แบ่งออกเป็นชุดที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ใน 2 พื้นที่ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1: ชุดการทดลองไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง เกาะเสมสาร จังหวัดชลบุรี

ทำการศึกษาในถังอนุบาลทรงกลม ขนาด 500 ลิตร จำนวน 2 ถัง ซึ่งแบ่งเป็นถังที่บรรจุแผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนที่มีตัวอ่อนปะการังทำการลงเกาะ จัดระบบการไหลเวียนของน้ำทะเลธรรมชาติผ่านระบบกรองเข้าและออกจากระบบ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 0900 – 1200 น. และ 1800 – 2100 น. (รูปที่ 3.20)

ชุดการทดลองที่ 2 ถึง 4: ชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านโครงสร้างเหล็ก ณ อ่าวเจวง เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (รูปที่ 3.21)

นำตัวอ่อนปะการังภายหลังการลงเกาะดังกล่าวไปยึดติดกับโครงสร้างเหล็ก ขนาด $320 \times 340 \times 160$ เซนติเมตร (รูปที่ 3.22A) ที่วางบริเวณแนวปะการัง อ่าวเจวง ระดับความลึกประมาณ 3 เมตร ห่างจากฝั่งประมาณ 200 เมตร รวมทั้งสิ้น 3 โครงสร้าง กำหนดให้กระแสไฟฟ้าแตกต่างกันที่ระดับสูง กลาง และต่ำ ที่ประมาณ 0.90, 0.65 และ 0.40 แอมแปร์/ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่ง ทำให้เกิดหินปูนเคลือบที่ผิวของโครงสร้าง และเกิดฟองอากาศจากการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (รูปที่ 3.22B)

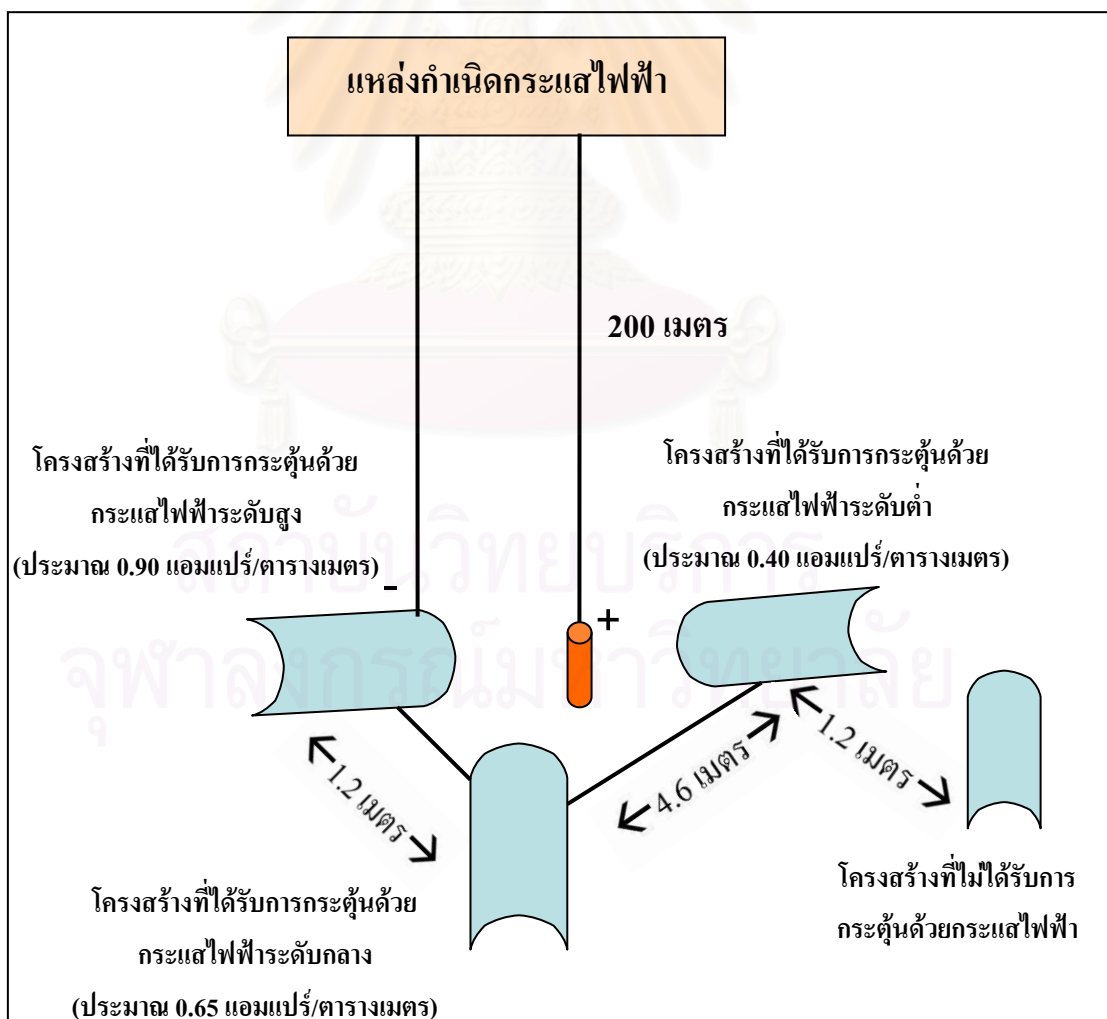
ชุดการทดลองที่ 5: ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านโครงสร้างเหล็ก ณ อ่าวเจวง เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (รูปที่ 3.23A)

นำตัวอ่อนปะการังไปยึดติดกับโครงสร้างเหล็ก ขนาด $73 \times 108 \times 43$ เซนติเมตร จำนวน 1 โครงสร้าง ณ อ่าวเจวง ซึ่งไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า จึงทำให้โครงสร้างเหล็กไม่มีหินปูนเคลือบที่ผิวของโครงสร้าง และบางส่วนเกิดสนิมจากการกัดกร่อน (รูปที่ 3.23B)

ทั้งนี้ การยึดติดแผ่นพื้นผิวที่มี ตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้าง เหล็ก ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ทำการยึดติดโดยตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนติดอยู่บนเหล็กฉาก ของโครงสร้าง (รูปที่ 3.24A) ส่วนตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องร้อยด้วยสแตนเลสเส้นที่ยึดติดกับโครงสร้าง (รูปที่ 3.24B) ขณะที่การยึดติดบนโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้านั้น ใช้การร้อยแผ่นกระเบื้องที่มีตัวอ่อนปะการังด้วยสแตนเลสเส้นเช่นเดียวกับโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ขณะที่ตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน ใช้การพันด้วยสายไฟเพื่อยึดติดกับโครงสร้าง



รูปที่ 3.20 ถังอนุบาลตัวอ่อนปะการัง ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง เกาะเสมสาร

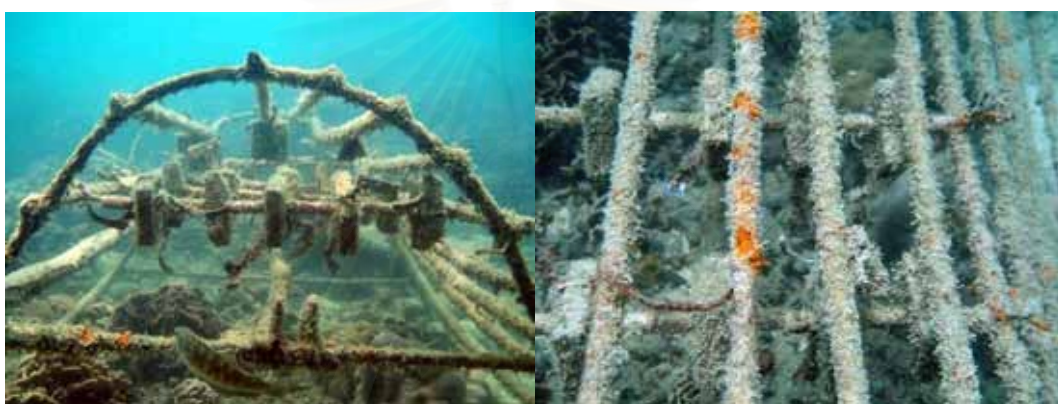


รูปที่ 3.21 โครงสร้างที่รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ณ อ่าวเฉวง เกาะสมุย



รูปที่ 3.22 โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

A: ลักษณะของโครงสร้าง; B: หินปูนกับฟองอากาศจากการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ณ อ่าวเจวง เกาะสมุย



รูปที่ 3.23 โครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

A: ลักษณะของโครงสร้าง; B: ผิวของโครงสร้างกับสนิมที่เกิดจากการกัดกร่อน ณ อ่าวเจวง เกาะสมุย



รูปที่ 3.24 การยึดติดแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน (A) และแผ่นกระเบื้อง (B) กับโครงสร้างเหล็ก

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลทางสถิติของอัตราการลงเกาะ การเติบโต และการอยู่รอดของตัวอ่อนปะการังโดยใช้ One Way ANOVA และ Tukey-Pairwise Mean Comparison ($p < 0.05$)



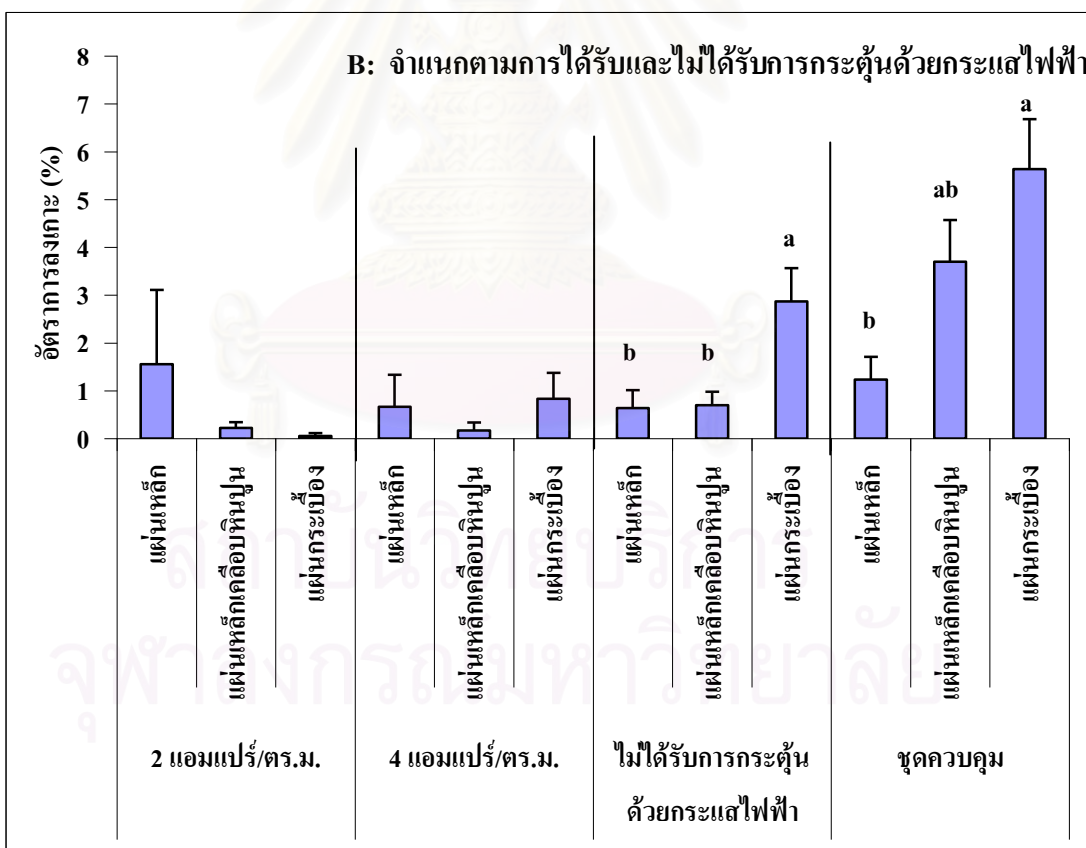
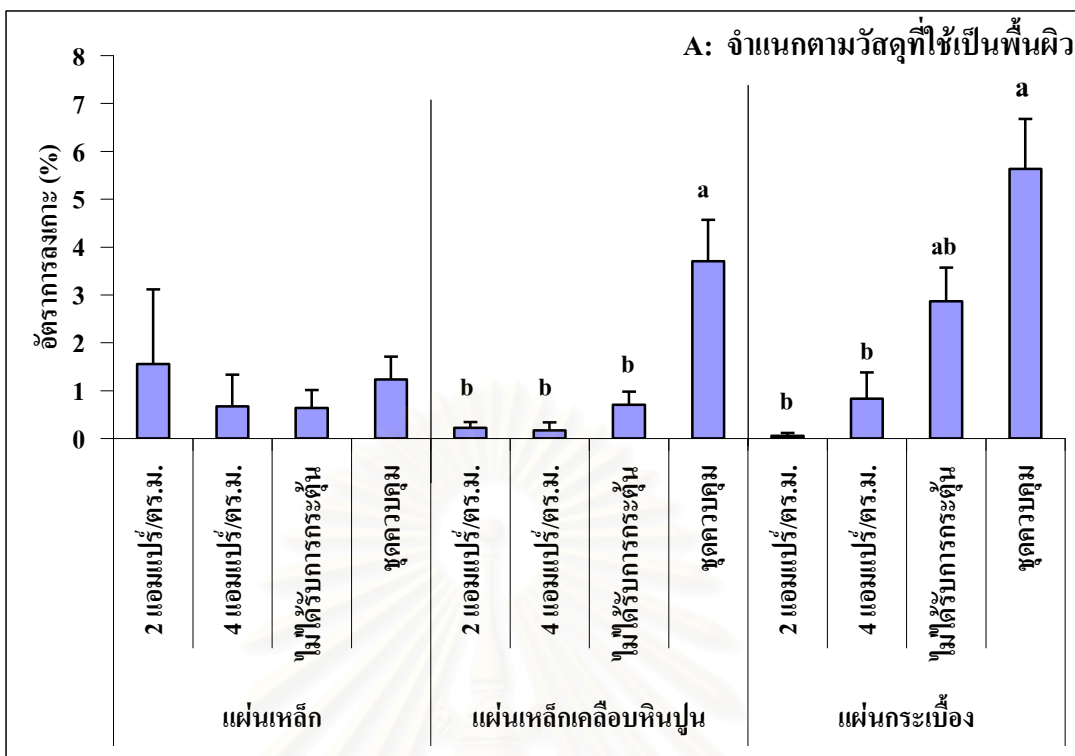
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

4.1.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

ผลการทดลองการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ในชั่วโมงที่ 24 แสดงในรูปที่ 4.1 และภาคผนวก ก-1 พบว่า อัตราการลงเกาะของชุดการทดลองทั้งหมด ได้แก่ ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า (ระดับ 2 และ 4 แอมแปร์ /ตารางเมตร) ชุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และชุดควบคุม มีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้อง มีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังที่สูงกว่าในชุดควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.1 A) ขณะที่อัตราการลงเกาะบนแผ่นเหล็กไม่มีความแตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 4.1 A) ทั้งนี้ อัตราการลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง ในชุดควบคุมและชุดไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสูงกว่าในแผ่นเหล็กและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.1B) ขณะที่ ไม่พบการลงเกาะที่แตกต่างระหว่างแผ่นพื้นผิวในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 4.B)



รูปที่ 4.1 อัตราการลงเกาะ โดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และการได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (B)
 หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

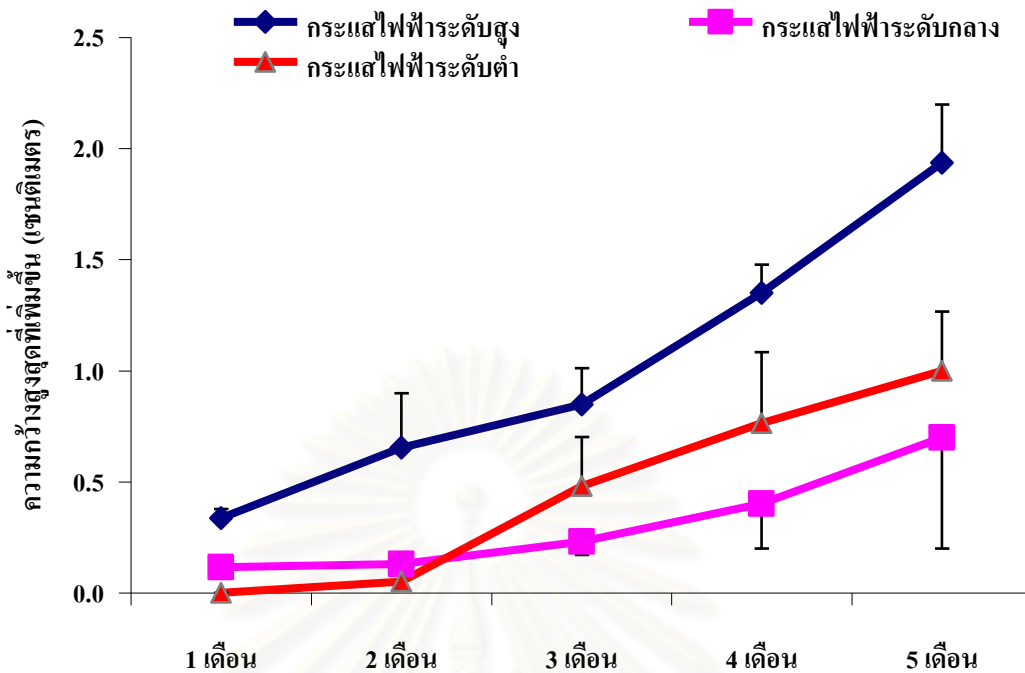
4.1.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

(1) อัตราการเติบโต

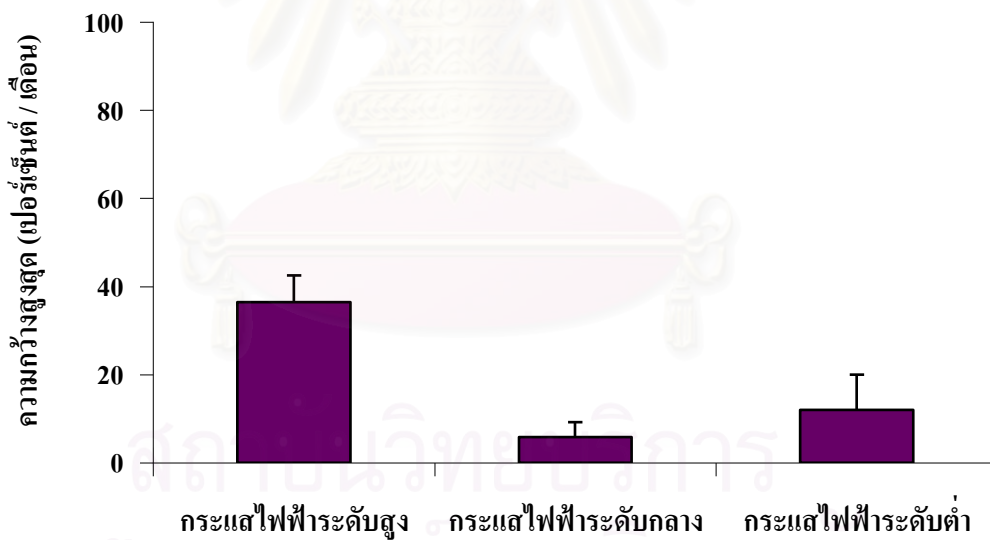
การเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะตามธรรมชาติ บนโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง กลาง และต่ำ เป็นเวลา 5 เดือน แสดงในรูปที่ 4.2 ตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบนโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า ระดับสูง มีความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ยสูงกว่าตัวอ่อนปะการังบน โครงสร้างกระแสไฟฟ้า ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลาง และต่ำ ตลอดการศึกษา โดยมี ความกว้างสูงสุดในเดือนที่ 5 ที่ 1.9 ± 0.26 เซนติเมตร ขณะที่ตัวอ่อนปะการังบน โครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า ระดับกลาง และต่ำ มีค่า 0.7 ± 0.5 และ 1.0 ± 0.27 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ อัตราความกว้างสูงสุดที่เพิ่มขึ้นต่อเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยเปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดที่เพิ่มขึ้นต่อเดือนมีค่า 36.5 ± 6.00 , 5.9 ± 3.37 และ $12.0 \pm 7.99\%$ ตามลำดับ (รูปที่ 4.3)

(2) อัตราการรอด

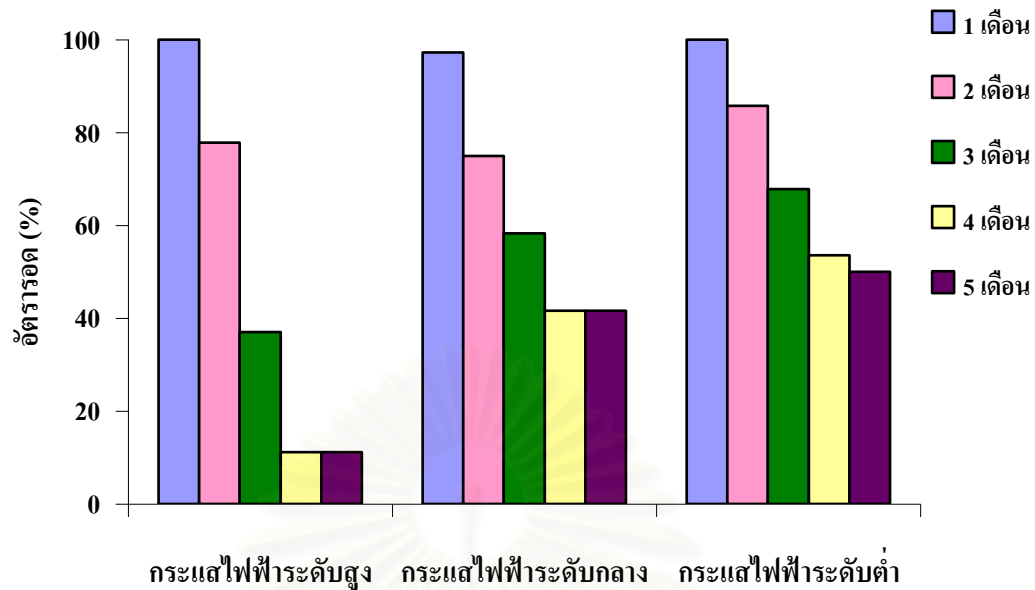
อัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง ลดลงอย่างชัดเจน ระหว่างเดือนที่ 2 ถึง เดือนที่ 3 โดยลดลงประมาณ 40% และ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตัวอ่อนปะการังกลุ่มดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลาง และต่ำ (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.2 ความกว้างสูงสุดที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*



รูปที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*

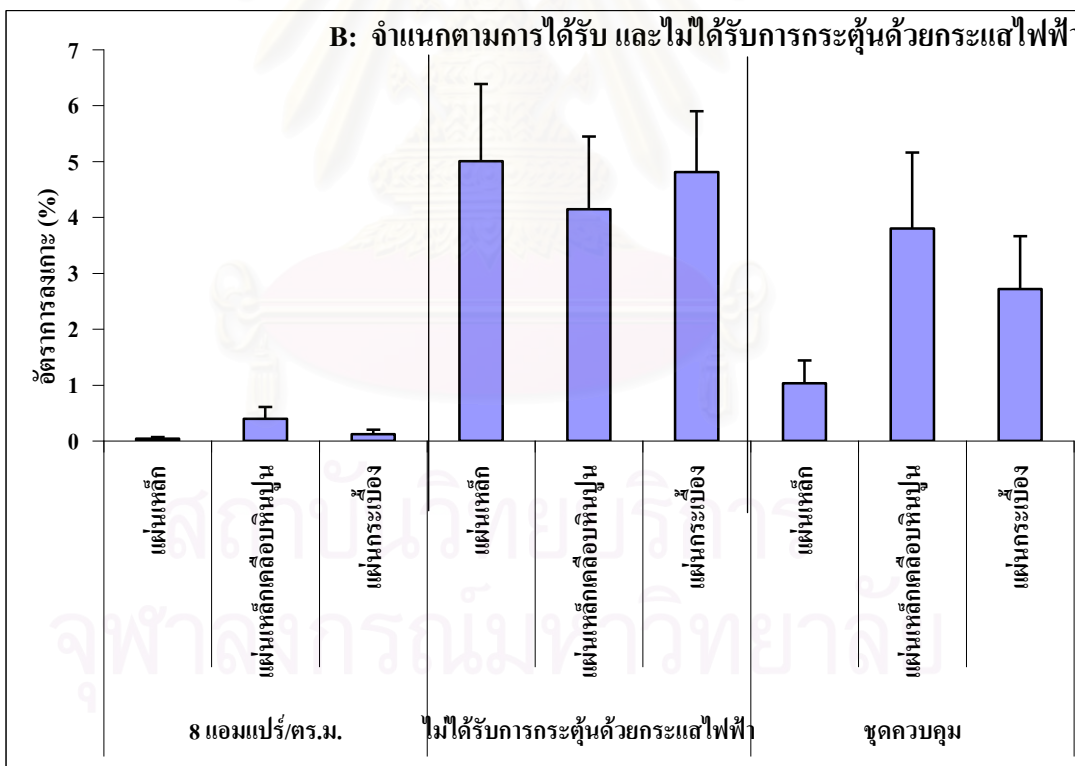
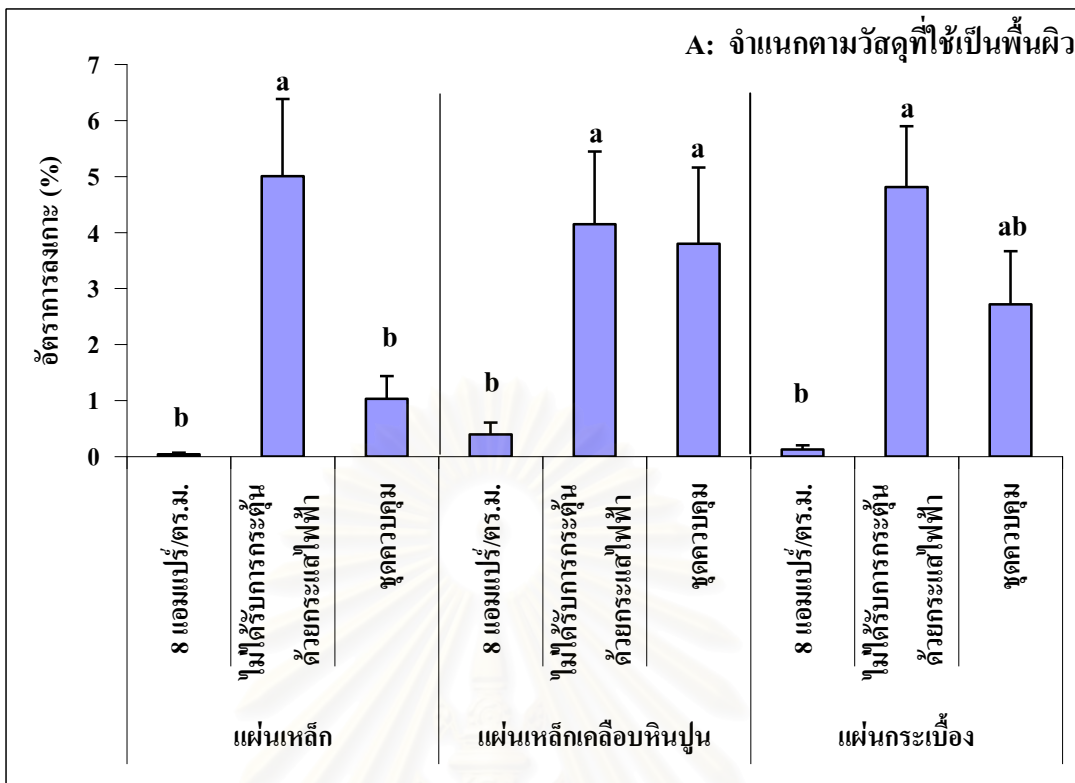


รูปที่ 4.4 อัตรารอดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis*

4.2 ปะการังเขากวาง *Acropora* spp.

4.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

ผลการศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า บนแผ่นพื้นผิว 3 แบบ คือ แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้อง ใน 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์/ตารางเมตร ชุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และชุดควบคุม แสดงในรูปที่ 4.5 และ ภาคผนวก ก-2 โดยในช่วง 24 ชั่วโมง พบว่า มีความแตกต่างของชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ชุดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้ามีการลงเกาะสูงสุดในทุกแผ่นพื้นผิว และชุดที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้ามีการลงเกาะที่ต่ำที่สุดในแผ่นพื้นผิวทั้ง 3 แบบเช่นกัน (รูปที่ 4.5A) นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าลักษณะของแผ่นพื้นผิวในแต่ละชุดการทดลองไม่มีผลต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.5B)



รูปที่ 45 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* จำนวนตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และการได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (B)

หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

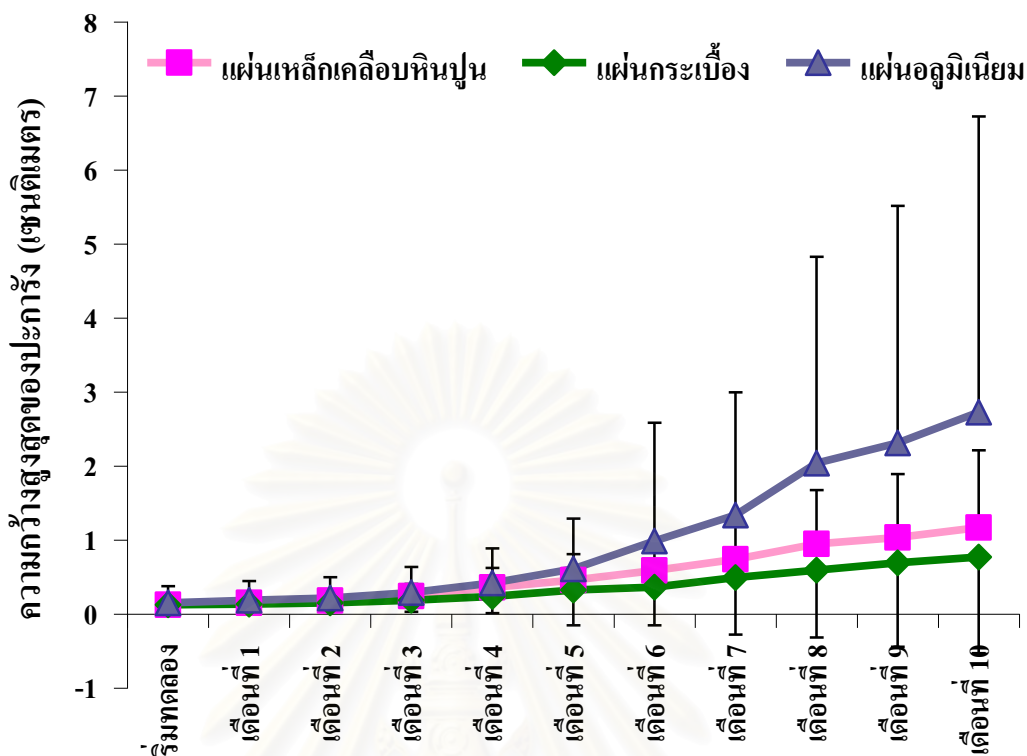
4.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอด ระยะหลังการลงเกาะ ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล

(1) อัตราการเติบโต

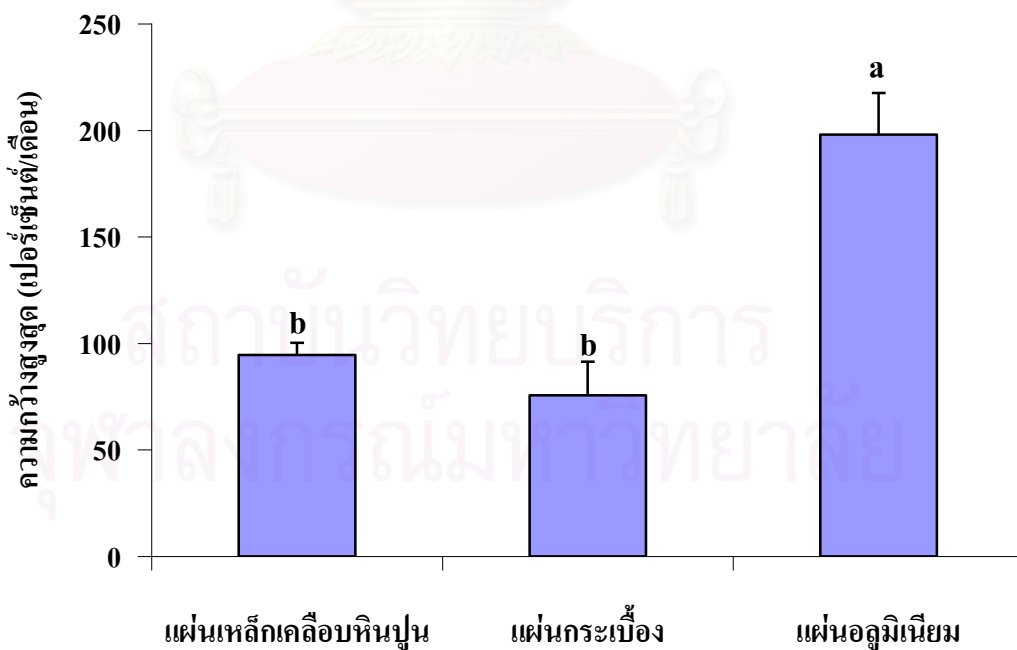
จากการศึกษาการเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในแผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ แผ่นกระเบื้อง แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นอลูมิเนียม เป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่า ตัวอ่อนปะการังมีความกว้างสูงสุดเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วง 4 เดือนแรก จากนั้น จึงปรากฏความแตกต่างตั้งแต่เดือนที่ 5 โดยเดือนที่ 10 ตัวอ่อนบนแผ่นอลูมิเนียมมีความ กว้างสูงสุด โดยเฉลี่ยมากที่สุดที่ 2.73 ± 4.00 เซนติเมตร ในขณะที่ตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องมี ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 0.77 ± 1.3 เซนติเมตร ขณะที่ตัวอ่อนปะการังในแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนมีความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 1.17 ± 1.04 เซนติเมตร (รูปที่ 4.6) ทั้งนี้ แผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis*. อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยตัวอ่อนปะการังบนแผ่นอลูมิเนียมมีเปอร์เซ็นต์ความ กว้างสูงสุด ต่อเดือน มากที่สุด ($198.05 \pm 19.46\%$) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้อง และแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน ($75.67 \pm 15.73\%$ และ $94.60 \pm 5.72\%$ ตามลำดับ) (รูปที่ 4.7)

(2) อัตราการรอด

จากการศึกษาอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในแผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 แบบ ที่ ในระบบ อนุบาล พบว่าปัจจัยของแผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการรอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยตัวอ่อนปะการังในระยะเวลา 10 เดือนของแผ่นอลูมิเนียมมีอัตราการรอดสูงที่สุดเท่ากับ $61.71 \pm 11.79\%$ ซึ่งไม่แตกต่างกับตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน ที่มีอัตราการรอดเท่ากับ $46.19 \pm 4.36\%$ แต่ตัวอ่อนบนแผ่นพื้นผิวทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องที่มีอัตราการรอดต่ำสุด ซึ่งมีอัตราการรอดเท่ากับ $23.69 \pm 2.55\%$ (รูปที่ 4.8)

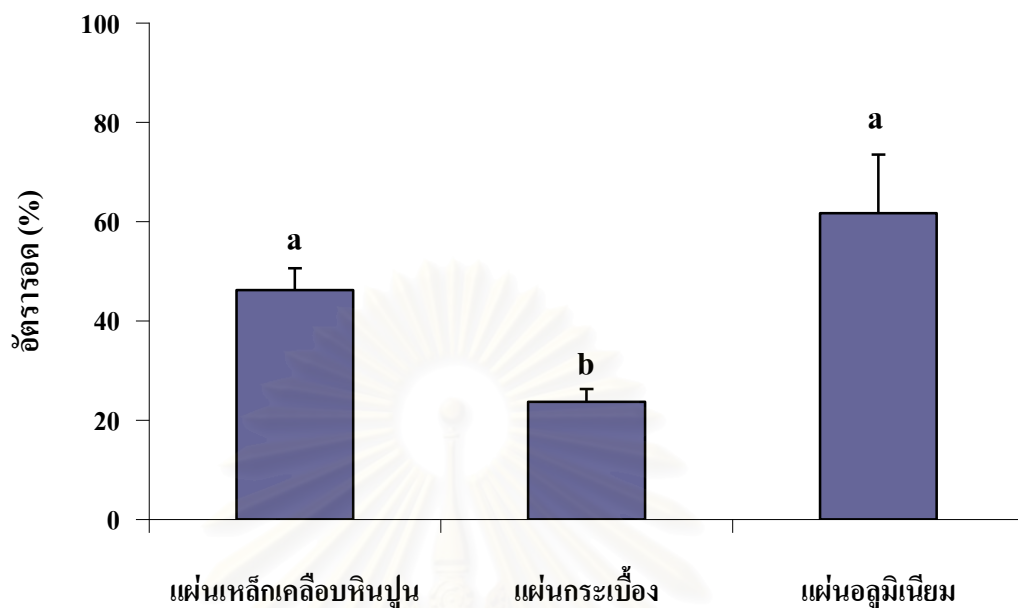


รูปที่ 4.6 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย \pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล



รูปที่ 4.7 เปอร์เซนต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล

หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 4.8 อัตรารอดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล
 หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

(1) อัตราการเติบโต

การเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะหลังลงเกาะ (ภาคผนวก ข) บนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้องซึ่งเปรียบเทียบระหว่างตัวอ่อนปะการังที่อนุบาลในระบบอนุบาล กับโครงสร้างที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าพบว่า ตัวอ่อนปะการังที่อนุบาลในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลาง มีความกว้างสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดทั้งในตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูน (รูปที่ 4.9) และแผ่นกระเบื้อง (รูปที่ 4.10) โดยมีค่า 1.14 ± 0.18 และ 1.24 ± 0.16 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูนในระบบอนุบาล โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง และต่ำ และโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า มีความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ยของตัวอ่อนปะการังที่ 0.65 ± 0.09 , 1.05 ± 0.10 , 0.57 ± 0.07 และ 0.87 ± 0.11 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.9) ส่วนตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องมีความกว้างสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 ± 0.05 , 1.1 ± 0.15 , 0.82 ± 0.08 และ 0.76 ± 0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.10) นอกจากนี้ อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยตัวอ่อนปะการังในโครงสร้าง ที่ได้รับการ

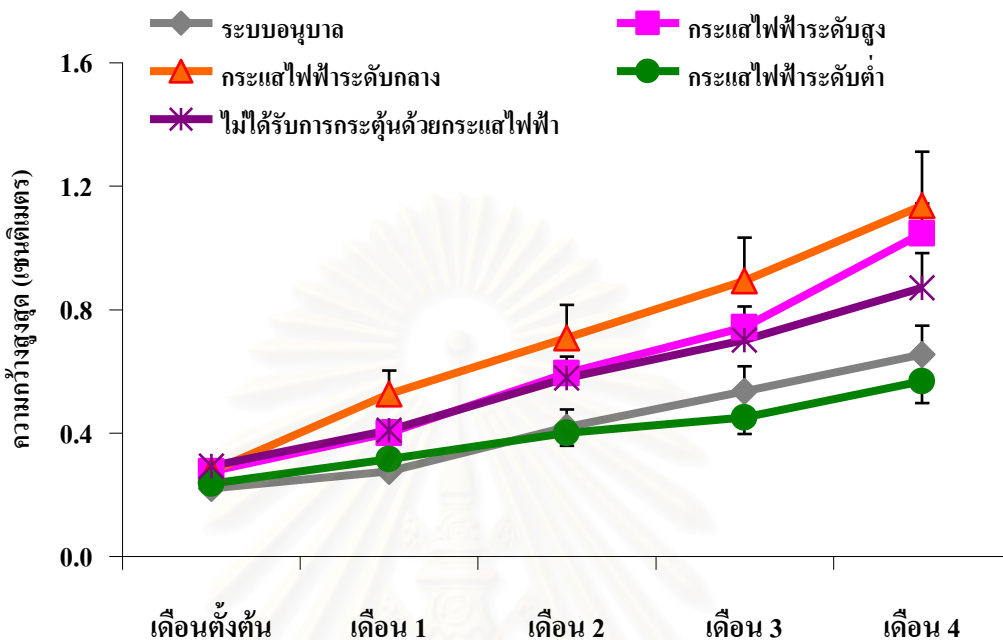
กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางที่อยู่บนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นกระเบื้องมีอัตราการเติบโตสูงสุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ความ กว้างสูงสุด ต่อเดือน 87.84 ± 12.40 % และ 90.22 ± 6.04 % ตามลำดับ ทั้งนี้ อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูน ในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับ กลาง มีความแตกต่างกับ อัตราการเติบโตของ ตัวอ่อนปะการัง บนโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับ ต่ำ โครงสร้างที่ไม่ ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และในระบบอนุบาล (34.98 ± 6.84 , 50.75 ± 6.03 และ 47.35 ± 4.15 % ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับอัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการัง ในโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับ สูง (75.33 ± 10.01 %) (รูปที่ 4.11A) สำหรับอัตราการเติบโตของตัวอ่อนบน แผ่นกระเบื้องมีความแตกต่างกับ อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังในระบบอนุบาล (45.13 ± 4.46 %) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง และระดับต่ำ และ โครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (79.42 ± 19.66 , 64.69 ± 10.51 และ 52.72 ± 6.69 % ตามลำดับ) อนึ่ง ไม่พบความแตกต่างของลักษณะแผ่นพื้นผิวในแต่ละชุดการทดลอง (รูปที่ 4.11B)

(2) อัตรารอด

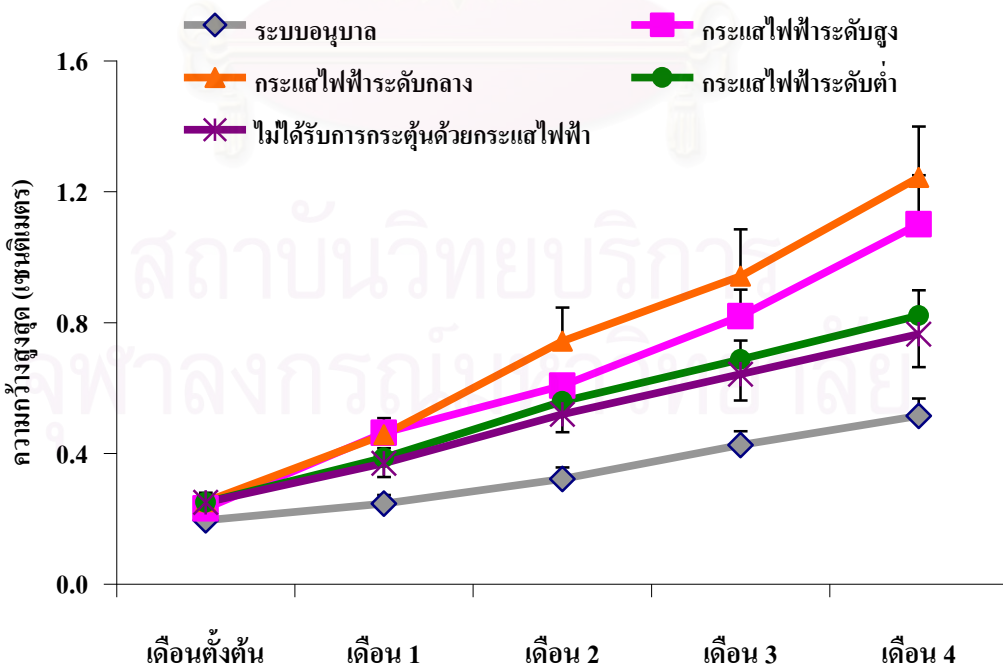
การศึกษาอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora millepora* บนแผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งในตัวอ่อนที่อยู่บนแผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน โดยตัวอ่อนปะการังในระบบอนุบาล มีอัตราการรอดสูงสุด ทั้งแผ่นพื้นผิวทั้งสองแบบ อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องในระบบอนุบาล (64.07 ± 3.33 %) มีความแตกต่างกับตัวอ่อนปะการังในโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับสูงและระดับกลาง รวมถึงโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นกระแสไฟฟ้า (3.55 ± 2.27 , 18.23 ± 6.44 และ 28.47 ± 8.20 % ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4. 12A) ส่วนตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนส่วนใหญ่มีอัตราการรอดที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ยกเว้น ตัวอ่อนในระบบ อนุบาลที่มีอัตราการรอดสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างกับโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ตัวอ่อนบนแผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนในระบบอนุบาลมีอัตราการรอดที่ $64.07 \pm 3.33\%$ และ $58.12 \pm 6.43\%$ ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของแผ่นพื้นผิวมีผลต่อการอัตราการรอดอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.12B) โดยในโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า ระดับสูงและระดับต่ำ มีความแตกต่างของแผ่นพื้นผิวต่ออัตราการรอด กล่าวคือ ในโครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้าระดับสูง มีอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน สูงกว่าตัวอ่อนปะการังบน

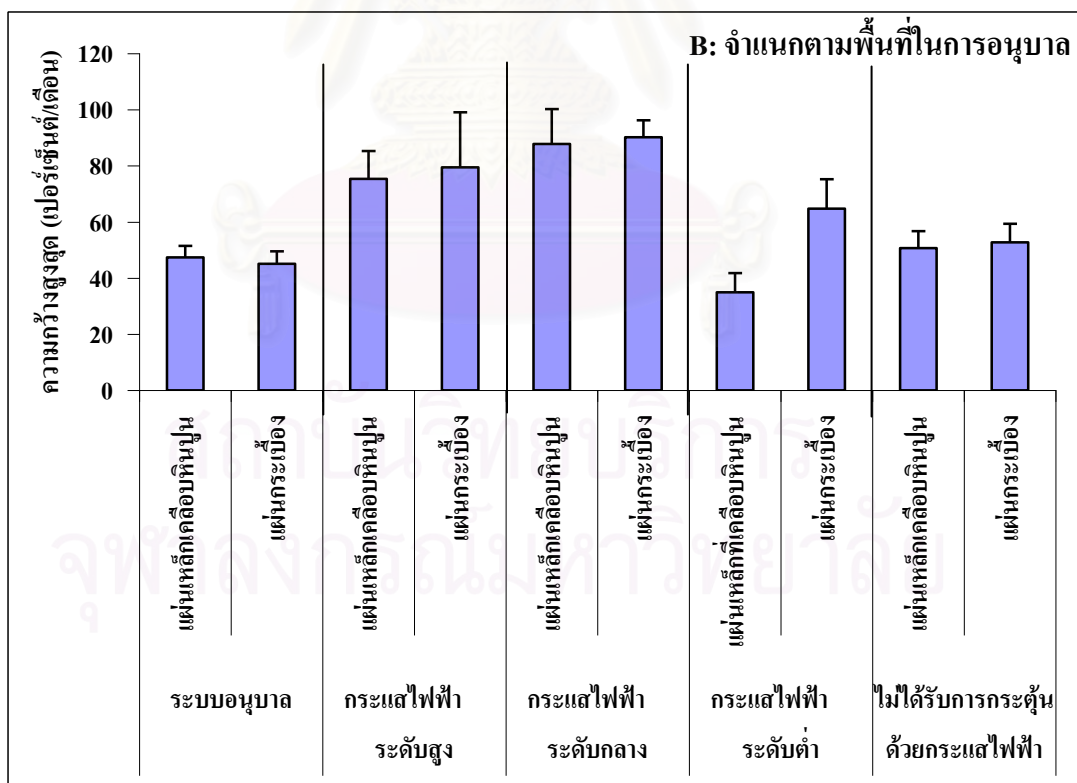
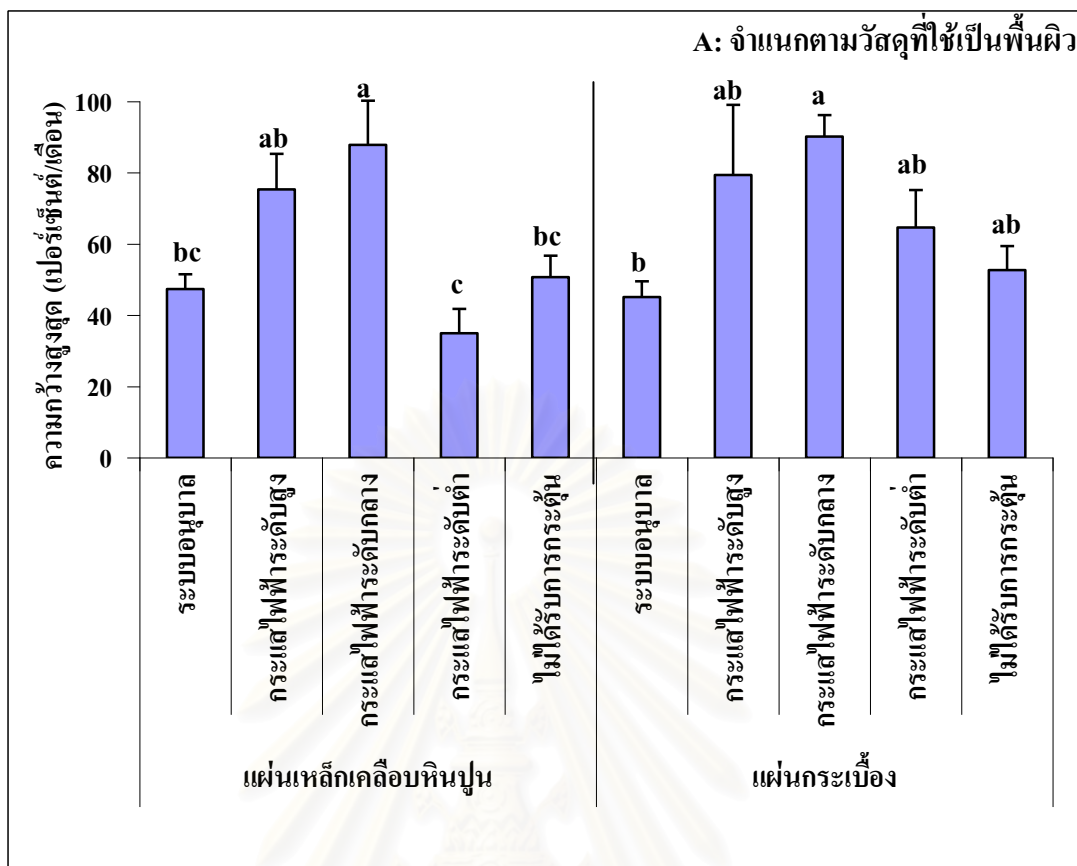
แผ่นกระเบื้องอย่างมีนัยสำคัญ ตรงข้ามกับโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ ที่ตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องมีอัตราการรอดที่สูงกว่าตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน



รูปที่ 4.9 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* บนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน

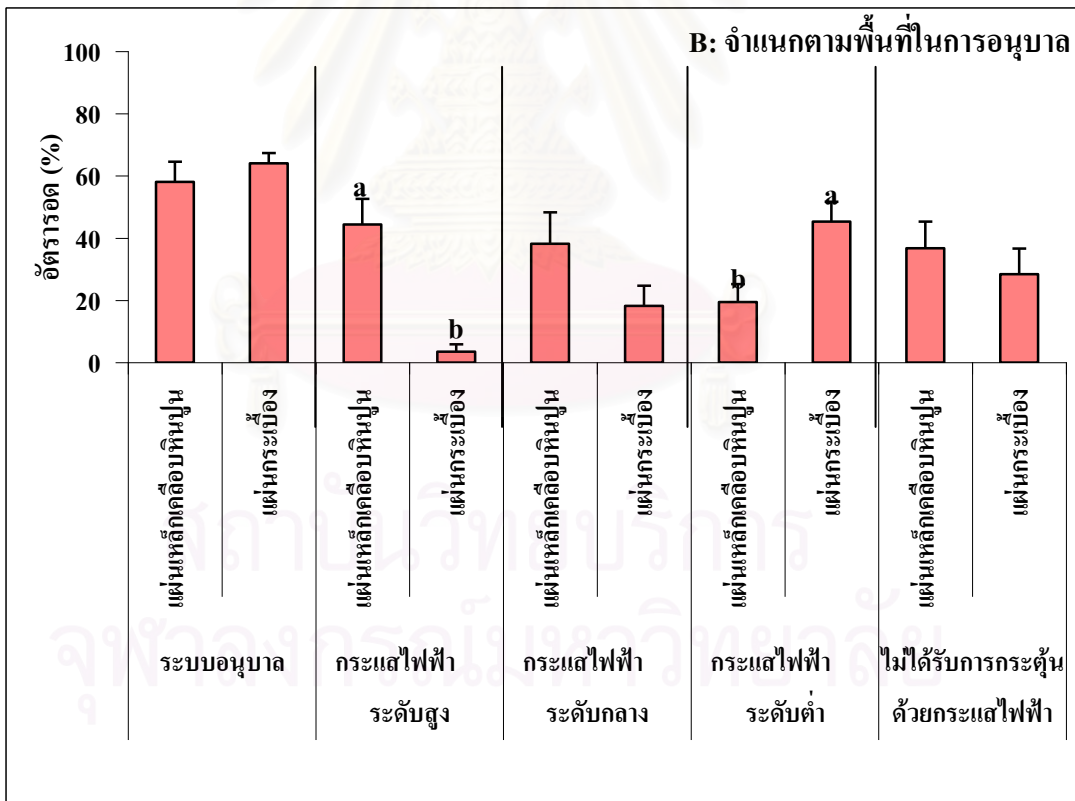
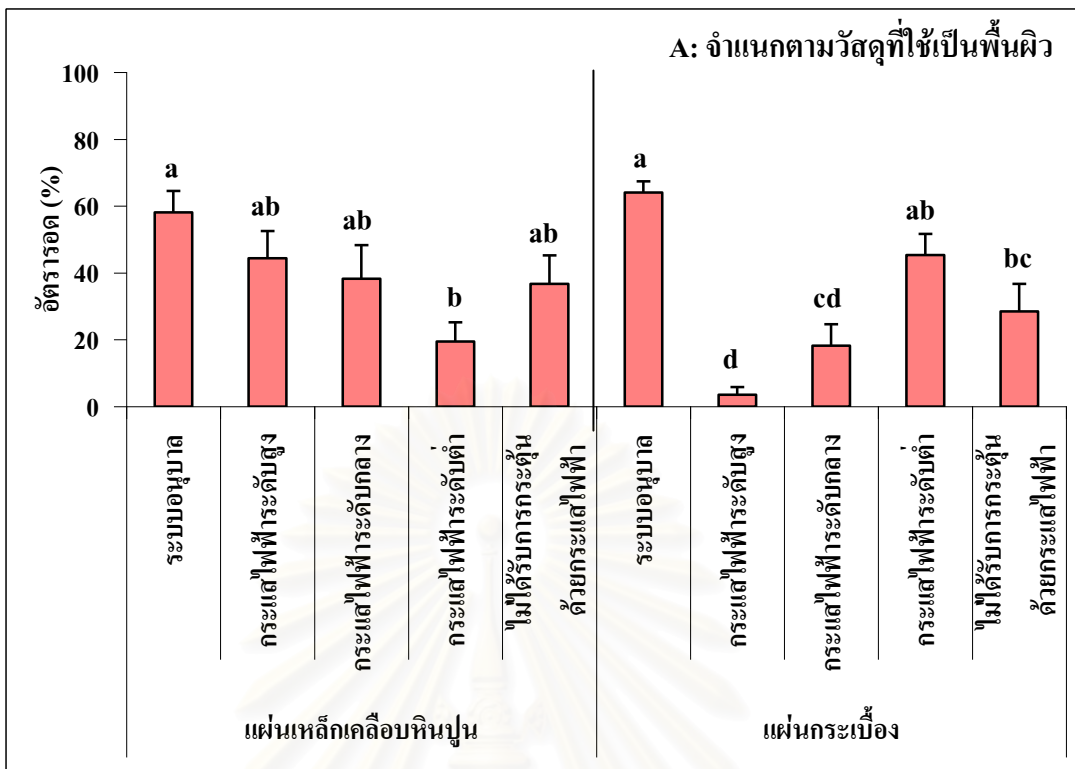


รูปที่ 4.10 ความกว้างสูงสุดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* บนแผ่นกระเบื้อง



รูปที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนโดยเฉลี่ย (SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และพื้นที่ในการอนุบาล (B)

หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 4.12 อัตรารอดโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามวัสดุที่ใช้เป็นพื้นผิว (A) และพื้นที่ในการอนุบาล (B)

หมายเหตุ: ตัวอักษรในกราฟที่แตกต่างกันของแต่ละชุดการทดลองมีค่าต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ประการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

5.1.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ใน 24 ชั่วโมง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ทั้ง 2 และ 4 แอมแปร์/ตารางเมตร มีอัตราการลงเกาะที่ค่อนข้างต่ำในทุกแผ่นพื้นผิว ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ยกเว้นกรณีของแผ่นเหล็กที่มีอัตราการลงเกาะต่ำในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้ การที่ชุดการทดลอง ที่ปล่อยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นพื้นผิวทุกแบบต่ำ อาจเนื่องมาจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าในชุดการทดลอง ที่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี ซึ่งนอกจากจะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นหินปูนแล้ว ยังเกิดกรด (H_2) และเกิดคลอรีน (Cl_2) ที่ขี้วแอโนด (Hilbertz, 1978, 1992) ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำและอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังได้ อย่างไรก็ตาม การทดลองในชั่วโมงที่ 3 ซึ่งอาจยังไม่ได้รับผลกระทบจากปริมาณของคลอรีนในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการลงเกาะที่ค่อนข้างต่ำเช่นกัน (ภาคผนวก ก-1) และจากผลการทดลองที่พบว่าแผ่นเหล็กมีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังต่ำ อาจเนื่องมาจากการเกิดตะกอนสนิมกลุ่มที่ผิวของแผ่นเหล็ก ทำให้ตัวอ่อนไม่สามารถลงเกาะบนแผ่นพื้นผิวที่มีตะกอนได้ (Hodgson, 1990) ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Goreau and Hilbertz (1996) ที่พบว่าโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าจะเกิดสนิม และไม่พบสิ่งมีชีวิตอื่นมาลงเกาะบนโครงสร้าง

5.1.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

จากการติดตามการเติบโตของปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะตามธรรมชาติในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า บริเวณอ่าวแฉวง อ. เกาะสมุย จ. สุราษฎร์ธานี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอัตราการเติบโตในตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะในโครงสร้างกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 โครงสร้าง ทั้งนี้ อาจเพราะระดับของกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันไม่เพียงพอต่อผลของความแตกต่างของการเติบโตของปะการัง หรือ ระยะเวลาในการศึกษาอาจไม่เพียงพอสำหรับ

การเปรียบเทียบในการเห็นผลการเติบโตได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดที่เพิ่มขึ้น พบว่าตัวอ่อนปะการังบน โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง มีเปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุด ที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการแสไฟฟ้าในระดับที่สูงสามารถช่วยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่มากขึ้น และเกิดไอออนต่างๆ ที่เป็นผลดีต่อกระบวนการสร้างหินปูนและการเติบโตของปะการัง (Sabater and Yap, 2004)

การที่อัตราการรอดของปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบน โครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ระดับสูงมีอัตราการรอดต่ำ สุด อาจเป็นผลมาจากการสร้างหินปูนด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง เนื่องจาก กระแสไฟฟ้าระดับสูงสามารถสร้างหินปูนได้อย่างรวดเร็ว แต่ลักษณะของหินปูนที่เกิดขึ้นค่อนข้างอ่อน (Hilbertz, 1992) ซึ่งอาจส่งผลให้การยึดติดของปะการังกับโครงสร้างไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ หินปูนสามารถหลุดหรือกระเทาะออกจากโครงสร้างได้โดยง่าย ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้โครงสร้างกระแสไฟฟ้าระดับสูงมีอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังที่ต่ำ นอกจากนี้ได้สังเกตพบว่ในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูงมีปริมาณสาหร่ายที่ลงเกาะบน โครงสร้างค่อนข้างมากกว่าโครงสร้างอื่น อาจทำให้เกิดการแข่งขันในการครอบครองพื้นที่ระหว่างสาหร่ายกับปะการังสูง และส่งผลต่ออัตราการรอดของปะการัง (Hunte and Wittenberg, 1991; Tanner, 1995)

5.2 ปะการังเขากวาง *Acropora* spp.

5.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

จากผลการศึกษาอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 8 แอมแปร์/ตารางเมตร ที่พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามี อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังต่ำเช่นเดียวกับการทดลอง ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีที่ได้ผลเป็น กรด (H^+) และ คลอรีน (Cl_2) ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ การที่ ชุดการทดลองที่ไม่ ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการลงเกาะสูงสุด และไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับชุดควบคุมบนแผ่นพื้นผิวที่เป็นกระเบื้องและแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน เนื่องจากชุดการทดลองทั้งสองไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า จึงไม่ปรากฏสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้ การที่แผ่นพื้นผิวแต่ละชนิดมีการลงเกาะไม่แตกต่างกัน

เนื่องจากแผ่นพื้นผิวทั้ง 3 แบบที่นำมาใช้ เป็นแผ่นพื้นผิวที่ได้ผ่านการแช่น้ำทะเลในเวลาเท่ากัน เพื่อให้เกิดสาหร่ายหินปูน (coralline red algae) จึงเกิดสารเหนียวนำการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังจากสาหร่ายดังกล่าว (Morse and Morse, 1991) ซึ่งต่างกับการทดลองในปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่พบว่าอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นพื้นผิวในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าและชุดควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากแผ่นพื้นผิวทั้งสองแบบ ไม่ผ่านการแช่น้ำทะเลเช่นเดียวกับการศึกษาในปะการัง *Acropora humilis* นี้ ซึ่งยืนยันได้จากการศึกษาของ ซิลทอร์ รักษาทรัพย์ (2550) ที่พบว่าสาหร่ายหินปูนที่เกาะบนแผ่นพื้นผิวช่วยในการเหนียวนำการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่าการพบตัวอ่อนปะการังลงเกาะในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในธรรมชาติ นั้น อาจไม่ใช่เพราะการเหนียวนำจากกระแสไฟฟ้า แต่เป็นเพราะลักษณะของหินปูนที่เคลือบอยู่บนโครงสร้าง ซึ่งคล้ายกับพื้นที่ตามธรรมชาติที่ตัวอ่อนสามารถลงเกาะได้ (Treeck and Schuhmacher, 1997)

5.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอด ระยะหลังการลงเกาะ ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล

จากผลของปะการัง *Acropora humilis* ระยะหลังลงเกาะบนแผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 แบบในระบบอนุบาล เป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่า ตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ลงเกาะบนแผ่นอลูมิเนียมมีอัตราการเติบโตและมีอัตราการรอดสูงสุด รองลงมาได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้อง ตามลำดับ ใน การศึกษาอัตราการเติบโตและ อัตรารอดของปะการังชนิดนี้ใน ระยะหลังการลงเกาะบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 แบบ เป็นระยะเวลา 10 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับ การศึกษาอัตราการเติบโตของปะการังชนิดเดียวกัน โดย ซิลทอร์ รักษาทรัพย์ (2550) ซึ่งมีอัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยและอัตราการรอดบนแผ่นกระเบื้องในการอนุบาล 9 เดือน ที่มีค่า $123.3 \pm 9.67\%$ และ 33% ตามลำดับ นั้น พบว่า ตัวอ่อนที่ลงเกาะบนแผ่นอลูมิเนียมมีการเติบโตและอัตราการรอดสูงกว่า ก่อนข้างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของแผ่นอลูมิเนียมที่มีความเรียบของพื้นผิว ทำให้สามารถทำความสะอาดสาหร่ายที่มาลงเกาะได้ง่าย และทำได้สะอาดกว่าแผ่นพื้นผิวอื่น สาหร่ายเหล่านี้ส่งผลต่อการเติบโตและการรอดของปะการัง (Tanner, 1995) อย่างไรก็ตาม แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน ซึ่งมีอัตราการรอดที่ใกล้เคียงกับแผ่นอลูมิเนียม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับแผ่นกระเบื้องที่มีอัตราการรอดที่ค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องด้วยปัจจัยของปริมาณตัวอ่อนที่ลงเกาะบนแผ่นพื้นผิว บนแผ่นกระเบื้องที่มีความหนาแน่นของตัวอ่อนปะการังมากกว่า บนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูนและแผ่นอลูมิเนียม ดังนั้น เมื่อตัวอ่อนมีการขยายขนาดโคโลนี จึงเกิดการเข้ามาใกล้กันส่งผลต่อการแข่งขันและการปฏิเสศซึ่งกันและกันได้ (ซิลทอร์ รักษาทรัพย์, 2550; Frank *et al.*, 1997) อัตรารอดของตัว

อ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องจึงค่อนข้างต่ำ นอกจากนั้น อาจเป็นผลมาจาก ขนาดถึงอนุบาล ที่ทำการอนุบาลตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้อง เป็นถังที่มี ทรงสูงกว่าถึงอนุบาลตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนและแผ่นอลูมิเนียม ทำให้มีการไหลเวียนของน้ำในถัง ทรงสูงต่ำกว่าในถังขนาดเล็ก ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการเติบโตและ อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องได้เช่นกัน

5.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

การเติบโตของตัวอ่อนปะการังบน โครงสร้าง ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า ระดับกลาง มีอัตราการเติบโตสูงสุด บนแผ่นพื้นผิวทั้งสองแบบ และมีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับตัวอ่อนปะการังในระบบอนุบาล ซึ่งมีอัตราการเติบโตต่ำที่สุด ทั้งนี้ การที่ตัวอ่อนปะการังในระบบอนุบาลมีอัตราการเติบโตต่ำ อาจ เป็นผลมาจาก ระบบอนุบาลมีการกรองน้ำก่อนนำน้ำเข้าสู่ระบบ และในการศึกษาครั้งนี้มีการให้น้ำเข้าสู่ระบบในช่วงเวลาที่กำหนดเท่านั้น จึงอาจเป็นข้อจำกัดในเรื่องของอาหารธรรมชาติของปะการังที่เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก หรือ สารอาหารอื่นที่สำคัญต่อการเติบโต (Ferrier-Pagès, Witting and Tambuttè, 2003; Grover, 2003; Palardy, Grottoli and Matthews, 2005) ไม่สามารถผ่านเข้ามา หรือผ่านเข้ามาสู่ระบบอนุบาลได้น้อย การเติบโตของปะการังในระบบอนุบาลจึงต่ำและช้ากว่าปะการังในธรรมชาติที่ได้รับปริมาณอาหารที่เพียงพอ นอกเหนือจากที่ได้รับพลังงานจากสาหร่ายซูแซนเทลลี นอกจากนั้น การที่ปะการังได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าทำให้ตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าตัวอ่อนปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าด้วยเช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถึงแม้ว่า ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องที่อนุบาลในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง กลาง และต่ำ กับ โครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า แต่ผลการศึกษาบางส่วน เช่น เปรอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดของตัวอ่อนปะการังที่พบความแตกต่างเฉพาะตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่กระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยในการกระตุ้นการเติบโตของตัวอ่อนปะการังได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Schillak *et al.* (2000) และ Sabater and Yap (2002) ที่เปรียบเทียบ การเติบโตของชิ้นส่วนปะการังที่นำมายึดติดกับโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยพบว่าปะการังมีอัตราการเติบโตที่ลดลงภายหลังจากไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Borell (2008) ที่พบว่าปะการังบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า มีการเติบโตที่ต่ำกว่าปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าด้วยเช่นกัน

การที่อัตราการรอดของปะการัง *Acropora millepora* ในระบบอนุบาลมีค่าสูงและแตกต่างจากการอนุบาลบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในธรรมชาตินั้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในธรรมชาติที่ส่งผลต่อตัวอ่อนปะการังบนแผ่นพื้นผิวโดยตรง เช่น พื้นที่บริเวณเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณตะกอนในมวลน้ำสูง (Prathep 2007) ซึ่งส่งผลต่อการบดบังแสง รวมถึง การตกลงมาปกคลุมตัวอ่อนปะการังโดยตรง นอกจากนี้ ยังมีการแก่งแย่งครอบครองพื้นที่ของสาหร่าย (Hunte and Wittenberg, 1991; Tanner, 1995) ที่ส่งผลต่อตัวอ่อนปะการังเช่นกัน ดังนั้น ตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการปกป้องจากปัจจัยภายนอกเหล่านี้ โดยการอนุบาลในระบบเลี้ยงจึงมีอัตราการรอดที่สูงกว่า เช่นเดียวกับการศึกษาเปรียบเทียบการอนุบาลปะการังในระบบเลี้ยงกับในธรรมชาติของ ช โลทร รักษาทรัพย์ (2550) อย่างไรก็ตาม การที่ Treeck and Schuhmacher (1997) และ Sabater and Yap (2002) รายงานว่า ปะการังที่อยู่บนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้ามีอัตราการตายที่น้อยกว่าปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้านั้น อาจไม่สามารถส่งผลดังกล่าวให้ปรากฏได้ในกรณีที่พื้นที่ศึกษามีปริมาณตะกอนหรือการแข่งขันกับศัตรูอื่นสูง เช่น บริเวณพื้นที่เกาะสมุย ระยะเวลาในการอนุบาลในระบบเลี้ยงให้ปะการังมีขนาดที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญ ก่อนนำไปศึกษาการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อลดปัจจัยอื่นภายนอกที่มารบกวน เนื่องจากปะการังที่มีขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการป้องกันตนเองและแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตอื่นได้ดีกว่า

บทที่ 6

สรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 ประการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

6.1.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าส่งผลต่อตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* มีอัตราการลงเกาะต่ำ และระดับของกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง อาจเนื่องมาจาก การเกิดกรด (H_2) และคลอรีน (Cl_2) จากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพน้ำและอัตราการลงเกาะ ทั้งนี้อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องในชุดควบคุมมีอัตราการลงเกาะสูงสุด เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ประกอบกับแผ่นกระเบื้องมีสาหร่ายหินปูนเกาะที่พื้นผิวซึ่งสามารถเหนี่ยวนาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังได้ (Morse and Morse, 1991) นอกจากนี้พบว่าอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กในชุดทดลองมีอัตราการลงเกาะต่ำ ที่อาจเนื่องมาจากการเกิดสนิมคลุมที่ผิวแผ่นเหล็กตัวอ่อนจึงไม่สามารถลงเกาะได้ อย่างไรก็ตามแม้อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาลมีอัตราการลงเกาะที่ต่ำ ซึ่งอาจเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่ใน โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในธรรมชาติสามารถพบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังชนิดนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสร้างหินปูนที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นเสมือนการเพิ่มพื้นที่ให้ตัวอ่อนปะการังได้ลงเกาะเพิ่มขึ้น

6.1.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

(1) อัตราการเติบโต

ตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 โครงสร้าง มีอัตราการเติบโตที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง มีอัตราการเติบโต

สูงสุด ขณะที่ตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำและระดับกลาง มีอัตราการเติบโตลดลงมา ตามลำดับ

(2) อัตรารอด

ตัวอ่อนปะการังบนโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูง มีอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะต่ำสุด รองลงมาคือ โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางและระดับต่ำ ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูงมีการสร้างหินปูนที่มีลักษณะค่อนข้างอ่อน ซึ่งอาจส่งผลให้การยึดติดของปะการังกับโครงสร้างไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ โดยหินปูนสามารถหลุดหรือกระเทาะออกจากโครงสร้างได้โดยง่าย หรือจากการแข่งขันของสิ่งมีชีวิตอื่นกับปะการัง เช่น สาหร่าย เป็นต้น ซึ่งสังเกตพบว่าเป็นโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับสูงมีปริมาณสาหร่ายที่ลงเกาะบนโครงสร้างที่มากกว่าในโครงสร้างอื่น ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้โครงสร้างกระแสไฟฟ้าระดับสูงมีอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังที่ต่ำ

6.2 ปะการังเขากวาง *Acropora* spp.

6.2.1 อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาในปะการัง *Pocillopora damicornis* คือมีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในชุดการทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าค่อนข้างต่ำในแผ่นพื้นผิวทั้ง 3 แบบ เนื่องมาจาก การเกิดกรด (H_2) และคลอรีน (Cl_2) ขึ้นในระบบที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ทั้งนี้ ตัวอ่อนปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าและชุดควบคุมในแผ่นกระเบื้องและแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูนมีอัตราการลงเกาะที่สูง และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจาก ไม่ได้รับผลกระทบจากการเกิดกรด (H_2) และคลอรีน (Cl_2) ในระบบรวมทั้งแผ่นพื้นผิวทั้งสองมีสาหร่ายหินปูนเกาะที่พื้นผิวซึ่งสามารถเหนี่ยวนำการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังได้ (Morse and Morse, 1991)

6.2.2 อัตราการเติบโตและอัตราการรอด ระยะหลังการลงเกาะ ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ในระบบอนุบาล

(1) อัตราการเติบโต

ตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* ที่ลงเกาะบนแผ่นอลูมิเนียมมีอัตราการเติบโตสูงสุด อาจมาเนื่องจาก ลักษณะพื้นผิวที่เรียบทำให้กำจัดสาหร่ายที่เกาะพื้นผิวได้ง่าย ตัวอ่อนปะการังบนแผ่นอลูมิเนียมจึงได้รับการรบกวนจากสาหร่ายน้อยกว่าในแผ่นพื้นผิวอื่น ขณะที่อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) อัตราการรอด

อัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง *Acropora humilis* หลังการลงเกาะบนแผ่นอลูมิเนียมมีอัตราการรอดสูงสุดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กที่เคลือบหินปูน แต่มีความแตกต่างกับอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังบนแผ่นกระเบื้องที่มีอัตราการรอดต่ำสุด เนื่องจากลักษณะของพื้นผิวที่มีผลต่อการกำจัดสาหร่าย และการลงเกาะของสาหร่ายที่เข้ามา รบกวนและแข่งขันกับตัวอ่อนปะการังดังกล่าว ไปข้างต้น ซึ่งส่งผลต่ออัตราการรอดของตัวอ่อนปะการัง

6.2.3 อัตราการเติบโตและอัตราการรอดระยะหลังการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* เปรียบเทียบระหว่างระบบอนุบาลกับโครงสร้างที่ได้รับความร้อนและไม่ได้รับความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า

(1) อัตราการเติบโต

อัตราการเติบโตของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* บนแผ่นพื้นผิวทั้งสองแบบ (แผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้อง) ในโครงสร้างที่ได้รับความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า ระดับกลาง มีอัตราการเติบโตสูง (87.84 ± 12.40 และ 90.22 ± 6.04 % ตามลำดับ) และแตกต่าง กับชุดการทดลองในระบบอนุบาลซึ่งมีค่าต่ำ (47.35 ± 4.15 และ 45.13 ± 4.46 %) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านอาหารธรรมชาติที่ไม่สามารถผ่านเข้ามา หรือผ่านเข้ามาสู่ระบบอนุบาลได้น้อย การเติบโตของปะการังในระบบอนุบาลจึงต่ำและช้ากว่าปะการังในธรรมชาติที่ได้รับปริมาณอาหารที่เพียงพอ นอกจากนั้น การที่ปะการังได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอาจทำให้ตัวอ่อนปะการังที่ได้รับความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้ามีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าตัวอ่อนปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าด้วยเช่นกัน แม้ว่าอัตราการเติบโต ของตัวอ่อนปะการังที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลการศึกษบางส่วน เช่น เปรอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนของตัวอ่อนปะการังที่ได้รับการ

กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนของตัวอ่อนปะการังที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า และตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าระดับกลางมีเปอร์เซ็นต์ความกว้างสูงสุดต่อเดือนสูงกว่าตัวอ่อนปะการังบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูนในโครงสร้างที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ จึงแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่กระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยในการกระตุ้นการเติบโตของตัวอ่อนปะการังได้

(2) อัตรารอด

อัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังระยะหลังลงเกาะบนแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน และแผ่นกระเบื้องในระบบบอนุบาลมีอัตรารอดสูง ($58.12 \pm 6.43\%$ และ $64.1 \pm 3.33\%$ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังในชุดการทดลองอื่น นอกจากนั้นอัตราการรอดของตัวอ่อนปะการังในโครงสร้างที่ได้รับ และไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ปริมาณตะกอน หรือการแข่งขันครอบครองพื้นที่ของสาหร่ายที่สามารถส่งผลต่อตัวอ่อนปะการังบนแผ่นพื้นผิวในโครงสร้างทั้งที่ได้รับ และไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง ในขณะที่ตัวอ่อนปะการังในระบบบอนุบาลได้รับการปกป้องจากปัจจัยทางธรรมชาติเหล่านี้จึงส่งผลให้ตัวอ่อนปะการังที่อยู่ในระบบบอนุบาลมีอัตรารอดที่สูงกว่าตัวอ่อนปะการังบนแผ่นพื้นผิวที่อยู่บน โครงสร้างในธรรมชาติ

6.3 ข้อเสนอแนะ

- 6.3.1 การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบบอนุบาลขนาดเล็ก ประสบปัญหาในการเกิดกรดและคลอรีนจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี จึงควรรหาแนวทางและวิธีการป้องกันเพื่อลดปัญหาดังกล่าว การใช้ระบบน้ำที่มีการถ่ายเทได้ดีสามารถช่วยได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น การสร้างระบบบอนุบาลให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจเพื่อถ่ายเทปัญหาดังกล่าว อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหา
- 6.3.2 การศึกษาในพื้นที่ธรรมชาติ ควรคำนึงถึงปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เพื่อลดผลที่เกิดขึ้นในด้านลบหรือความไม่ชัดเจนในผลการศึกษา
- 6.3.2 ขนาดของปะการังที่ใช้ในการศึกษาควรเป็นขนาดที่เหมาะสม ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันในพื้นที่ อันเนื่องมาจากปัจจัยแวดล้อม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ชโลธร รักษาทรัพย์. 2550. อัตราการรอดและการเติบโตของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora* spp. ในระบบเพาะเลี้ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นลินี ทองแถม, ไพฑูล แพนชัยภูมิ และสมหญิง พ่วงประสาน. 2546. การฟื้นฟูแนวปะการังในทะเลอันดามันของประเทศไทย. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- นฤมล กรณิตนันท์. 2541ผลกระทบจากการท่องเที่ยวต่อปะการัง วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 106 หน้า
- ศรีสกุล ภิรมย์วารากร, ลลิตา ปัจฉิม, นรินทร์รัตน์ คงจันทร์ตรี, รณวัน บุญประกอบ และอัญชลี จันทร์คง. 2549. ฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง (สกุล *Acropora*) ในอ่าวไทย. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 1: 39-49.
- อัญชลี จันทร์คง . 2549. ชนิด การกระจายพันธุ์ และโครงสร้างประชาคมของปะการังแข็งสกุล *Acropora* ในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชา วาริชศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 156 หน้า

ภาษาอังกฤษ

- Ammar, M. S. A., Amin, E. M., Gundacker, D. and Mueller, W. E. G. 2000. One Rational Strategy for Restoration of Coral Reefs: Application of Molecular Biological Tools to Select Sites for Rehabilitation by Asexual Recruits. Marine Pollution Bulletin 40: 618–627.
- Ammar, M. S. A. and Mahmoud, M. A. 2005. A New Innovated and Cheap Model in Building Artificial Reefs. Egyptian Journal of Aquatic Research 31: 105-117.
- Ayre, D. J. and Resing, J. M. 1986. Sexual and Asexual Production of Planulae in Reef Corals. Marine Biology 90: 187-190.
- Babcock, R. C. and Heyward, A. J. 1986. Larval Development of Certain Gamete-Spawning Scleractinian Corals. Coral Reefs 5: 111-116.
- Borell, E. M. 2008. Coral Photophysiology in Response to Thermal Stress, Nutritional Status and Seawater Electrolysis. Ph.D. Thesis, Natural Sciences, Biology/ Chemistry, Bremen University. 134 pp.

- Buster, N. A and Holmes, C. W. 2006. Magnesium Content within The Skeletal Architecture of the Coral *Montastraea faveolata*: Locations of Brucite Precipitation and Implications to Fine-Scale Data Fluctuations. Coral Reefs 25: 245-253.
- Clark, S. and Edwards, A. J. 1995. Coral Transplantation as an Aid to Reef Rehabilitation: Evaluation of a Case Study in the Maldives Islands. Coral Reefs 14, 201–213.
- Chavanich, S., Siripong, A., Sojisuporn, P. and Menasveta, P. 2005. Impact of Tsunami on the Seafloor and Corals in Thailand. Coral Reefs 24: 535.
- Chornesky, E. A. and Peters, E. C. 1987. Sexual Reproduction and Colony Growth in the Scleractinian Coral *Porite astreoides*. The Biological Bulletin 172: 161-177.
- De' ath, G. and Moran, P. J. 1998. Factors Affecting the Behaviour of Crown-of-thorns Starfish (*Acanthaster planci* L.) on the Great Barrier Reef:2: Feeding Preferences. Journal of Experimental Biology and Ecology 200: 107-126.
- Dunstan, P. K. and Johnson, C. R. 1997. Spatio-temporal Variation in Coral Recruitment at Different Scales on Heron Reef, Southern Great Barrier Reef. Coral Reefs 17: 71-81.
- Fan, T. Y., Li, J. J., Ie, S. X. and Fang, L. S. 2002. Lunar Periodicity of Larval Release by Pocilloporid Corals in Southern Taiwan. Zoological Studies 41: 288-294.
- Fautin, D. G. 2002. Reproduction of Cnidaria. Canadian Journal of Zoology 80: 1735-1754.
- Ferrier-Pagès, C., Witting, J. and Tambuttè, E. 2003. Effect of Natural Zooplankton Feeding on the Tissue and Skeletal Growth of the Scleractinian Coral *Stylophora pistillata*. Coral Reefs 22: 229-240.
- Field, S. N., Glassom, D. and Bythell, J. 2007. Effects of Artificial Settlement Plate Materials and Methods of Deployment on the Sessile Epibenthic Community Development in a Tropical Environment. Coral Reefs 26: 279-289
- Frank, U., Oren, U., Loya, Y. and Rinkevich, B. 1997. Alloimmune Maturation in the Coral *Stylophora Pistillata* is Achieved through Three Distinctive Stages, 4 Months Postmetamorphosis. Proceedings of the Royal Society of London Biological 264: 99-104.
- Gattuso, T., Allemand, D and Frankignoulle, M. 1999. Photosynthesis and Calcification at Cellular, Organismal and Community Levels in Coral Reefs: A Review on Interactions and Control by Carbonate Chemistry. American Zoologist 39: 160-183.
- Glassom, D., Zakai, D. and Chadwick-Furman, N. E. 2004. Coral Recruitment: a Spatio-temporal Analysis along the Coastline of Eilat, Northern Red Sea. Marine Biology 144: 641-651.

- Goreau, T. J. and Hilbertz, W. 1996. Reef Restoration Using Seawater Electrolysis in Jamaica. The 8th International Coral Reef Symposium, Panama.
- Goreau, T. J., Cervino, J. M. and Pollina, R. 2004. Increased Zooxanthellae Numbers and Mitotic Index in Electrically Stimulated Corals. The 4th International Symbiosis Congress, Halifax, Canada. 37:107-120.
- Goreau, T. J. and Hilbertz, W. 2005. Marine Ecosystem Restoration: Costs and Benefit for Coral Reefs. World Resource Review 17: 375-408.
- Grover, R. 2003. Nitrate Uptake in the Scleratinian Coral *Stylophora pistillata*. Limnology and Oceanography 48(6): 2266-2274.
- Harii, S., Omori, M., Yamakawa, H. and Koike, Y. 2001. Sexual Reproduction and Larval Settlement of the Zooxanthellate Coral *Alveopora japonica* Eguchi at High Latitudes. Coral Reefs 20: 19-23.
- Harii, S., Kayanne, H. and Takigawa, H. 2002. Larval Survivorship, Competency Periods and Settlement of Two Brooding Corals, *Heliopora coerulea* and *Pocillopora damicornis*. Marine Biology 141: 39-46.
- Hatta, M., Iwao, K., Taniguchi, H. and Omori, M. 2004. Restoration Technology Using Sexual Reproduction. In M. Omori and S. Fujiwara (eds.), Manual for Restoration and Remediation of Coral Reefs. Nature Conservation Bureau. Ministry of the Environment. Japan. pp. 14-28.
- Hawkins, J.P. and Roberts, C. 1994. The Growth of Coastal Tourism in the Red Sea: Present and Future Effects on Coral Reefs. Ambio 23: 503-508.
- Hayashibara, T., Ohike, S. and Kakinuma, Y. 1997. Embryonic and Larval Development and Planular Metamorphosis of Four Gamete-spawning *Acropora* (Anthozoa, Scleractinia). Proceedings of 8th International Coral Reef Symposium, 2: 1231-1236.
- Hilbertz, W. H. 1978. Electrodeposition of Minerals in Seawater. Oceans 10: 699-706.
- Hilbertz, W. H. 1992. Solar-generated Building Material from Seawater as a Silk for Carbon. Ambio 21: 126-129.
- Hodgson, G. 1990. Sediment and the Settlement of Larvae of Reef Coral *Pocillopora damicornis*. Coral Reef 9: 41-43.

- Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nystrom, M., Palumbi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B. and Roughgarden, J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. Science 301: 929-933.
- Hunte, W. and Wittenberg, M. 1991. Effects of Eutrophication and Sedimentation on Juvenile Corals. Marine Biology 114: 1432-1793.
- Jaap, W. C. 2000. Coral Reef Restoration. Ecological Engineering 15: 345-364.
- Jones, R. J. and Hoegh-Guldberg, O. 1999. Effects of Cyanide on Coral Photosynthesis: Implications for Identifying the Cause of Coral Bleaching and for Assessing the Environmental Effects of Cyanide Fishing. Marine Ecology Progress 177: 83-91.
- Kitada, H. 2002. Fecundity of *Acropora tenuis* at Akajima Island. Midoriishi 13: 26-29. (in Japanese)
- Kuanui, P., Chavanich, S., Raksasab, C. and Viyakarn, V. 2009. Lunar Periodicity of Larval Release and Larval Development of *Pocillopora damicornis* in Thailand. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium. (in press)
- McCallum, H. I., Endean, R. and Cameron, A. M. 1989. Sublethal Damage to *Acanthaster planci* as an Index of Predation Pressure. Marine Ecology Progress Series 56: 29-36.
- Morse, D. E. and Morse, A. N. C. 1991. Enzymatic Characterization of the Morphogen Recognized by *Agaricia humilis* (Scleractinian Coral) Larvae. Biological Bulletin 181: 104-122.
- Mundy, C. N. 1999. An Appraisal of Methods Used in Coral Recruitment Studies. Coral Reef 19:124-131.
- Muller-Parker, G. and Elia, C. F. D. 1997. Interaction between Coral and their Symbiotic Algae. In C. Birkeland (ed.), Life and Death of Coral Reef, United States of America: Chapman & Hall. pp. 96-113.
- Nozawa, Y. and Harrison, P. L. 2002. Larval Settlement Patterns, Dispersal Potential, and the Effect of Temperature on Settlement of Larvae of the Reef Coral, *Platygyra deadalea*, from the Great Barrier Reef. Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, 1: 409-415.
- Okamoto, M., Nojima, S., Furushima, Y. and Phoet, W. C. 2005. A Basic Experiment of Coral Culture Using Sexual Reproduction in the Open Sea. Journal of Fisheries Science 71: 263-270.
- Omori, M. and Fujiwara, S. 2004. Manual for Restoration and Remediation of Coral Reefs. Nature Conservation Bureau, Ministry of the environment, Japan.

- Palardy, J. E., Grottoli, A. G. and Matthews, K. A. 2005. Effects of Upwelling, Depth, Morphology and Polyp Size on Feeding in Three Species of Panamanian Corals. Marine Ecology Progress Series 300: 79-89.
- Perkol-Finkel, S. and Benayahu, Y. 2004. Recruitment of Benthic Organisms onto a Planned Artificial Reef: Shifts in Community Structure One Decade Post-deployment. Marine Environmental Research 58: 79-99.
- Permat, W. H., Kinzie III, R.A. and Hidaka, M. 2000. Histological Studies on the Origin of Planulae of the Coral *Pocillopora damicornis*. Marine Ecology Progress Series 200: 191-200.
- Phongsuwan, N. and Brown, B. 2007. The Influence of the Indian Ocean Tsunami on Coral Reefs of Western Thailand, Andaman Sea, Indian Ocean. Tsunamis and coral reefs 544: 79-91.
- Prathep, A. 2007. Diversity and community of macroalgae at Koh Taen, Haad Kanom-Mu Koh Tale Tai, marine National Park, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. Journal of Marine Research Indonesia 32(2):153-162.
- Richmond, R. M. and Hunter, C. L. 1990. Reproduction and Recruitment of Corals: Comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. Marine Ecology Progress Series 60: 185-203.
- Riegl, B. and Luke, K. E. 1998. Ecological Parameters of Dynamited Reefs in the Northern Red Sea and their Relevance to Reef Rehabilitation. Marine Pollution Bulletin 37: 488-498.
- Rogers, C. S., Mclain, L. M. and Tobias, C. R. 1991. Effects of Hurricane Hugo (1989) on a Coral Reef in St. John, USVI. Marine Ecology Progress Series 78: 189-199.
- Tratalos, J. A. and Austin T. J. 2001. Impacts of recreational SCUBA Diving on Coral Communities of the Caribbean Island of Grand Cayman. Biological Conservation. 102: 67-75.
- Sabater, M. G. and Yap, H. T., 2002. Growth and Survival of Coral Transplants with and without Electrochemical Deposition of CaCO₃. Marine Biology and Ecology 272: 131-146.
- Sabater, M. G. and Yap, H. T. 2004. Long-term Effects of Induced Mineral Accretion on Growth, Survival and Corallite Properties of *Porites cylindrica* Dana. Marine Biology and Ecology 311: 355-374.
- Schillak, L. S., Shokry, M., Ammar, A. and Müller, W. E. G. 2000. Coral Reef Rehabilitation- Technical Options and Necessary Political and Socio-economic Frame: Experiences from Jordan, Egypt and Kenya. ACP-EU Fisheries Research Report 10: 68-83

- Schwarz, J. A., Krupp, D. A. and Weis, V. M. 1999. Late Larval Development and Onset of Symbiosis in the Scleractinian Coral *Fungia scutaria*. Biological Bulletin 196: 70-79.
- Schuhmacher, H., Treeck, P. V., Eisinger, M. and Paster, M. 2000. Transplantation of Coral Fragments from Ship Groundings on Electrochemically formed Reef Structures. Proceedings of 8th International Coral Reef Symposium, 2: 983-990
- Shafir, S., Rijn, J. V. and Rinkevich, B. 2006. Steps in the Construction of Underwater Coral Nursery, an Essential Component in Reef Restoration Acts. Marine Biology 149: 679-687.
- Shlesinger, Y., Goulet, T. L. and Loya, Y. 1998. Reproductive Patterns of Scleractinian Corals in the Northern Red Sea. Marine Biology 132: 691-701.
- Spieler, R. E., Gilliam, D. S. and Sherman, R. L. 2001. Artificial Substrate and Coral Reef Restoration: What do We Need to Know to Know What We Need. Bulletin of Marine Science 69(2): 1013–1030.
- Stimson, J. S. 1978. Mode and Timing of Reproduction in some Common Hermatypic Corals of Hawaii and Enewetak. Marine Biology 48: 173-184.
- Stoddart, J. A. 1983. Asexual Reproduction of Planulae in the Coral *Pocillopora damicornis*. Marine Biology 76: 279-284.
- Stobart, B., Teleki, K., Buckley, R., Downing, N. and Callow, M. 2004. Coral Recovery at Aldabra Atoll, Seychelles: Five Years after the 1988 Bleaching Event. Philosophical Transactions of The Royal Society 363: 251-255.
- Szmant, A. M. 1986. Reproductive Ecology of Caribbean Reef Corals. Coral Reefs 5: 43-54.
- Tanner, J. E. 1995. Competition between Scleractinian Corals and Macroalgae: An Experimental Investigation of Coral Growth, Survival and Reproduction. Marine Biology and Ecology 190: 151-168.
- Treeck, P. V. and Schuhmacher, H. 1997. Initial Survival of Coral Nubbins Transplanted by a New Coral Transplantation Technology-options for Reef Rehabilitation. Marine Ecology Progress Series 150: 287-292.
- Treeck, P. V. and Schuhmacher, H., 1999. Artificial Reef Created by Electrolysis and Coral Transplantation: An Approach Ensuring the Compatibility of Environmental Protection and Diving Tourism. Estuarine, Coastal and Shelf Science 49: 75-81.

- Tun, K., Ming, C. L., Yeemin, T., Phongsuwan, N., Amri, A. Y., Ho, N., Sour, K., Long, N. V., Nanola, C., Lane, D. and Tuti, Y. 2008. Status of Coral Reef in Southeast Asia. In C Wilkinson (ed.), Status of Coral Reef of the World: 2008, Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Centre, Australia. 131-144.
- Veron, J. E. N. 2000. Corals of the World. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Veron, J. E. N and Pichon, M. 1976. Scleractinian of Eastern Australia Vol. I Part Families Thamnasteriidae Astrocoeniidae Pocilloporidae. Australian Institute of Marine Science.
- Viyakarn, V., Chavanich, C., Raksasab, C. and Loyjiw, T. 2009. New Coral Community on a Breakwater in Thailand. Coral Reefs (DOI: 10.1007/ S00338-008-0453-9).
- Wainwright, S. 1963. Skeletal Organization in the Coral, *Pocillopora damicornis*. Journal of Cell Science 66: 169-183.
- Ward, S. 1992. Evidence for Broadcast Spawning as well as Brooding in the Scleractinian Coral *Pocillopora damicornis*. Marine Biology 112: 641-646.
- Weber, J. N. and Woodhead, P. M. J. 1970. Ecological Studies of the Coral Predator *Acanthaster planci* in the South Pacific. Marine Biology 6: 12-17.
- Westneat, M. W. and Resing, J. A. 1988. Predation on Coral Spawn by Planktivorous fish. Coral Reefs 7: 89-92.
- Wittenberg, M. and Hunte, W. 1992. Effects of Eutrophication and Sedimentation on Juvenile Corals I. Abundance, mortality and community structure. Marine Biology 112: 131-138.
- Yap, H. T. and Molina, R. A. 2003. Comparison of Coral Growth and Survival under Enclosed, Semi-natural Conditions and in the Field. Marine Pollution Bulletin 46: 858-864.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย (\pm SE) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* และ *Acropora humilis* ที่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบอนุบาล

1) ปะการัง *Pocillopora damicornis*

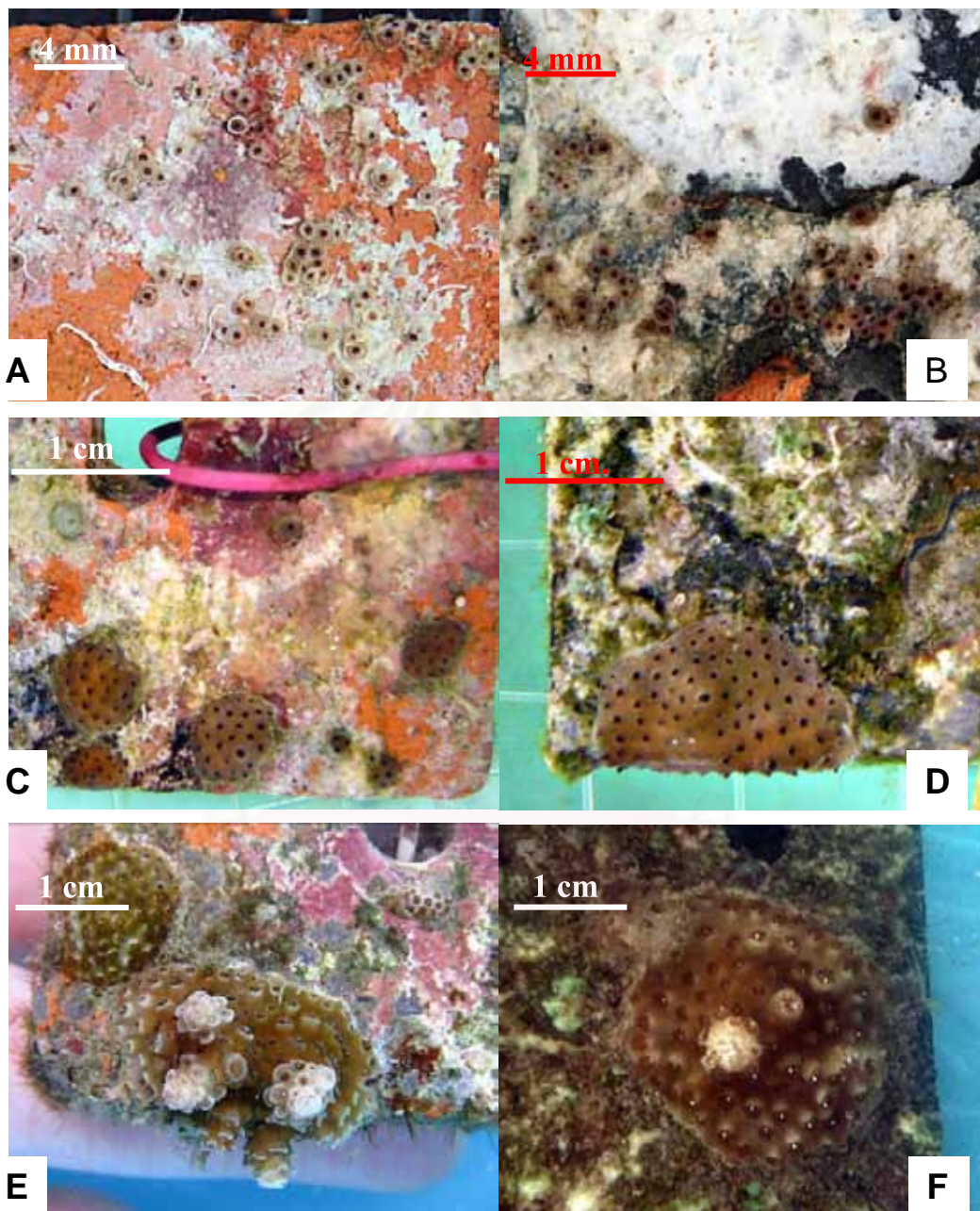
อัตราการลงเกาะ (%)																								
เวลา	กระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์/ตารางเมตร						กระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์/ตารางเมตร						ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า						ชุดควบคุม					
	แผ่นเหล็ก			เคลือบ			แผ่นเหล็ก			เคลือบ			แผ่นเหล็ก			เคลือบ			แผ่นเหล็ก		เคลือบ			
	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	หินปูน	แผ่นกระเบื้อง			
นาที่ที่ 2	1.44	± 1.17	0.89	± 0.31	1.94	± 0.43	2.83	± 1.17	0.83	± 0.40	2.83	± 0.54	1.93	± 0.54	0.70	± 0.23	1.80	± 0.38	1.57	± 0.51	1.23	± 0.25	2.00	± 0.52
นาที่ที่ 15	1.50	± 0.08	1.00	± 0.07	1.83	± 0.12	1.67	± 0.08	0.83	± 0.10	2.17	± 0.22	2.33	± 0.24	1.03	± 0.13	2.13	± 0.19	2.73	± 0.52	1.77	± 0.31	3.20	± 0.58
ชั่วโมงที่ 1	2.17	± 1.22	1.67	± 0.36	1.11	± 0.31	4.17	± 1.22	1.17	± 0.65	1.83	± 0.83	5.00	± 1.36	1.07	± 0.38	2.30	± 0.44	3.40	± 1.01	1.70	± 0.33	4.23	± 0.71
ชั่วโมงที่ 3	0.83	± 0.65	1.44	± 0.44	0.78	± 0.25	2.17	± 0.65	1.33	± 0.71	1.67	± 1.12	3.87	± 1.09	2.23	± 0.81	2.97	± 0.73	2.97	± 0.93	3.60	± 0.82	5.57	± 0.98
ชั่วโมงที่ 6	0.33	± 0.62	2.11	± 0.60	1.89	± 0.75	1.50	± 0.62	1.17	± 0.65	3.17	± 1.05	4.73	± 1.69	1.60	± 0.59	3.67	± 0.87	1.67	± 0.50	3.57	± 0.88	6.00	± 1.07
ชั่วโมงที่ 12	1.06	± 0.67	1.39	± 0.32	1.11	± 0.27	0.67	± 0.67	0.83	± 0.54	2.00	± 0.77	4.17	± 1.63	1.27	± 0.50	3.10	± 0.78	1.80	± 0.64	3.43	± 0.78	6.07	± 0.98
ชั่วโมงที่ 24	1.56	± 0.67	0.22	± 0.12	0.06	± 0.06	0.67	± 0.67	0.17	± 0.17	0.83	± 0.54	0.63	± 0.38	0.70	± 0.28	2.87	± 0.70	1.23	± 0.47	3.70	± 0.87	5.63	± 1.04

2) ปะการัง *Acropora humilis*

อัตราการลงเกาะ (%)										
เวลา	กระแสไฟฟ้า 8แอมแปร์/ตารางเมตร			ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า			ชุดควบคุม			
	แผ่นเหล็ก			แผ่นเหล็ก			แผ่นเหล็ก			
	แผ่นเหล็ก	เคลือบหินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	เคลือบหินปูน	แผ่นกระเบื้อง	แผ่นเหล็ก	เคลือบหินปูน	แผ่นกระเบื้อง	
นาทีที่ 2	0.48 ± 0.20	0.34 ± 0.34	0.52 ± 0.20	2.14 ± 0.94	1.46 ± 0.54	2.06 ± 0.59	1.52 ± 0.54	2.02 ± 0.43	2.72 ± 1.01	
นาทีที่ 15	0.58 ± 0.12	0.50 ± 0.17	0.70 ± 0.13	4.24 ± 1.16	2.94 ± 0.91	4.12 ± 0.81	3.02 ± 0.90	2.68 ± 0.73	4.78 ± 0.86	
ชั่วโมงที่ 1	0.25 ± 0.12	0.26 ± 0.17	0.38 ± 0.13	4.72 ± 1.16	2.69 ± 0.91	3.02 ± 0.81	3.23 ± 0.90	3.21 ± 0.73	3.78 ± 0.86	
ชั่วโมงที่ 3	0.16 ± 0.06	0.23 ± 0.18	0.31 ± 0.12	5.86 ± 1.50	4.12 ± 1.28	4.08 ± 0.91	3.43 ± 0.91	3.39 ± 0.95	3.97 ± 1.06	
ชั่วโมงที่ 6	0.13 ± 0.03	0.38 ± 0.20	0.29 ± 0.12	6.56 ± 1.48	5.09 ± 1.53	6.40 ± 1.30	1.91 ± 0.52	3.31 ± 0.83	3.23 ± 0.96	
ชั่วโมงที่ 12	0.05 ± 0.02	0.44 ± 0.18	0.15 ± 0.11	5.01 ± 1.37	3.77 ± 1.29	4.66 ± 1.14	1.40 ± 0.49	2.91 ± 0.96	3.11 ± 1.18	
ชั่วโมงที่ 24	0.04 ± 0.03	0.39 ± 0.21	0.12 ± 0.08	5.01 ± 1.38	4.14 ± 1.30	4.81 ± 1.09	1.03 ± 0.41	3.80 ± 1.36	2.72 ± 0.95	

ภาคผนวก ข

ขนาดของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ในระบบอนุบาล และ โครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นด้วย กระแสไฟฟ้า



ตัวอ่อนปะการังระยะเริ่มการทดลอง (อายุ 4 เดือน) บนแผ่นกระเบื้อง (A) และแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน (B) ตัวอ่อนปะการังอายุ 8 เดือน (สิ้นสุดการทดลอง) ในระบบอนุบาล บนแผ่นกระเบื้อง (C) และแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน (D) ตัวอ่อนปะการังอายุ 8 เดือน (สิ้นสุดการทดลอง) ในโครงสร้างที่ได้รับการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้า บนแผ่นกระเบื้อง (E) และแผ่นเหล็กเคลือบหินปูน (F)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิริวรรณ อัสวอัจฉริยะกุล เกิดวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ.2526 ที่อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2548 ระหว่างศึกษาได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์จาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 3

งานวิจัยในครั้งนี้ ได้มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการโดยการนำเสนอภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการดังรายละเอียดต่อไปนี้

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

ศิริวรรณ อัสวอัจฉริยะกุล, สุชานา ชวนิชย์ และ วรณพ วิยกาญจน์. 2551. การลงเกาะบนแผ่นพื้นผิวที่แตกต่างกันของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora humilis* กับการอยู่รอด และการเติบโต . ในเอกสารการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551, หน้า 25. โรงแรม เมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต, 25-27 สิงหาคม 2551. (นำเสนอภาคบรรยาย)

Siriwan Ussavauschariyakul, Suchana Chavanich and Voranop Viyakarn. 2008. The Influence of substrates on the settlement, survival, and growth rates of juvenile coral of *Acropora humilis*. In Book of Abstracts, 11th International Coral Reef Symposium, p. 539. Fort Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008. (Poster Presentation)