



# การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) และปะการังสมองร่องยาว (*Platygyra daedalea*) ที่ย้ายปลูกในแนวปะการังภาคตะวันออกของประเทศไทย

## Growth and Survival Rate of Three Transplanted Coral Taxa (*Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* and *Platygyra daedalea*) on Coral Reefs in Eastern Thailand

ปิยศักดิ์ แสงไพบูลย์ และ นรินทร์รัตน์ คงจันทร์ตรี\*

Piyasak Sangpaiboon and Narinratana Kongjandtre\*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

Received : 6 May 2022

Revised : 26 July 2022

Accepted : 12 October 2022

### บทคัดย่อ

แนวปะการังในปัจจุบันหลายแห่งอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม มีการฟื้นตัวตามธรรมชาติได้ช้า จึงมีแนวคิดในการฟื้นฟูแนวปะการัง เพื่อช่วยให้แนวปะการังที่เสื่อมโทรมมีสถานภาพที่ดีขึ้น การฟื้นฟูแนวปะการังมีหลายวิธีแต่ยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและอัตราการรอดของปะการังที่มีการย้ายปลูกไปยังสถานที่แห่งใหม่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสถานที่ย้ายปลูกต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด สุขภาพ และความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) และปะการังสมองร่องยาว (*Platygyra daedalea*) ที่มีการย้ายปลูก โดยเลือกใช้วิธีการย้ายปลูกแบบแปลงปลูกจากท่อพีวีซีที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย ใช้แนวปะการังชายฝั่งบริเวณหาดวิหารหลวงพ่อดำ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี เป็นแหล่งกึ่งพันธุ์สำหรับการย้ายปลูก และเป็นพื้นที่อ้างอิง ย้ายปลูกไปยังสถานี่ทดลองได้แก่ เกาะสีชัง จ.ชลบุรี เกาะมันใน จ.ระยอง และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด จ.ตราด เป็นระยะเวลา 8 เดือน ตั้งแต่มิถุนายน 2563-กุมภาพันธ์ 2564 ผลการศึกษาพบว่า ปะการังเขากวาง ปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังสมองร่องยาว มีการเจริญเติบโตเฉลี่ย  $0.48 \pm 1.37$ ,  $0.15 \pm 0.42$  และ  $0.04 \pm 0.41$  ซม./เดือน ตามลำดับ อัตรารอดของปะการังแต่ละชนิดมีความแปรปรวน โดยพบว่าหาดวิหารหลวงพ่อดำ ซึ่งเป็นสถานี่อ้างอิง มีอัตราการรอดของปะการังเขากวาง และปะการังดอกกะหล่ำ ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ปะการังสมองร่องยาวมีอัตราการรอดต่ำสุดในสถานี่เกาะมันในและเกาะสีชัง เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำที่มีการตรวจวัดกับอัตราการเจริญเติบโตของปะการังแต่ละชนิดพบความสัมพันธ์ทั้งเชิงบวกและลบของคุณภาพน้ำบางประการต่อการเจริญเติบโตของปะการังแต่ละชนิด ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากระยะเวลาในการศึกษาที่ค่อนข้างสั้น และจำนวนซ้ำของกิ่งปะการังที่เกิดความเสียหายในบางสถานี่ จึงควรมีการติดตามต่อเรื่องในระยะยาว และเพิ่มจำนวนซ้ำของการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความชัดเจนมากขึ้น

**คำสำคัญ :** ปะการังเขากวาง ; ปะการังดอกกะหล่ำ ; ปะการังสมองร่องยาว ; การฟื้นฟู ; สัณฐานวิทยา



### Abstract

Coral reefs currently suffer from degradation as a result of both natural and anthropogenic disturbances. Although natural recovery can occur in some reefs, it is a very slow process. Coral reef rehabilitation is one of the popular efforts to restore degraded reefs. However, it is unclear which parameters should be used to evaluate the suitability of new habitats for transplants. This study tests the effect of environmental variables on morphological plasticity among transplanted clone-mates in corals including *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* and *Platygyra daedalea*. The corals were transplanted from Viharn Luang Phor Dam Beach, Sattahip District, Chonburi Province (as reference site) to experimental sites in Koh Sichang, Chonburi Province; Koh Mun Nai, Rayong Province; and Koh Rad- Koh Kood, Trat Province for 8 months during June 2020 – February 2021. At the end of the study, mean growth rates of *Acropora robusta*, *P. damicornis* and *P. daedalea* were found to be  $0.48 \pm 1.37$ ,  $0.15 \pm 0.42$  and  $0.04 \pm 0.41$  cm/month, respectively. Survival rate varied among coral taxa and sites *Acropora robusta* and *P. damicornis* had significantly lower survival ( $p < 0.05$ ) at Viharn Luang Phor Dam than at other sites. Meanwhile, *P. daedalea* had significantly lower survival ( $p < 0.05$ ) at Koh Mun Nai and Koh Sichang. Correlations between environmental variables and growth rates of transplanted corals show significant relationships ( $p < 0.05$ ) with positive and negative effects on growth rate. Some effects may not have been revealed due to the short monitoring time in this project and the low number of replicates as a result of damage to some transplants. Future work should involve long-term monitoring of transplanted coral and more replications of transplants.

**Keywords :** *Acropora* ; *Pocillopora* ; *Platygyra* ; rehabilitation ; morphology



## บทนำ

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศทางทะเลที่มีความสำคัญ และมีความซับซ้อนของโครงสร้างที่เกิดจากกระบวนการสะสมหินปูนของตัวปะการัง ทำให้เป็นที่หลบซ่อนของตัวอ่อนและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยหากินของสัตว์ทะเลหลายชนิด รวมถึงเป็นบริเวณที่มนุษย์เข้ามาใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแนวปะการังเป็นอย่างมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

แนวปะการังในปัจจุบันมีความเสื่อมโทรมมากกว่าอดีตอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปะการัง เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล (Kleypas *et al.*, 2008) ระดับความเข้มแสงที่สูงเกินไป (Mumby *et al.*, 2001) ปริมาณตะกอนที่มากขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ (Philipp & Febricius, 2003; Weber *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2012) ส่งผลให้มีความขุ่นสูงขึ้น ทำให้ปะการังเกิดความเครียดเนื่องจากการถูกบดบังแสง และตะกอนที่ตกสะสมบริเวณพื้นทะเลยังไปยับยั้งการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง (Guest *et al.*, 2016)

การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อความผันแปรของรูปร่างและลักษณะของปะการังแต่ละชนิดแตกต่างกัน จากการทดลองย้ายปลูกลงในปะการังหลายชนิด ที่มาจากโคลนเดียวกันไปยังพื้นที่ต่างๆ พบว่าปริมาณแสง อัตราการไหล ความลึกของน้ำ ปริมาณตะกอนและธาตุอาหาร เป็นปัจจัยทางกายภาพหลักที่ส่งผลกระทบต่อรูปร่างและอัตราการเจริญเติบโตของปะการัง (Todd, 2008) ในธรรมชาติที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมจะส่งผลให้แนวปะการังฟื้นตัวได้ช้า จึงมีแนวคิดในการฟื้นฟูแนวปะการังที่เสื่อมโทรมให้มีสภาพดีขึ้น เช่น การย้ายปลูกลง (Edwards & Clark, 1998; Abelson, 2006) ซึ่งเป็นวิธีที่เน้นการเพิ่มขึ้นของแนวปะการังโดยตรง ช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและความซับซ้อนด้านที่อยู่อาศัยของแนวปะการังที่มีความเสื่อมโทรม จึงเป็นวิธีที่เร่งการฟื้นตัวของแนวปะการังได้ (Lindah, 2003; Shaish *et al.*, 2010; Gomez *et al.*, 2014) การย้ายปลูกลงสามารถทำได้รวดเร็วและต้นทุนต่ำ วิธีการในแต่ละขั้นตอนไม่ซับซ้อน ใช้เวลาไม่นาน (Okuboa & Onuma, 2015) แต่ในการเลือกสถานที่ในการย้ายปลูกลงยังมีปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่ยากต่อการควบคุม และอาจส่งผลให้ปะการังเกิดการตาย มีอัตราการรอดต่ำ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น มีน้ำขุ่น อัตราการตกตะกอนสูง รวมถึงมีปลาที่กินเนื้อเยื่อปะการังเป็นอาหารรุกราน เป็นต้น (Thongtham *et al.*, 2003)

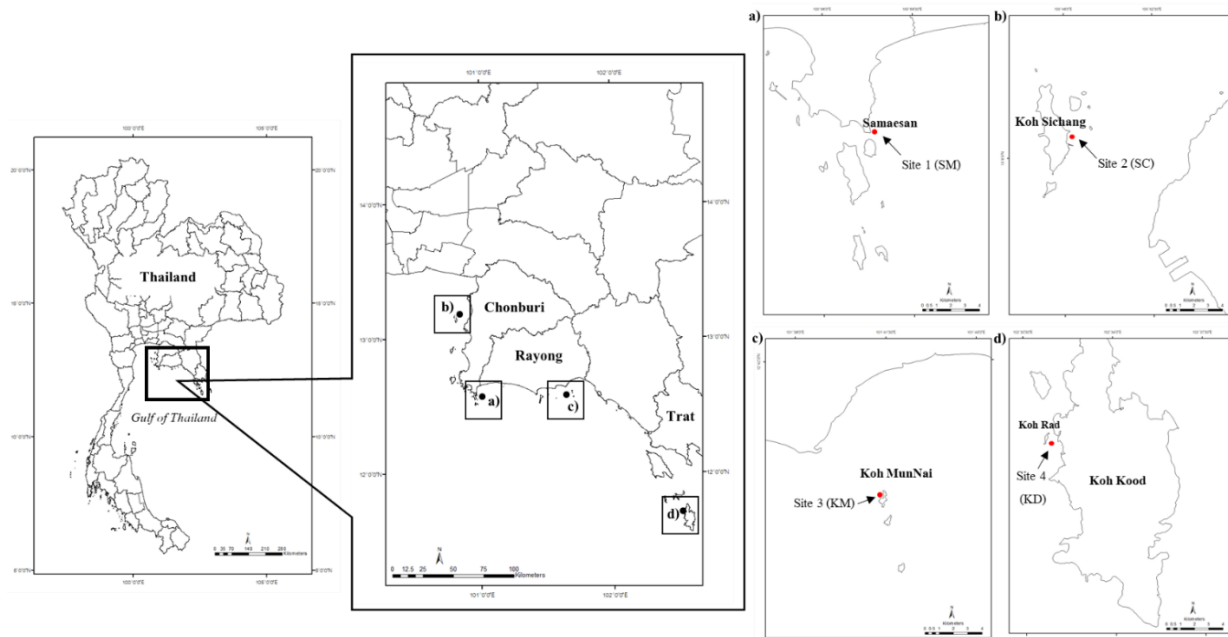
ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการเจริญเติบโต อัตราการรอด และความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานของปะการังโคลนเดียวกัน ที่มีการย้ายปลูกลงไปยังสภาพแวดล้อมใหม่ โดยทำการศึกษาในปะการังกิ่ง 2 ชนิด คือ ปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) และปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) ปะการังก้อน 1 ชนิด คือ ปะการังสมองร่องยาว (*Platygyra daedalea*) ในการย้ายปลูกลงใช้โคลนปะการังจากแนวปะการังชายฝั่ง บริเวณหาดวิหารหลวงพ่อดำ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยให้เป็นพื้นที่อ้างอิง มีแปลงทดลองที่ดำเนินการเช่นเดียวกับสถานที่ทำการย้ายปลูกลง ทำการย้ายปลูกลงไปยังพื้นที่ที่มีปัจจัยกายภาพและสิ่งแวดล้อมต่างกัน ได้แก่ เกาะสีชัง อ.เกาะสีชัง จ.ชลบุรี เกาะมันใน อ.แกลง จ.ระยอง และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด อ.เกาะกูด จ.ตราด มีการเก็บข้อมูลทางกายภาพและสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปะการังในสถานที่ต่างๆ ว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่ย้ายปลูกลง จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปะการังแต่ละชนิด อย่างไร



## วิธีดำเนินการวิจัย

1. ปะการังที่ใช้ในการศึกษา : เนื่องจากปะการังที่มีรูปทรงแบบกิ่ง แบบพุ่ม และแบบก้อน มีความทนทานต่อการฟอกขาวไม่เท่ากัน และในแต่ละพื้นที่ปะการังชนิดเดียวกันก็อาจจะตอบสนองต่อการฟอกขาวไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ โดยในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีรายงานปะการังเขากวาง (*Acropora* spp.) และปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora* spp.) เป็นกลุ่มที่เกิดการฟอกขาวได้ง่ายในเหตุการณ์ฟอกขาวที่เกิดขึ้นในปี 2541 แต่จากรายงานในเหตุการณ์ปะการังฟอกขาว ปี พ.ศ. 2554 ในประเทศสิงคโปร์ พบว่าปะการังกลุ่มนี้มีการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลได้ดี ทำให้มีความทนทานต่อการฟอกขาวมากขึ้น ในขณะที่กลุ่มปะการังก้อน มีการฟอกขาวมากขึ้น (Guest *et al.*, 2012) ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกตัวแทนกลุ่มปะการังสำหรับการย้ายปลูกเป็นกลุ่มปะการังกิ่ง ได้แก่ ปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) และปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) และตัวแทนของปะการังก้อน คือ ปะการังสมอร่องยาว (*Platygyra deadalea*) สุ่มเลือกตัวแทนของปะการังจากพื้นที่บริเวณหาดวิหารหลวงพ่อดำ-แสมสาร อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ชนิดละ 5 โคโลนี โดยแต่ละโคโลนี ตัดแบ่งเป็น 4 ส่วน เพื่อนำไปใช้ในแปลงทดลองในแต่ละสถานี โดยขนาดของปะการังเขากวาง ที่ตัดแบ่งแล้วมีความยาวกิ่งประมาณ 9-10 เซนติเมตร ปะการังดอกกะหล่ำ มีลักษณะเป็นกิ่งพุ่ม แบ่งเป็นพุ่มเล็กๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร สำหรับปะการังสมอร่องยาว ซึ่งมีรูปทรงแบบก้อน จะมีการตัดแบ่งออกจากโคโลนีใหญ่ ให้เป็นชิ้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-6 เซนติเมตร

2. สถานที่ทำการทดลอง : สถานที่ทำการทดลองย้ายปลูกปะการัง 4 สถานี ได้แก่ (1) หาดวิหารหลวงพ่อดำ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี (SM) เป็นสถานีอ้างอิง (2) เกาะสีซัง อ.เกาะสีซัง จ.ชลบุรี (SC) (3) เกาะมันใน อ.แกลง จ.ระยอง (KM) และ (4) เกาะแรด - หมู่เกาะกูด อ.เกาะกูด จ.ตราด (KD) (ภาพที่ 1) ระยะเวลาในการทดลองย้ายปลูกเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ในพื้นที่ทั้ง 4 สถานี มีการสุ่มพื้นที่แนวปะการังที่เป็นตัวแทนสภาพแวดล้อมทั้ง ด้านรับลม (เกาะมันใน) และด้านอับลม (หาดวิหารหลวงพ่อดำ เกาะสีซัง และเกาะแรด - หมู่เกาะกูด) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 (Chankong & Manthachitra, 2013)



**Figure 1** The corals were transplanted from Viharn Luang Phor Dam Beach (SM) as reference site to Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood (KD)

**Table 1** Site selection for coral transplantation

| Study sites                      | Monsoon           |                   | Wind direction |         |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------|
|                                  | Northeast Monsoon | Southwest Monsoon | Windward       | Leeward |
| Viharn Luang Phor Dam Beach (SM) | -                 | ✓                 |                | ✓       |
| Koh Sichang (SC)                 | -                 | ✓                 |                | ✓       |
| Koh Mun Nai (KM)                 | -                 | ✓                 | ✓              |         |
| Koh Rad- Koh Kood (KD)           | -                 | ✓                 |                | ✓       |

**3. วิธีการย้ายปลวก :** ทำการปักกิ่งปะการังเขากวาง และปะการังดอกกะหล่ำ ลงท่อปลวก ซึ่งเป็นวัสดุ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ความยาวท่อ 10 เซนติเมตร โดยปะการังเขากวางจะทำการขันน็อตยึดตัวกิ่งปะการังให้ติดกับท่อปลวก PVC (ภาพที่ 2 A) ปะการังดอกกะหล่ำ จะนำกิ่งมาใส่ในท่อที่มีการตัดปลายท่อปลวกเป็น 3 แฉก และใช้ความร้อนทำให้ปลายท่อปลวกงุ้มเข้าหากันเพื่อยึดพุ่มปะการังให้คงตัวได้ (ภาพที่ 2 B) และปะการังสมองร่องยาว จะทำการติด โคลนปะการังลงบนแผ่นกระเบื้องที่ติดกับท่อปลวกด้วยกาวอีพ็อกซี่ (ภาพที่ 2 C) สำหรับใส่ในแปลงปลวก (ภาพที่ 3) จากนั้นนำท่อปลวกที่มีการบรรจุโคลนปะการังแต่ละชนิด เสียบลงแปลงปลวก PVC โดยวิธีการสุ่มลำดับ และนำแปลงปลวกย้ายไปวางยังสถานีย้ายปลวกที่กำหนดไว้ (หาดวิหารหลวงพ่อดำ เกาะสีชัง เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด) ขนย้ายแปลงปลวก

ปะการังในถังพลาสติกบรรจุน้ำทะเล และมีการให้อากาศตลอดระยะเวลาการขนย้าย เมื่อถึงสถานีย้ายปลูกรจึงนำแปลงปลูกลงไปวางที่บริเวณพื้นทรายในแนวปะการังตามธรรมชาติ มีความลึกน้ำระหว่าง 2-6 เมตร โดยวางแปลงเรียงกันขนานกับแนวชายฝั่ง และมีระยะห่างระหว่างแปลงประมาณ 30 เซนติเมตร ยึดด้วยเหล็กเส้นยึดแปลงทั้งสี่มุม ทำการติดตามการเจริญเติบโต อัตรารอด สุขภาพของปะการัง และบันทึกภาพลักษณะสัณฐานวิทยาของปะการังที่ย้ายปลูกลง

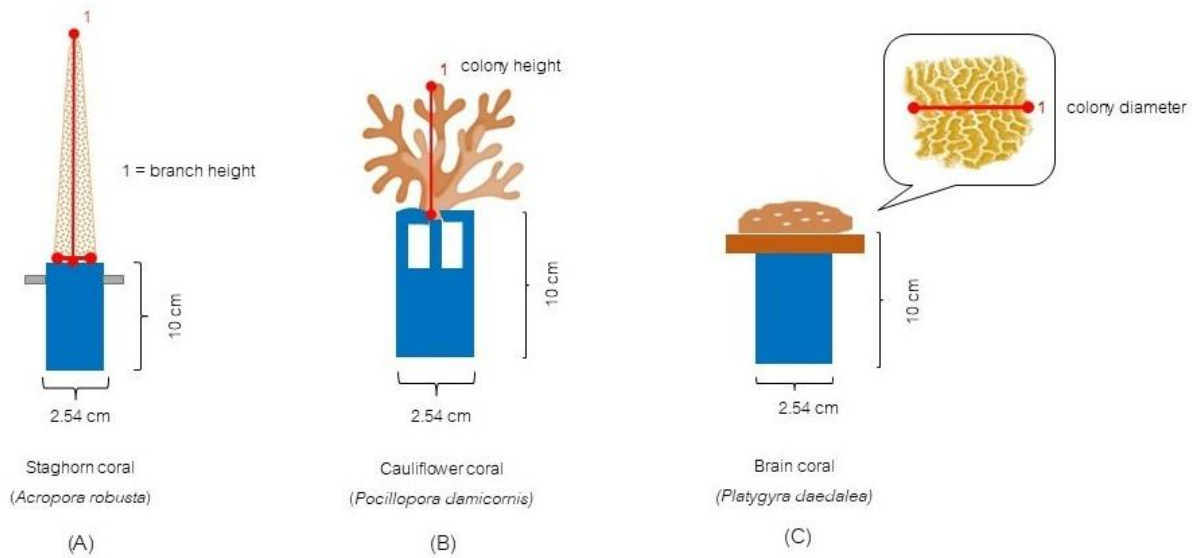


Figure 2 PVC pipes were used to hold coral fragments for transplantation. Coral growth rate was measured using Image J program. A) *Acropora robusta* B) *Pocillopora damicornis* and C) *Platygyra daedalea*



Figure 3 PVC plot to attached PVC pipes holding coral fragments.

4. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล : หลังการวางแปลงย้ายปลุก ถ่ายภาพปะการังแต่ละกิ่งด้วยกล้องถ่ายภาพใต้น้ำ (Olympus Tough TG-6) ตั้งแต่เริ่มการทดลอง ทำการติดตามการเจริญเติบโต อัตรารอด สุขภาพของปะการัง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีพื้นฐานของปะการังทั้ง 3 ชนิด ทำการเก็บข้อมูลทุก 1 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ทั้งสิ้นเป็นระยะเวลา 8 เดือน (ในระหว่างการดำเนินการมีการงดเว้นการเก็บข้อมูลในบางช่วงเวลา เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ประกอบกับช่วงฤดูมรสุมจึงทำให้บางช่วงเวลาไม่สามารถเดินทางข้ามจังหวัดหรือออกเรือเพื่อเก็บข้อมูลได้) มีรายละเอียดการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปะการังที่ทำการย้ายปลุก: หลังการย้ายปะการังไปยังสถานีย้ายปลุก บันทึกการเจริญเติบโตของปะการังจากภาพถ่ายก่อนและหลังการย้ายปลุก โดยใช้โปรแกรม Image J โดยปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) จะทำการวัดความสูงของกิ่ง บันทึกลักษณะการแตกกิ่ง และนับจำนวนกิ่งที่เพิ่มขึ้น ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) วัดความสูงของโคโลนี และปะการังสมอง (*Platygyra daedalea*) ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (ภาพที่ 2) หากมีร่องรอยการตายของเนื้อเยื่อปะการัง จะวัดเฉพาะส่วนที่มีชีวิต บันทึกจำนวนปะการังที่มีชีวิต และปะการังที่ตาย

4.2 ทำการประเมินระดับสุขภาพของปะการัง โดยการเทียบสีของปะการังในภาคสนามจากภาพถ่ายกับ Coral Health Chart (ภาพที่ 4) ที่กำหนดกลุ่มสีปะการังออกเป็น 3 กลุ่ม และแบ่งระดับสุขภาพออกเป็น 6 ระดับ (ภาพที่ 5) โดยทำการบันทึกภาพและจำนวนปะการังที่ระดับสีต่าง ๆ แล้วนำค่าที่ได้แปลงเป็นร้อยละของปะการังที่สุขภาพดี และร้อยละการตายของปะการัง (Udomsap, Chawakitchareon & Rungsupa, 2018)

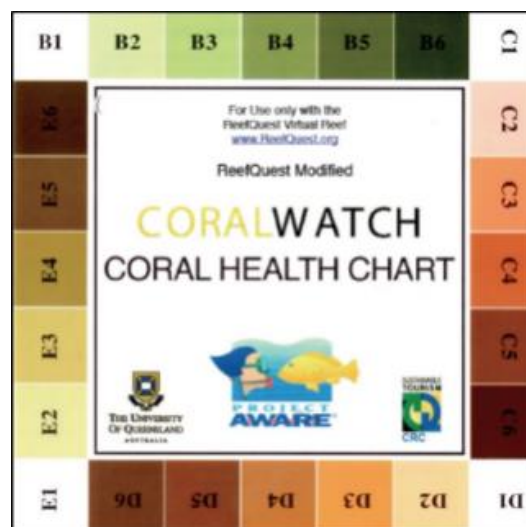


Figure 4 Coral Health Chart are based on the actual colors of bleached and healthy corals, used to evaluate coral health (Rindengan *et al.*, 2019).

|                 |                    | <i>Acropora robusta</i> | <i>Pocillopora damicornis</i> | <i>Platygyra daedalea</i> |
|-----------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Percent Healthy | 16.67 Worst health | D1 = #F7EDE3            | C1 = #F8EEEC                  | E1 = #F7F4E3              |
|                 | 33.33 Bad health   | D2 = #F6DBC0            | C2 = #F4C9C0                  | E2 = #F5E9C1              |
|                 | 50.00 Poor health  | D3 = #EBBD8C            | C3 = #EA9D8B                  | E3 = #EBD38D              |
|                 | 66.67 Fair health  | D4 = #D1965A            | C4 = #CA6249                  | E4 = #CFAD54              |
|                 | 83.33 Good health  | D5 = #995E26            | C5 = #9A3F2C                  | E5 = #9B7E2E              |
|                 | 100.00 Best health | D6 = #753D1A            | C6 = #741B13                  | E6 = #775923              |

Figure 5 Color determination from photographs to compared with Coral Health Chart.

4.3 เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ในสถานที่ทำการศึกษาด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำหลายพารามิเตอร์ (YSI) บริเวณพื้นที่อ้างอิงและพื้นที่ย้ายปลูกร บันทึกราค่าที่อ่านได้จากหน้าจอ ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และอุณหภูมิ น้ำทะเล ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละสถานี โดยใช้ขวดโพลีเอทิลีน (PE) ขนาด 1 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำ 3 ขวด จากแนวปะการัง ทำการเก็บรักษาในถังน้ำแข็ง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการแช่ตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) และไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) (Strickland & Parsons, 1972) และวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ด้วยวิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric method)

### 5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโต อัตรารอด สุขภาพปะการัง แต่ละชนิด ระหว่างสถานี และระยะเวลาในการย้ายปลูกร วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ในสถานที่ย้ายปลูกรต่อการเจริญเติบโตของปะการังแต่ละชนิด โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient (r))

## ผลการวิจัย

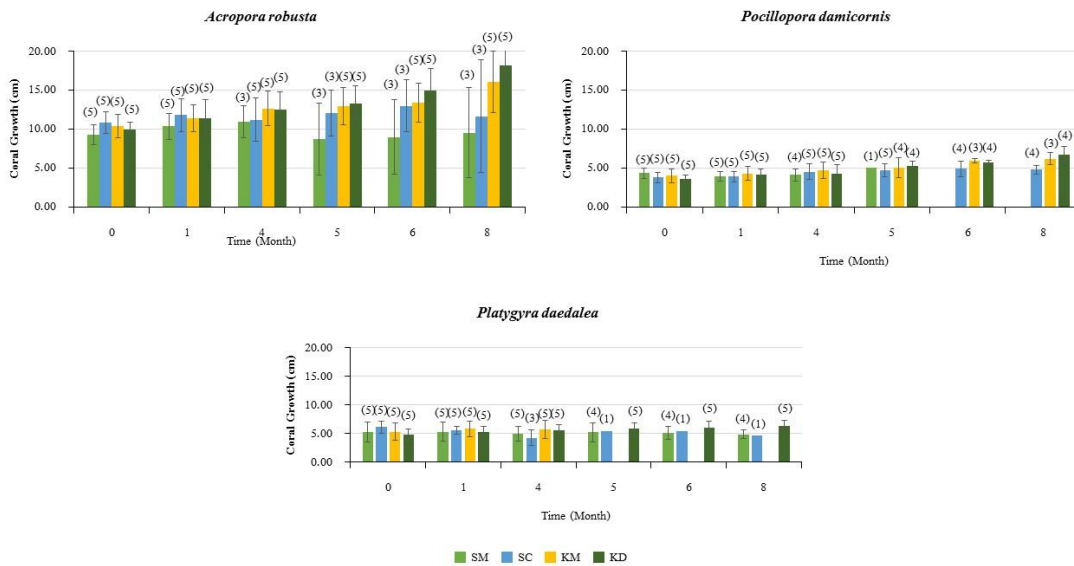
### 1. การเจริญเติบโตของปะการังหลังการย้ายปลูกร

ปะการังที่ย้ายปลูกรแต่ละชนิด มีการเจริญเติบโตเฉลี่ย และจำนวนโคโลนีที่คงอยู่แตกต่างกันไปตามชนิด และสถานที่ย้ายปลูกร (ภาพที่ 6) เมื่อนำข้อมูลการเจริญเติบโตมาวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อเดือน มีรายละเอียดดังภาพที่ 7

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อเดือนของปะการังแต่ละชนิด ในปะการังเขากวาง พบความแตกต่างระหว่างสถานี และระยะเวลาในการย้ายปลูกร ( $p < 0.05$ ) โดยปะการังเขากวางมีการเจริญเติบโตเฉลี่ย



0.48±1.37 ซม./เดือน ในเดือนที่ 1 หลังจากการย้ายปลูกลง มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด (0.90±1.28 ซม./เดือน) เดือนที่ 5 มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่ำที่สุด (-0.23±2.05 ซม./เดือน) เนื่องจากเริ่มพบการตายของปะการังบางส่วนในสถานีผสมสารตั้งแต่เดือนที่ 4 และสถานีเกาะสี่ซังในเดือนที่ 5 หลังการย้ายปลูกลง (ภาพที่ 6) สถานีที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ สถานีเกาะกูด (1.16±0.55 ซม./เดือน) ในปะการังดอกกะหล่ำ ไม่พบความแตกต่างระหว่างสถานีและระยะเวลาในการย้ายปลูกลง ( $p > 0.05$ ) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.15±0.42 ซม./เดือน และปะการังสมองร่องยาว พบความแตกต่างระหว่างสถานีที่ย้ายปลูกลง ( $p < 0.05$ ) มีการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.04±0.41 ซม./เดือน และพบว่าในสถานีเกาะสี่ซัง เริ่มมีการตายของปะการังสมองร่องยาวตั้งแต่เดือนที่ 4 และสถานีเกาะมันใน ในเดือนที่ 5 ของการย้ายปลูกลง สถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด (0.26±0.15 ซม./เดือน) (ภาพที่ 7)



**Figure 6** Coral growth of *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* และ *Platygyra daedalea* transplanted at Viharn Luang Phor Dam Beach (SM), Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood (KD). Number above the graphs represent number of colonies.

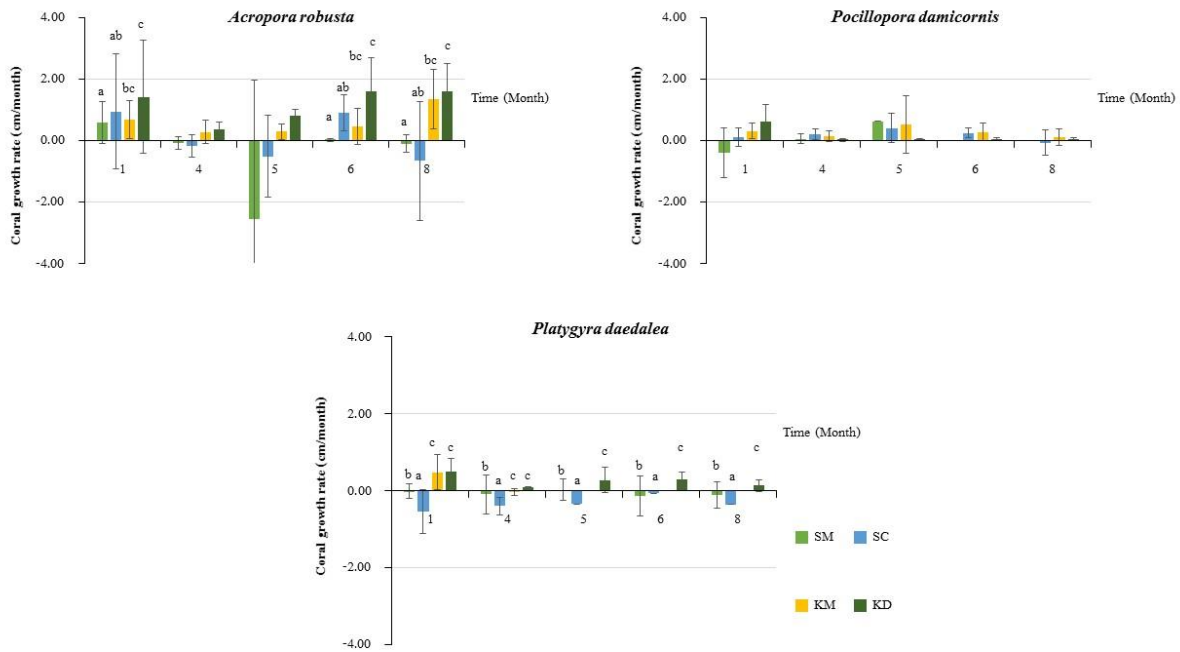


Figure 7 Coral growth rate (cm/month) of *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* and *Platygyra daedalea* at transplanted sites from the beginning up to 8 months (Growth rate of *A. robusta* and *P. damicornis* calculated from fragment height and colony diameter in *P. daedalea*) at Viharn Luang Phor Dam Beach (SM), Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood (KD). Growth rate means with different superscript letters differed significantly between sites at  $p < 0.05$ .

## 2. อัตรารอดของปะการังหลังการย้ายปลูก

จากการทดลองย้ายปลูกปะการังทั้งสามชนิดไปยังสถานีย้ายปลูก พบว่าปะการังแต่ละชนิดมีอัตรารอด ดังภาพที่ 8 จากการวิเคราะห์ผลของระยะเวลาในการย้ายปลูก สถานี และชนิดของปะการัง ต่ออัตรารอด พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง เวลา สถานี และชนิดของปะการัง และทุกปัจจัยส่งผลต่อความแตกต่างของอัตรารอดของปะการัง ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่าตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงเดือนที่ 4 ปะการังมีอัตรารอดสูงถึง 92-100% แต่ในเดือนที่ 5-8 ปะการังมีอัตรารอด 60% และพบว่าสถานีเกาะหมาก-หมู่เกาะกูด มีอัตรารอดของปะการังทุกชนิด 97% สูงกว่าสถานีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปะการังชนิดที่มีอัตรารอดสูงที่สุด คือ ปะการังเขากวาง มีอัตรารอด 88% สูงกว่าปะการังดอกกะหล่ำ (79%) และปะการังสมองร่องยาว (73%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตรารอดของปะการังเขากวาง มีความแตกต่างระหว่างสถานี ( $p < 0.05$ ) โดยมีอัตรารอด 100% ในสถานีเกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด สถานีเกาะสีชังและวิหารหลวงพ่อดำ มีอัตรารอดเฉลี่ย (73-80%) พบอิทธิพลร่วมระหว่างเวลาและสถานีต่ออัตรารอดของปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังสมองร่องยาว และพบว่าเวลา และสถานี ส่งผลต่ออัตรารอดของ

ปะการังดอกกะหล่ำและปะการังสมองร่องยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปะการังดอกกะหล่ำในสถานีวิหารหลวงพ่อดำ มีอัตราการรอดเฉลี่ยต่ำที่สุด (50%) ในขณะที่สถานีเกาะสีชัง เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะหมาก มีอัตราการรอดไม่ต่างกัน (83-93%) ปะการังสมองร่องยาว มีอัตราการรอดต่ำที่สุดในเกาะมันในและสถานีเกาะสีชัง (เฉลี่ย 50-53% ตามลำดับ) ในขณะที่ แสมสารและเกาะแรด-หมู่เกาะหมาก มีอัตราการรอดไม่ต่างกัน (เฉลี่ย 90-100% ตามลำดับ)

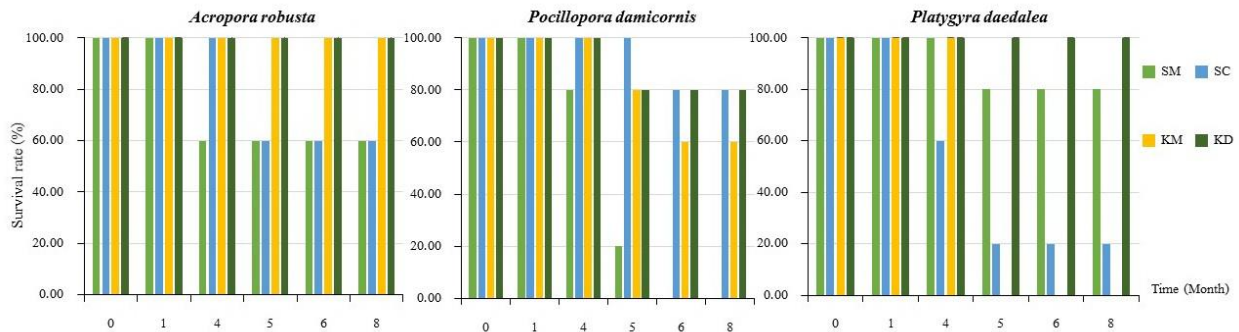


Figure 8 Survival rate of *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* และ *Platygyra daedalea* transplanted at Viharn Luang Phor Dam Beach (SM), Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood(KD).

























### 3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปะการัง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปะการังที่ย้ายปลูก มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยส่วนมากมีการเจริญเติบโต ทั้งความสูง และความกว้างของโคโลนี มีปะการังบางส่วนถูกรบกวนและมีการตายในระหว่างการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเริ่มต้นการทดลอง จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่าปะการังเขากวางเจริญเติบโตได้ดี ในพื้นที่เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด โดยมีการแตกกิ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $9 \pm 1.82$  กิ่ง และ  $5 \pm 1.52$  กิ่ง ตามลำดับ ในขณะที่หาดวิหารหลวงพ่อดำและเกาะสีชังมีการแตกกิ่งเฉลี่ย  $2 \pm 1.22$  กิ่ง และ  $2 \pm 1.34$  กิ่ง ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ภาพถ่าย พบว่าในสถานีที่มีความโปร่งแสงมาก (เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด) ปะการังมีแนวโน้มจะมีการแตกกิ่งเพิ่มขึ้น มีลักษณะกิ่งที่อ่อนและป้อมกว่าในพื้นที่ที่มีความขุ่นสูง โดยในพื้นที่ที่มีความขุ่นกึ่งของปะการังจะมีลักษณะที่เรียวยาวมากกว่า

ปะการังดอกกะหล่ำที่มีการย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างของการเจริญเติบโตตามระยะเวลาการย้ายปลูก ( $p < 0.05$ ) โดยมีความสูงของโคโลนีเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป (ภาพที่ 6) ในเดือนที่ 4 ที่สถานีหาดวิหารหลวงพ่อดำ ปะการังดอกกะหล่ำบางโคโลนีเริ่มมีการตายบางส่วน โดยในเดือนที่ 6 พบว่าถูกปกคลุมด้วยตะกอน และสาหร่าย (ภาพที่ 6) ในขณะที่ในสถานีเกาะสีชัง เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด โคโลนีมีการแตกกิ่ง และมีความหนาของฟุ่มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

ปะการังสมองร่องยาว มีขนาดของโคโลนีเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาผ่านไป (ภาพที่ 6, ตารางที่ 2) แต่พบการฟอกขาวและมีสาหร่ายปกคลุมในบางส่วนของโคโลนี ทำให้การเจริญเติบโตของปะการังในบางสถานีลดลง เช่น สถานีเกาะสีชัง หาดวิหารหลวงพ่อดำ (ภาพที่ 6) นอกจากนี้ยังเกิดความเสียหายกับโคโลนีที่ย้ายปลูกในพื้นที่เกาะมันใน ทำให้มีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานีที่ทำการศึกษา

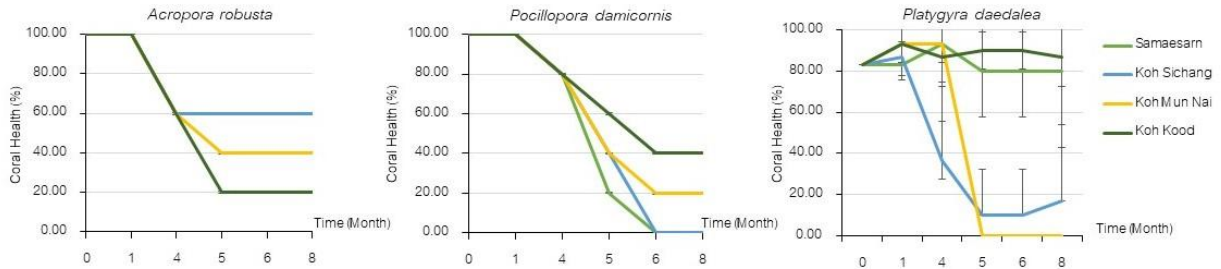
**Table 2** Changes of *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* and *Platygyra daedalea* transplanted at Viharn Luang Phor Dam Beach (SM), Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood (KD) at the beginning of the experiment and after 8 months.

| Station | <i>Acropora robusta</i>   |   | <i>Pocillopora damicornis</i>   |  | <i>Platygyra daedalea</i>   |   |
|---------|---|---|---|--|---|---|
|         | Before  | After 8 month   | Before  | After 8 month  | Before  | After 8 month   |
| SM      |    |    |    |    |    |    |
| SC      |    |    |    |    |    |    |
| KM      |   |   |   |   |   |   |
| KD      |  |  |  |  |  |  |

#### 4. การประเมินสุขภาพของปะการัง โดยการเทียบสีจาก Coral Health Chart

การแปรผลจากการเปรียบเทียบสีของภาพถ่ายปะการัง กับ Coral Health Chart (ภาพที่ 4-5) พบว่าผลการประเมินสุขภาพปะการังทั้ง 3 ชนิดก่อนการย้ายปลูกลง ทั้งหมดมีสุขภาพดี (ระดับ 5) ในทุกสถานี หลังการย้ายปลูกลง 8 เดือน มีการประเมินสุขภาพปะการังที่คงอยู่ พบว่า ปะการังเขากวางในทุกสถานีมีสุขภาพพอใช้ (ระดับ 3) ถึงสุขภาพดี (ระดับ 6) ปะการังดอกกะหล่ำ ในพื้นที่หาดวิหารหลวงพ่อดำ มีสุขภาพอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ขณะที่พื้นที่อื่น ๆ ปะการังมีสุขภาพพอใช้ (ระดับ 3) ถึงสุขภาพดี (ระดับ 5) ปะการังสมองร่องยาว ในพื้นที่หาดวิหารหลวงพ่อดำ และเกาะกูดมีสุขภาพดี (ระดับ 5-6) ในขณะที่เกาะสีซัง และเกาะมันใน ปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรม (ระดับ 1-2)

เมื่อพิจารณาสุขภาพปะการังพบว่า สถานีย้ายปลูกลงมีผลต่อสุขภาพปะการังทั้งสามชนิด ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่า ปะการังเขากวางมีสุขภาพดีที่สุดในสถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด ขณะที่ปะการังดอกกะหล่ำมีสุขภาพดีที่สุดในสถานีเกาะสีซัง และ เกาะมันใน ขณะที่ปะการังสมองร่องยาวมีสุขภาพดีที่สุดในสถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด และหาดวิหารหลวงพ่อดำ (ภาพที่ 9)



**Figure 9** Coral health of *Acropora robusta*, *Pocillopora damicornis* and *Platygyra daedalea* transplanted at Viharn Luang Phor Dam Beach (SM), Koh Sichang (SC), Koh Mun Nai (KM) and Koh Rad- Koh Kood (KD) at the beginning of the experiment and after 8 months.

### 5. ความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ในการทดลองย้ายปลูกปะการังจากพื้นที่หาดวิหารหลวงฟอด้าไปยัง เกาะสีชัง เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณแนวปะการัง พบว่าความลึก (depth) และความโปร่งแสง (transparency) มีความแตกต่างระหว่างสถานี ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทะเลที่ตรวจวัดกับการเจริญเติบโตของปะการังทั้งสามชนิด (ตารางที่ 4) ในสถานีหาดวิหารหลวงฟอด้า ไม่พบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโตของปะการังทั้งสามชนิด ( $p > 0.05$ ) สถานีเกาะสีชัง ไม่พบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโตของปะการัง แต่พบความสัมพันธ์แบบผกผันของความลึก ความโปร่งแสง อุณหภูมิ และไนโตรเจนกับปะการังดอกกะหล่ำ และความสัมพันธ์แบบแปรผันตามของความลึก ความโปร่งแสง และปริมาณไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของปะการังสมองร่องยาว สถานีเกาะมันใน ไม่พบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโตของปะการังสมองร่องยาว แต่พบความสัมพันธ์ของ pH ความเค็ม (แปรผันตาม) อุณหภูมิ ปริมาณไนโตรเจน และไนเตรท (แปรผกผัน) กับการเจริญเติบโตของปะการังเขากวางและปะการังดอกกะหล่ำ สถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด พบความสัมพันธ์ของความลึก ความโปร่งแสง และ DO (แปรผันตาม) และอุณหภูมิ ปริมาณไนโตรเจน ไนเตรท (แปรผกผัน) กับการเจริญเติบโตปะการังเขากวาง ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก และความโปร่งแสง (แปรผันตาม) อุณหภูมิ ปริมาณไนโตรเจน ไนเตรท (แปรผกผัน) กับการเจริญเติบโตของปะการังดอกกะหล่ำ ความสัมพันธ์ของความโปร่งแสง (แปรผันตาม) อุณหภูมิ ปริมาณไนโตรเจน ไนเตรท (แปรผกผัน) กับการเจริญเติบโตของปะการังสมองร่องยาว



**Table 3** Water quality parameters from coral reefs at study sites in Chonburi, Rayong, and Trat Province during June 2020-February 2021

| Station | Depth (m) | Temperature (C°) | DO (mg/L) | Salinity (ppt) | pH   | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg N/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg N/L) | Transparency (m) | TSS (mg/L) |
|---------|-----------|------------------|-----------|----------------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------|
| SM      | 3.33*     | 29.2             | 5.45      | 32.00          | 8.16 | 0.085                                 | 0.019                                 | 2.92*            | 1.37       |
| SD      | 0.78      | 1.34             | 0.52      | 0.76           | 0.13 | 0.106                                 | 0.016                                 | 0.75             | 0.26       |
| SC      | 1.90*     | 29.2             | 4.73      | 32.00          | 8.10 | 0.086                                 | 0.019                                 | 1.82*            | 1.43       |
| SD      | 0.80      | 1.77             | 0.61      | 1.11           | 0.11 | 0.106                                 | 0.016                                 | 0.74             | 0.29       |
| KM      | 4.13*     | 29.7             | 5.39      | 30.85          | 8.15 | 0.086                                 | 0.018                                 | 4.12*            | 1.20       |
| SD      | 1.34      | 1.08             | 0.37      | 2.40           | 0.08 | 0.105                                 | 0.016                                 | 1.34             | 0.24       |
| KD      | 4.43*     | 29.7             | 5.37      | 31.43          | 8.14 | 0.085                                 | 0.018                                 | 4.42*            | 1.43       |
| SD      | 0.66      | 0.99             | 0.90      | 1.65           | 0.07 | 0.106                                 | 0.016                                 | 0.67             | 0.23       |

Note: SM: Viharn Luang Phor Dam Beach, SC: Koh Sichang, KM: Koh Mun Nai and KD: Koh Rad- Koh Kood; water sampling was done between 8.00-9.00 am in June, July, September, November, December 2020 and February 2021. (\* referred to significantly different among sites)

### วิจารณ์ผลการวิจัย

#### 1. การเจริญเติบโตของปะการังหลังการย้ายปลอก

ปะการังเขากวาง ปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังสมองร่องยาว มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการย้ายปลอก โดยปะการังเขากวางมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย  $0.48 \pm 1.37$  ซม./เดือน ปะการังดอกกะหล่ำ มีการเจริญเติบโตเฉลี่ย  $0.15 \pm 0.42$  ซม./เดือน และปะการังสมองร่องยาว มีการเจริญเติบโตเฉลี่ย  $0.04 \pm 0.41$  ซม./เดือน ซม./เดือน โดยในพื้นที่เกาะแรด-หมู่เกาะกูด มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าปะการังเขากวางที่ย้ายปลอก มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการเจริญเติบโตของปะการังเขากวางในธรรมชาติ จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปะการังเขากวาง (*Acropora valenciennesi*) จากแนวปะการังในประเทศอินโดนีเซีย มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.59-2.78 ซม./เดือน ขึ้นอยู่กับอัตราการตกตะกอนในพื้นที่ (James et al., 2005) ในขณะที่ปะการังดอกกะหล่ำที่ย้ายปลอกในการศึกษานี้มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับ *P. verrucosa*, *P. captiata* และ *P. damicornis* ที่มีรายงานในมหาสมุทรแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโก ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.19-0.31 ซม./เดือน ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอุณหภูมิ (Jose de Jesus et al., 2017)

**Table 4** Correlation Coefficient (r) between water quality parameters and coral growth rate at each study sites.  
 (Bold number referred to significantly correlated at  $p < 0.05$ )

| Taxa                          | Station     | Parameter    | Depth<br>(m) | Transparency<br>(m) | pH           | TSS<br>(mg/L) | DO<br>(mg/L) | Salinity<br>(ppt) | Temperature<br>(C°) | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>(µg N/L) | NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>(µg N/L) |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|---------------------|--|---|
| <i>Acropora robusta</i>       | SM          | Correlation  | -0.019       | 0.124               | 0.112        | 0.018         | -0.045       | -0.09             | 0.082               | 0.166                                    | -0.036                                    |
|                               |             | p-Value      | 0.935        | 0.584               | 0.619        | 0.935         | 0.842        | 0.691             | 0.718               | 0.461                                    | 0.872                                     |
|                               | SC          | Correlation  | -0.098       | -0.098              | 0.051        | -0.195        | 0.05         | 0.055             | -0.167              | -0.156                                   | -0.068                                    |
|                               |             | p-Value      | 0.647        | 0.647               | 0.812        | 0.36          | 0.815        | 0.798             | 0.434               | 0.468                                    | 0.751                                     |
|                               | KM          | Correlation  | 0.212        | 0.221               | 0.385        | 0.180         | -0.237       | 0.507             | -0.545              | -0.522                                   | -0.459                                    |
|                               |             | p-Value      | 0.260        | 0.242               | 0.036        | 0.342         | 0.207        | <b>0.004</b>      | <b>0.002</b>        | <b>0.003</b>                             | <b>0.011</b>                              |
| KD                            | Correlation | 0.696        | 0.713        | 0.293               | 0.040        | 0.391         | 0.274        | -0.574            | -0.644              | -0.564                                   |   |
|                               | p-Value     | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | 0.117               | 0.832        | <b>0.033</b>  | 0.143        | <b>0.001</b>      | <b>0.000</b>        | <b>0.001</b>                             |   |
| <i>Pocillopora damicornis</i> | SM          | Correlation  | 0.269        | -0.240              | 0.099        | 0.341         | 0.210        | -0.061            | -0.181              | -0.339                                   | 0.105                                     |
|                               |             | p-Value      | 0.332        | 0.388               | 0.726        | 0.214         | 0.453        | 0.828             | 0.52                | 0.217                                    | 0.709                                     |
|                               | SC          | Correlation  | -0.481       | -0.481              | -0.108       | 0.064         | 0.323        | 0.093             | -0.497              | -0.434                                   | -0.321                                    |
|                               |             | p-Value      | <b>0.010</b> | <b>0.010</b>        | 0.586        | 0.746         | 0.094        | 0.638             | <b>0.007</b>        | <b>0.021</b>                             | 0.095                                     |
|                               | KM          | Correlation  | 0.162        | 0.171               | 0.586        | -0.036        | -0.354       | 0.538             | -0.576              | -0.573                                   | -0.424                                    |
|                               |             | p-Value      | 0.438        | 0.412               | <b>0.002</b> | 0.866         | 0.082        | <b>0.006</b>      | <b>0.003</b>        | <b>0.003</b>                             | <b>0.035</b>                              |
| KD                            | Correlation | 0.712        | 0.732        | 0.369               | 0.328        | 0.282         | 0.346        | -0.570            | -0.750              | -0.481                                   |   |
|                               | p-Value     | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | 0.059               | 0.095        | 0.155         | 0.077        | <b>0.002</b>      | <b>0.000</b>        | <b>0.011</b>                             |   |
| <i>Platygyra daedalea</i>     | SM          | Correlation  | 0.077        | 0.035               | -0.065       | -0.024        | -0.028       | -0.034            | 0.108               | 0.064                                    | 0.107                                     |
|                               |             | p-Value      | 0.703        | 0.861               | 0.749        | 0.904         | 0.89         | 0.867             | 0.592               | 0.753                                    | 0.596                                     |
|                               | SC          | Correlation  | 0.593        | 0.593               | 0.332        | -0.002        | 0.067        | 0.441             | 0.358               | 0.13                                     | 0.506                                     |
|                               |             | p-Value      | <b>0.016</b> | <b>0.016</b>        | 0.209        | 0.994         | 0.804        | 0.087             | 0.173               | 0.631                                    | <b>0.046</b>                              |
|                               | KM          | Correlation  | 0.103        | 0.103               | 0.365        | 0.154         | -0.015       | -0.143            | 0.015               | 0.061                                    | -0.148                                    |
|                               |             | p-Value      | 0.714        | 0.714               | 0.181        | 0.583         | 0.958        | 0.612             | 0.957               | 0.830                                    | 0.600                                     |
| KD                            | Correlation | 0.357        | 0.373        | 0.309               | 0.214        | 0.170         | 0.119        | -0.403            | -0.428              | -0.333                                   |   |
|                               | p-Value     | 0.053        | <b>0.042</b> | 0.096               | 0.257        | 0.370         | 0.529        | <b>0.027</b>      | <b>0.018</b>        | 0.072                                    |   |

เมื่อเปรียบเทียบกับเจริญเติบโตของปะการังจากการศึกษาครั้งนี้ กับแนวปะการังเขตอบอุ่นของออสเตรเลีย (Harriott, 1999) พบว่าปะการังเขากวาง (*Acropora robusta*) และปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) จาก Solitary Islands มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.17 ซม./เดือน และ 0.10 ซม./เดือน ตามลำดับ ปะการังเขากวาง (*A. yongei*) ปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังก้อนในกลุ่มปะการังวงแหวน (faviids) จาก Lord Howe Island มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.41 ซม./เดือน, 0.13 ซม./เดือน และ 0.03 ซม./เดือน ซึ่งปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังก้อนจาก Lord Howe Island มีอัตราการ



เจริญเติบโตใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี และใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากแนวปะการังในภูมิภาคเขตร้อนอื่นๆ (Harriott, 1999) โดยการเจริญเติบโตของปะการังดอกกะหล่ำในฤดูหนาวจะต่ำกว่าฤดูร้อนประมาณ 25% ในขณะที่ในกลุ่มปะการังก้อน (faviids) มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่ ไม่ต่างจากเขตร้อนอื่นๆ ในขณะที่การเจริญเติบโตของปะการังเขากวางในเขตอบอุ่นจะต่ำกว่าการเจริญเติบโตของปะการังเขากวางในเขตร้อนอื่นๆ ถึงประมาณ 2 เท่า เช่น ในแนวปะการัง Lizard Island, Great Barrier Reef ปะการังเขากวางมีอัตราเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.31-0.38 ซม./เดือน (Oliver, 1985) ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปะการัง และอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในสถานที่ใหม่ เช่น ตะกอนและปริมาณแสง อุณหภูมิ เป็นต้น (Todd, 2008)

## 2. การรอดของปะการังหลังการย้ายปลูก

ปะการังทั้ง 3 ชนิดที่มีการย้ายปลูกมีอัตราการรอดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของสถานี โดยปะการังเขากวางมีอัตราการรอดสูงสุด (60-100%) ในสถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด และเกาะมันในมีอัตราการรอด 100% ในขณะที่ปะการังดอกกะหล่ำ มีอัตราการรอดตั้งแต่ 50-100% โดยมีอัตราการรอดสูงสุดในสถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด ส่วนปะการังสมองร่องยาว มีอัตราการรอดอยู่ที่ 0-100% และมีอัตราการรอดสูงสุดอยู่ที่สถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูด เนื่องจากเกิดพยาธิในระหว่างการทดลอง ในสถานีแสมสาร (โคโลนีของปะการังดอกกะหล่ำหลุดออกจากท่อปลูก) และสถานีเกาะมันใน (แปลงปลูกปะการังสมองร่องยาวเกิดการพลิกคว่ำ) ส่งผลต่อความแปรปรวนของข้อมูลการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปะการังทั้งสองชนิดในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปะการังแต่ละชนิดมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการรอดมีทั้งปัจจัยทางชีวเคมี ปัจจัยทางชีวภาพ และปัจจัยทางกายภาพ ซึ่งบางปัจจัยส่งผลในเชิงบวก บางปัจจัยส่งผลในเชิงลบ เช่น การที่ระดับอุณหภูมิ หรือความเข้มแสงสูงขึ้น (Hoegh-Guldberg, 1999) เพิ่มโอกาสในการฟอกขาว ส่งผลให้ปะการังมีการตายเพิ่มมากขึ้น (Jandang *et al.*, 2015) นอกจากนี้พื้นที่แนวปะการังชายฝั่ง ซึ่งอยู่ใกล้แหล่งอาศัยของชุมชน และมีกิจกรรมการประมง (หาดีหาวหลวงพ่อดำ) อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะน้ำลงต่ำ ปริมาณธาตุอาหาร ขยะ ตะกอน หรืออวนที่ทับถมบนปะการัง ล้วนส่งผลให้อัตราการรอดของปะการังลดลง นอกจากนี้อัตราการรอดของปะการังที่ทำการย้ายปลูกยังขึ้นอยู่กับความเครียดของปะการัง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่มีการย้ายปลูก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dias *et al.* (2018) ที่ทำการย้ายปลูกปะการังไปในพื้นที่ต่างกัน พบว่าปะการัง *Acropora tenuis*, *Pocillopora damicornis* และ *Stylophora pistillata* มีการตอบสนองต่อความเครียดในการย้ายปลูก ส่งผลให้เกิดการฟอกขาวและมีการสูญเสียเนื้อเยื่อในช่วงต้นของการทดลอง จึงเกิดการฟอกขาวและตายในที่สุด (Glynn, 1983; Hoegh-Guldberg, 1999) เทคนิคการย้ายปลูก และระยะเวลาในการย้ายปลูก ยังอาจส่งผลให้มีการเกิดการสูญเสียเนื้อเยื่ออย่างฉับพลันเนื่องจากการย้ายปลูก (transplant shock) การฟอกขาว และเกิดโรคจุดขาว เนื่องจากกีดกันของกลูโกลิโคไลติก (Forrester *et al.*, 2012) นอกจากนี้ สิ่งรบกวนอื่น ๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติก็อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการรอดของปะการังที่ย้ายปลูกได้ เช่น การถูกรุกรานของสัตว์พื้นถิ่น (Pratchett, 2001) การแข่งขัน (Baird & Hughes, 2000) และพยาธิ (Fabricius *et al.*, 2008) เป็นต้น



### 3. สุขภาพของปะการัง

ระดับสุขภาพของปะการังก่อนการย้ายปลูกลงอยู่ที่ระดับ 5 คือปะการังมีสุขภาพดี เมื่อมีการย้ายปะการังไปยังสถานีย้ายปลูกลง พบว่าปะการังบางส่วนเกิดความเครียดจากการรบกวนของปัจจัยภายนอก เช่น เกิดจากขยะทะเลมาเกาะพันอยู่ที่กิ่งของปะการัง พบได้ที่สถานีหาดวิหารหลวงพ่อดำ เกาะสีชัง หรือได้รับอิทธิพลจากพายุที่พัดเข้าหาแนวปะการังทำให้แปลงปลูกลงปะการังเกิดการพลิกคว่ำ พบได้ในสถานีหาดวิหารหลวงพ่อดำ เกาะมันใน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Forrester *et al.* (2012) ซึ่งพบว่าปะการังที่ย้ายปลูกลงจะมีความเครียดได้ตั้งแต่การขนย้าย การสัมผัส โดยสังเกตได้จากการปล่ยเมือกของปะการังขณะขนย้าย รวมถึงการไปอยู่สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป อีกทั้งยังมีการถูกรุกรานจากสัตว์กัดแทะในบริเวณแนวปะการังได้อีกด้วย จากการสังเกตในขณะที่ทำการทดลองยังพบว่าเมื่อวางแปลงย้ายปลูกลงบนพื้นทะเล มีปลาในแนวปะการังเข้ามากัดแทะปะการังในทันทีที่มีการวางแปลง ส่งผลให้เนื้อเยื่อบางส่วนเสียหายไป ในเวลาต่อมาเมื่อมีการประเมินสุขภาพของปะการัง จึงทำให้ระดับสุขภาพของปะการังลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนปะการังมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ ปะการังทั้งสามชนิดบางโคโลนีมีสีเข้มขึ้น (ภาพที่ 8) การปรับตัวกับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับปะการังแต่ละชนิด ที่มีความสามารถในการปรับตัวแตกต่างกัน (Forrester *et al.*, 2012) นอกจากนี้ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น ธาตุอาหาร ปริมาณตะกอน จากพื้นที่ใกล้แหล่งอาศัยของชุมชน ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพปะการังทั้งสิ้น Udomsap *et al.* (2018) พบว่าเมื่อสภาวะแวดล้อมในทะเลมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ น้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น (33 องศาเซลเซียส) ร่วมกับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร ส่งผลให้ปะการังเกิดการฟอกขาวหรือตายลงครึ่งหนึ่ง (LC<sub>50</sub>) ในขณะที่ Samlansin *et al.* (2020) พบว่าความเค็มของน้ำทะเลที่ 15 psu และปริมาณไนเตรท 100 ไมโครกรัมไนโตรเจน/ลิตร ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง ทำให้เกิดการฟอกขาวหรือตายลงครึ่งหนึ่ง โดยสาหร่ายจะผลิตสารที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของปะการัง ปะการังจะเกิดความเครียดและขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ ทำให้ปริมาณรงควัตถุในปะการังลดลง (Fitt *et al.*, 2000) และงานวิจัยหลายฉบับที่พบว่า ปะการังที่ปรับตัวไม่ได้อาจส่งผลให้เกิดการฟอกขาวในปะการังที่อ่อนแอ (Carroll *et al.*, 2017; Guest *et al.*, 2016) ความเครียดจากการย้ายปลูกลง การรบกวนทางธรรมชาติ และการรบกวนจากมนุษย์ (Adjeroud *et al.*, 2005) สายพันธุ์ที่อ่อนแอจากการตั้งถิ่นฐานใหม่ (Loya *et al.*, 2001; McClanahan & Maina, 2003) เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อสุขภาพของปะการังทั้งสิ้น

### 4. ความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการเติบโตของปะการังที่มีการย้ายปลูกลง

จากการติดตามการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของปะการังเขากวางและปะการังดอกกะหล่ำที่ย้ายปลูกลงไปยังสถานีต่าง ๆ พบว่าในสถานีย้ายปลูกลงที่มีความโปร่งแสงมาก ปะการังมีแนวโน้มจะมีการแตกกิ่งมากขึ้น กิ่งมีลักษณะอ่อนและป้อมกว่าในพื้นที่ที่มีความขุ่น ในพื้นที่ที่ขุ่นกว่ากิ่งของปะการังจะมีลักษณะที่เรียวยาวมากกว่า ดังที่พบความสัมพันธ์ของความลึก ความโปร่งแสง และ DO แปรผันตาม ในขณะที่อุณหภูมิและธาตุอาหารแปรผกผันกับการเจริญเติบโตของปะการังเขากวางและปะการังดอกกะหล่ำ แต่พบความสัมพันธ์เชิงบวกของความลึก ความโปร่งแสง และปริมาณธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตของปะการังสมองร่องยาว ซึ่งต่างจากผลการศึกษการย้ายปลูกลงปะการังเขากวาง (*Acropora eurystroma*) และปะการังเกล็ดคด (*Stylophora pistillata*) ไปยังบริเวณที่อยู่ใกล้ฟาร์มเลี้ยงปลา ที่มีความขุ่นสูง ปะการังมีการแตกกิ่ง และเจริญเติบโตรวดเร็วกว่าในพื้นที่อ้างอิง (Bongiorni *et al.*, 2003a) ในขณะที่ปะการังสมองร่องยาว



โคโลนีที่เหลืรอดจากการศึกษาครั้งนี้ มีการขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการย้ายปลูกในทุกสถานี ความชุ่มที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของปะการังแต่ละชนิด

Todd (2008) ยกตัวอย่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการย้ายปลูกของปะการังแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น ปะการังไซโต (*Porites sillimaniani*) ที่ย้ายปลูกไปในบริเวณที่มีความเข้มของแสงมาก จะมีการแตกกิ่งภายในระยะเวลา 8 เดือน ในขณะที่บริเวณที่แสงน้อยยังคงมีลักษณะเป็นแผ่นแบน (Muko et al., 2000) ในขณะที่ปะการังก้อน เช่น *Favia speciosa* และ *Diploastrea heliopora* ในบริเวณที่ตื้น ปริมาณแสงจะส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของคอโรลไรท์ โดยขนาดของคอโรลไรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแสงมากขึ้น (Todd et al., 2004) การศึกษาของ Bongioni et al. (2003 a,b) ที่ย้ายปลูกปะการัง *Stylophora pistillata* ไปใกล้ฟาร์มเลี้ยงปลา ซึ่งมีธาตุอาหารและสารอินทรีย์ในปริมาณสูง ปะการังจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าปะการังที่เลี้ยงในพื้นที่อ้างอิง เนื่องจากปะการังหลายชนิดเป็นพวกที่สามารถจับกินแพลงก์ตอนสัตว์และสารแขวนลอยในน้ำ เพื่อชดเชยปริมาณแสงที่มีไม่เพียงพอ ทำให้มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความชุ่มสูง ทั้งนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ย้ายปลูกของปะการัง เช่น ความเข้มแสง ปริมาณตะกอน ปริมาณสารอาหาร มักจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเจริญเติบโตของปะการังได้ (Todd, 2008)

เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตของปะการังทั้งสามชนิดที่มีการย้ายปลูกในแต่ละสถานี ไปทดสอบความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ พบความสัมพันธ์ในบางสถานีกับคุณภาพน้ำบางประการ เช่น สถานีเกาะสีชังพบความสัมพันธ์ของความลึก ความชุ่ม และปริมาณไนเตรท กับการเจริญเติบโตของสมองร่องยาว ในขณะที่สถานีเกาะแรด-หมู่เกาะกูดและเกาะมันใน การเจริญเติบโตของปะการังเขากวางและปะการังดอกกะหล่ำเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความลึกของน้ำ ความโปร่งแสง pH Do และความเค็มเพิ่มขึ้น และมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออุณหภูมิ ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทเพิ่มขึ้น เป็นต้น สอดคล้องกับ Samlansin et al. (2020) ที่ศึกษาผลของความเค็มและความเข้มข้นของไนเตรทต่อสุขภาพของปะการังเขากวาง (*Acropora* sp.) พบว่าน้ำความเค็มต่ำ (15 psu) ร่วมกับปริมาณไนเตรทที่มีความเข้มข้นสูง 100 ug-N/L ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง จะทำให้ปะการังมีอัตราการตายสูง (33-56 %) เนื่องจากไนเตรท เป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นไปได้ว่าปริมาณไนเตรทในบริเวณเกาะมันในส่วนหนึ่งอาจมากจากการอนุบาลเต่าทะเล และปริมาณไนเตรทอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปะการัง

### สรุปผลการวิจัย

การย้ายปลูกปะการังเขากวาง ปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังสมองร่องยาว จากสถานีหาดวิหารหลวงพ่อดำ ไปยังสถานีเกาะสีชัง เกาะมันใน และเกาะแรด-หมู่เกาะกูด พบว่าปะการังเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในพื้นที่เกาะแรด-หมู่เกาะกูด โดยปะการังเขากวางมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมาคือ ปะการังดอกกะหล่ำ และปะการังสมองร่องยาวมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด คุณภาพน้ำและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของสถานีที่มีการย้ายปลูก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปะการังแต่ละชนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้การรบกวนในพื้นที่จากสาเหตุต่างๆ เช่น พายุ สัตว์กัดแทะ ชยะทะเล ยังส่งผลต่ออัตราการรอดของปะการังที่มีการย้ายปลูกด้วย ดังนั้นในการย้ายปลูกปะการัง ควรต้องคำนึงถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อม การรบกวนทางธรรมชาติและ



กิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งบางครั้งการย้ายปลูกปะการังไปยังพื้นที่ที่เหมาะสม อาจเป็นการช่วยให้มีปะการังเหลือรอด ในกรณีนี้ แนวปะการังเดิมกำลังถูกรบกวนและมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสื่อมโทรม

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคคลากรจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอบคุณนักดำนํ้า-อาสาสมัครและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานในภาคสนาม

### เอกสารอ้างอิง

- Abelson, A. (2006). Artificial reefs vs coral transplantation as restoration tools for mitigating coral reef deterioration: Benefits, concerns, and proposed guidelines. *Bulletin of Marine Science -Miami*, 78(1), 151-159.
- Adjeroud, M., Chancerelle, Y., Schrimm, M., Perez, T., Lecchini, D., Galzin, R. and Salvat, B. (2005). Detecting the effects of natural disturbances on coral assemblages in French Polynesia: a decade survey at multiple scales. *Aquat. Living Resour*, 18, 111–123.
- Baird, A.H. and Hughes, T.P. (2000). Competitive dominance by tabular corals. An experimental analysis of recruitment and survival of understory assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 251, 117–132.
- Banin, E., Israel, T., Fine, M., Loya, Y. & Rosenberg, E. (2001). Role of endosymbiotic zooxanthellae and coral mucus in the adhesion of the coral-bleaching pathogen *Vibrio shiloi* to its host. *FEMS Microbiology Letters*, 199, 33-37.
- Bongiorni, L., Shafir, S., Angel, D. and Rinkevich, B. (2003a). Survival, growth and gonad development of two hermatypic corals subjected to *in situ* fish-farm nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 137–144.
- Bongiorni, L., Shafir, S., Angel, D. and Rinkevich, B. (2003b). Effects of particulate matter released by a fish farm (Eilat, Red Sea) on survival and growth of *Stylophora pistillata* coral nubbins. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1120–1124.



- Carroll, A.G., Harrison, P.L. and Adjeroud, M. (2017). Susceptibility of coral assemblages to successive bleaching events at Moorea, French Polynesia. *Mar. Freshw. Res.*, 68, 760–771.
- Chankong, A. and Manthachitra, V. (2006). Species, Distribution and Community Structure of the Scleractinian Corals Genus *Acropora* in the Gulf of Thailand. Bangkok: BRT Research Reports 2009. (in Thai)
- Chankong, A. and Manthachitra, V. (2013). Community structure of *Acropora* corals in the Gulf of Thailand. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies (Special Issue)*. 92-100.
- Dias, M., Ferreirab, A., Gouveiab,R., Cerejaa, R. and Vinagre, C. (2018). Mortality, growth and regeneration following fragmentation of reef-forming corals under thermal stress, *Journal of Sea Research*, 141, 71-82.
- Dunne, R. P. and Brown, B. E. (2001). The influence of solar radiation on bleaching of shallow water reef corals in the Andaman Sea, 1993–1998. *Coral Reefs*, 20, 201–210.
- Edwards, A. J. and Clark, S. (1998). Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling. *Marine Pollution Bulletin*, 37, 474-487.
- Fabricius, K. E., De'Ath, G., Puotinen, M. L., Done, T., Cooper, T. F. and Burgess, S.C. (2008). Disturbance gradients on inshore and offshore coral reefs caused by a severe tropical cyclone. *Limnol. Ocean*, 53, 690–704.
- Fitt, W. K., McFarland, F. K., Warner, M. E. and Chilcoat, G. C. (2000). Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *American Society of Limnology and Oceanography*, 45, 667-685.
- Forrester, G. E., Maynard, A., Schofield, S., and Taylor, K. (2012). Evaluation causes of transplant stress in fragment of *Acropora plamata* used for coral reef restoration. *Bulletin of marine science*, 88(4), 1099 – 1113.



- Glynn, P.W. (1983). Extensive "bleaching" and death of reef corals on the Pacific coast of Panama. *Environ. Conserv.*, 10, 149–154.
- Gomez, M., Pérez-Gallardo, R. V., Sánchez, L. A., Díaz-Pérez, A. L., Cortés-Rojó, C., Carmen, M. V., Saavedra-Molina, A., Lara-Romero, J., Jiménez-Sandoval, S., Rodríguez, F., Rodríguez-Zavala, J. S., & Campos-García, J. (2014). Malfunctioning of the iron-sulfur cluster assembly machinery in *Saccharomyces cerevisiae* produces oxidative stress via an iron-dependent mechanism, causing dysfunction in respiratory complexes. *PLoS One*, 9(10),111-585.
- Guest, J. R., Low, J., Tun, K., Wilso, B., Ng, C., Raingeard, D., Ulstrup, K. E., Tanzil, J. T. I., Todd, P. A., Toh, T. C., McDougald, D., Chou, L. M., & Steinberg, P. D. (2016). Coral community response to bleaching on a highly disturbed reef. *Scientific Reports*, 6, 20717, DOI: 10.1038/srep20717.
- Guest, J., Baird, A., Maynard, J. A., and Muttaqin, E. (2012). Contrasting Patterns of Coral Bleaching Susceptibility in 2010 Suggest an Adaptive Response to Thermal Stress. *PLoS ONE*, 7(3),e33353.
- Harriott, V. J. (1999). Coral growth in subtropical eastern Australia. *Coral Reefs*., 18, 281 – 291.
- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50(8), 839-866.
- James, M., Crabbe, C., and Smith, D. J. (2005). Sediment impacts on growth rates of *Acropora* and *Porites* corals from fringing reefs of Sulawesi, Indonesia. *Coral Reefs*, 24, 437–441.
- Jandang, S., Chavanich, S., and Viyakarn, V. (2015). Effect of chronic salinity stress on bleaching and recovery of a Staghorn Coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834). In *The 6<sup>th</sup> Hatyai National Conference*. (pp. 1544-1553). Columbia: Hatyai University.



- Jose de Jesus, A. , T. , Rodríguez-Troncoso, A. P. , Cupul-Magaña, A. L. , and Carricart-Ganivet, J. P. (2017). Calcification and growth rate recovery of the reef-building *Pocillopora* species in the northeast tropical Pacific following an ENSO disturbance. *Peer J*. DOI 10.7717/peerj.3191.
- Kleypas, J. A., Danabasoglu, G., & Lough, J. M. (2008). Potential role of the ocean thermostat in determining regional differences in coral bleaching events. *Geophysical Research Letters*, 35(3).
- Lindah, U. (2003). Coral reef rehabilitation through transplantation of staghorn coral: effect of artificial stabilization and mechanical damages. *Coral Reefs*, 22(3), 217-223.
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, K., Nakano, Y., Sambali, H. and van Woesik, R. (2001). Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecol. Lett.*, 4, 122–131.
- McClanahan, T.R. and Maina, J. (2003). Response of coral assemblages to the interaction between natural temperature variation and rare warm-water events. *Ecosystems*, 6, 551–563.
- Muko, S., Kawasaki, K., Sakai, K., Takasu, F., and Shigesada, N. (2020). Morphological plasticity in the coral *Porites sillimaniani* and its adaptive significance. *Bulletin of Marine Science -Miami*, 66(1), 225-239.
- Mumby, P. J., Chisholm, J. R. M., Edwards, A. J., Andrefouet, S., & Jaubert, J. (2001). Cloudy weather may have saved Society Island reef corals during the 1998 ENSO event. *Mar Ecol Prog Ser*, 222, 209–216.
- Oliver, J. (1985). An evaluation of the biological and economic aspects of commercial coral collecting in the Great Barrier Reef region. Final report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority. Pp 106.
- Okuboa, N., & Onuma, A. (2015). An economic and ecological consideration of commercial coral transplantation to restore the marine ecosystem in Okinawa, Japan. *Ecosystem Services*, 11, 39–44.
- Philipp, E. & Fabricius, K. (2003). Photophysiological stress in scleractinian corals in response to short-term sedimentation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287(1), 57-78.



- Pratchett, M.S. (2001). Influence of coral symbionts on feeding preferences of crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* in the western Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214, 111–119.
- Rindengan, A.J., Pinontoan, B., Latumakulita, L.A., Mongi, C.E., Montolalu, C.E.J.C., and Langi, Y.A.R. (2019). Coral reef's healthy level measurement system design using digital image processing on Bunaken National Sea Park IOP Conf. Ser. *Mater. Sci. Eng.*, 567.
- Samlansin, K., Chawakitchareon, K., and Rungsupa, S. (2020). Effects of Salinity and Nitrate on Coral Health Levels of *Acropora* sp. *Thai Environmental Engineering Journal*, 34(1), 19-26.
- Shaish, L., Levy, G., Katzir, G., & Rinkevich, B. (2010). Employing a highly fragmented, weedy coral species in reef restoration. *Ecological engineering*, 36, 1424-1432.
- Strickland, J. D. H., and Parsons, T. R. (1972). *A Practical Hand Book of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2nd Edition, 310 p.
- Thongtham, N., Panchaiyapum, P., and Phungprasan, S. (2003). Preliminary study on coral rehabilitation in the Andaman Sea. *Thai Fisheries Gazette*, 56 (1), 53-61.
- Todd, P. A. (2008). Morphological plasticity in scleractinian corals. *Biol. Rev.*, 83, 315-337.
- Todd, P.A., Sidle, R. C., and Lewin-Koh, N. J. I. (2004). An aquarium experiment for identifying the physical factors inducing morphological change in two massive scleractinian corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299, 97 – 113.
- Udomsap, B., Chawakitchareon, P. and Rungsupa, S. (2018). *The Effects of Temperature and Ammonia to Coral Health Level: A Case Study of Hump Coral (Porites sp.) at Sichang Island, Thailand*. The 56<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference. (in Thai)



- Weber, M., Beer, D., Lott, C., Polerecky, L., Kohls, K., Abed, R. M., Ferdelman, T.G., Fabricius, K.E. (2012). Mechanisms of damage to corals exposed to sedimentation *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 109, 1558-1567
- Weber, M., Lott, C., & Fabricius, K.E. (2006). Sedimentation stress in a scleractinian coral exposed to terrestrial and marine sediments with contrasting physical, organic and geochemical properties. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 336, 18-32