องค์ประกอบสกุลของปะการังแข็งและการประเมินสถานภาพแนวปะการัง บริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือกจังหวัดตรัง

Genera Composition of Stony Coral and Status of Coral Reef at Koh Kradan and Koh Cheuk, Trang province

คนึงนิตย์ ลิ่มจิรขจร[1] ศุภพร เปรมปรีดิ์[2] บารณี บำรุง[1] ชุติมา ชุมมิ่ง[1] จักรกฤษ วิศพันธ์[1] พัชรี ฤกษ์งานดี[1] และ เอกนรินทร์ รอดเจริญ[1*]

Kanungnit Limjirakajorn[1], Supaporn Prempree[2] Baranee Bamrung[1], Chutima Chumming[1], Jakkrit Wissapan[1], Phatcharee Roekngandee[1] & Eknarin Rodcharoen[1*]

[1]สาขาวิชาวาริชศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

[2]ศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเล ที่ 3 จังหวัดตรัง ส่วนจัดการอุทยานแห่งชาติทางทะเล กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช จ.ตรัง

[1]Aquatic Science and Innovative Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla province

[2]Marine National Park Operation 3, Trang province

Submitted 28/12/2021 ; Revised 22/3/2022 ; Accepted 18/4/2022

บทคัดย่อ

เกาะกระดานและเกาะเชือกเป็นสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สำคัญของจังหวัดตรัง กิจกรรมการดำน้ำดูปะการังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แนวปะการังได้รับการรบกวน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การตายและความหลากหลายของปะการัง วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบสกุลและประเมินสถานภาพของแนวปะการัง บริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก เขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง ผลการศึกษาพบว่า เกาะกระดานมีความหลากหลายของปะการังในระดับสกุล (19 สกุล, H'= 2.99) มากกว่าที่เกาะเชือก (14 สกุล, H'= 0.96) ปะการังสกุลเด่นที่พบทั้งสองเกาะคือ *Porites* ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรขององค์ประกอบสกุลและร้อยละการปกคลุมของปะการังระหว่างสองเกาะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p = 0.103) การประเมินสถานภาพแนวปะการังพบว่าบริเวณเกาะกระดานพบปะการังมีชีวิตร้อยละ 37.81 และปะการังตายร้อยละ 39.55 (อัตราส่วน 1 : 1.04) อยู่ในเกณฑ์สมบูรณ์ปานกลาง ส่วนปะการังบริเวณเกาะเชือกพบปะการังมีชีวิตร้อยละ 25.61 ปะการังตายร้อยละ 61.65 (อัตราส่วน 1 : 2.40) ซึ่งจัดอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวปะการัง และเป็นประโยชน์ในการจัดการฟื้นฟูทรัพยากรปะการังในเขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมในอนาคต

คำสำคัญ: ปะการัง เกาะกระดาน เกาะเชือก จังหวัดตรัง

***ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**

E-mail: eknarin.r@psu.ac.th

Abstract

Koh Kradan and Koh Cheuk are important natural tourist areas in Trang province. Diving is one of such activity which can be affected on coral health, mortality and biodiversity. The objectives of this study were to investigate genera composition of stony corals and evaluate the coral reefs status at Koh Kradan and Koh Cheuk, Hat Chao Mai National Park, Trang province. The results revealed that Koh Kradan has a higher genus coral diversity (19 genera, H'=2.99) than Koh Cheuk (14 genera, H'=0.96). The dominant coral genus found on both islands is Porites. The Analysis of Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA)revealed that genera composition and percentage coverage of corals between the two islands was not statistically different (p=0.103). The coral assessment showed that living corals and dead corals at Koh Kradan was 37.81% and 39.55% respectively (ratio 1: 1.04), and Koh Cheuk was with 25.61% and 61.65%, respectively (ratio 1: 2.40). The evaluation of coral status at Koh Kradan can be concluded to fair condition, and deterioration for Koh Cheuk. This study provided important data for monitoring coral reef changes, and as a guideline for sustainable coral reefs management in Hat Chao Mai National Park in the future.

Keywords: coral, Koh Kradan, Koh Cheuk, Trang province

บทนำ

ปะการังแข็งเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัม (phylum) Cnidaria ชั้น (class) Anthozoa ชั้นย่อย (subclass) Hexacorallia และอันดับ (order) Scleractinia [1] จากรายงานพื้นที่แนวปะการังของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่ประมาณ 149,025 ไร่ (238.44 ตารางกิโลเมตร) ในฝั่งอ่าวไทยคิดเป็นพื้นที่ 75,660 ไร่ (120.9 ตารางกิโลเมตร) และฝั่งทะเลอันดามัน 73,365 ไร่ (117.4 ตารางกิโลเมตร) พบปะการัง 18 วงศ์ 71 สกุล 273 ชนิด ฝั่งทะเลอ่าวไทยพบ 240 ชนิด และฝั่งทะเลอันดามัน 269 ชนิด โดยปะการังชนิดเด่น ได้แก่ ปะการังเขากวาง (*Acropora* spp.) และปะการังโขด (*Porites lutea*) [2] แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นซอกหลืบหรือโพรง จึงทำให้มีสัตว์น้ำจำนวนมากเข้ามาใช้ประโยชน์ในบริเวณนี้ เช่น เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ที่หลบภัย แหล่งหาอาหาร วางไข่ และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน [3-5] นอกจากนี้แนวปะการังยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการและคนในพื้นที่ [6]

อย่างไรก็ตามแนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่ค่อนข้างเปราะบาง จึงทำให้แนวปะการังหลายแหล่งอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม [7] สาเหตุหลักอย่างหนึ่งมาจากกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น การดำน้ำและเหยียบปะการัง การลักลอบเก็บปะการัง การพัฒนาชายฝั่ง การปล่อยน้ำเสียลงทะเล ปัญหาขยะทะเล การทำประมง การทิ้งสมอเรือในแนวปะการัง และการรั่วไหลของน้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้ปะการังยังได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น พายุ และสึนามิ ที่เป็นสาเหตุทำให้ปะการังเกิดการพลิกคว่ำ แตกหัก และตะกอนทับถม การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก (climate change) ที่ส่งผลให้เกิดปะการังฟอกขาว (coral bleaching) [8-10] และการระบาดของดาวมงกุฎหนาม (*Acanthaster planci*) [11] สาเหตุความเสียหายของแนวปะการังที่กล่าวมาในข้างต้น อาจมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทและความรุนแรงของปัจจัยที่มากระทบ รวมทั้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบชนิดของปะการังในพื้นที่ว่ามีความเปราะบางหรือทนทานต่อผลกระทบมากน้อยเพียงไร [11] จากรายงานของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งในช่วง พ.ศ. 2554-2557 พบว่าแนวปะการังของประเทศไทยมีแนวโน้มอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมและเสื่อมโทรมมากเพิ่มขึ้น โดยมีแนวปะการังที่อยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมประมาณร้อยละ 28.3 และเสื่อมโทรมมากถึงร้อยละ 50 ในขณะที่สถานภาพสมบูรณ์ดี และสมบูรณ์ดีมากคิดเป็นร้อยละ 3.7 และ 2.0 ตามลำดับ โดยสถานภาพแนวปะการังของอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและตะวันตกส่วนใหญ่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ปานกลางถึงเสื่อมโทรมมาก และแนวปะการังฝั่งทะเลอันดามันส่วนใหญ่ทุกจังหวัดจัดอยู่ในสภาพสมบูรณ์ปานกลาง โดยจังหวัดที่แนวปะการังมีแนวโน้มสมบูรณ์ดีมากที่สุด คือ จังหวัดสตูล และจังหวัดแนวปะการังที่แนวโน้มไปทางเสื่อมโทรมมากที่สุด คือ จังหวัดภูเก็ต [12]

จังหวัดตรังมีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 3,013 ไร่ (4.8 ตารางกิโลเมตร) โดยปะการังชนิดเด่น ได้แก่ ปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea heliopora*) ปะการังใบร่องหนาม (*Merulina* sp.) ปะการังสมองร่องใหญ่ (*Symphyllia* spp.) ปะการังถ้วยสมอง (*Lobophyllia* sp.) ปะการังโขด (*Porites lutea*) ปะการังลายดอกไม้ (*Pavona* spp.) ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora* sp.) ปะการังช่องเหลี่ยม (*Favites* spp.) ปะการังวงแหวน (*Favia* spp.) ปะการังดอกไม้ทะเล (*Goniopora* spp.) ปะการังกาแล็กซี่ (*Galaxea* spp.) ปะการังดาวเล็ก (*Cyphastrea* spp.) ปะการังเคลือบหนาม (*Echinophyllia* spp.) และปะการังเห็ด (*Fungia* spp.) [12] จากการสำรวจสถานภาพแนวปะการังระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2555 ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพเสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก มีปะการังที่มีชีวิตเฉลี่ยร้อยละ 20.5 และปะการังตายเฉลี่ยร้อยละ 44.3 นอกจากนี้พบว่าสถานภาพปะการังบริเวณเกาะรอกใน เกาะกระดาน เกาะมุกต์ และเกาะไหง อยู่ในสถานภาพสมบูรณ์ปานกลาง ยกเว้นเกาะลิบงอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม [12] และล่าสุดมีรายงานสถานภาพแนวปะการังในพื้นที่จังหวัดตรังในปี พ.ศ. 2554-2557 พบว่าแนวปะการังอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก ยกเว้นเกาะแหวนที่แนวปะการังอยู่ในสถานภาพสมบูรณ์ดี และเกาะตาใบที่แนวปะการังอยู่ในสถานภาพสมบูรณ์ปานกลาง [2]

ถึงแม้ว่าที่ผ่านมามีการสำรวจและประเมินสถานภาพรวมทั้งองค์ประกอบสกุลของแนวปะการังในพื้นที่จังหวัดตรังอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่มีข้อมูลร้อยละการปกคลุมของปะการังแต่ละสกุลในจังหวัดตรัง รวมทั้งเกาะกระดานและเกาะเชือกด้วย ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวปะการัง และการหาแนวทางการจัดการฟื้นฟูทรัพยากรปะการังในเขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมในอนาคต

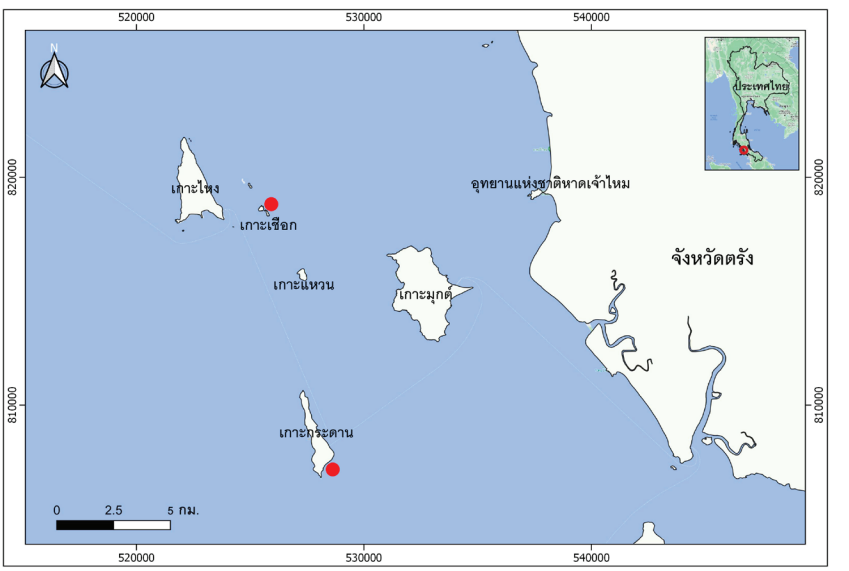
วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบสกุลและร้อยละปกคลุมของปะการังบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก
2. เพื่อประเมินสถานภาพของแนวปะการังบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

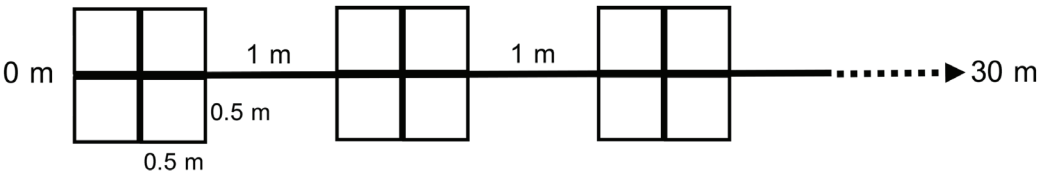
เกาะกระดานและเกาะเชือกตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เกาะกระดานอยู่ห่างจากที่ทำการอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมประมาณ 12 กิโลเมตร (ภาพที่ 1) มีแนวปะการังแข็งตลอดชายฝั่งของเกาะ ยกเว้นส่วนทางทิศใต้ของเกาะที่พบปะการังอ่อน (soft coral) และกัลปังหา (gorgonians) ปะการังที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ปะการังเขากวาง (*Acropora*) ปะการังเห็ด (*Fungia*) และปะการังสมอง (*Platygyra*) โดยจุดเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะกระดานอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะ (พิกัด7°18’07.9”N; 99°15’22.8”E) ซึ่งเป็นด้านอับลม มีความลึกอยู่ในช่วง 2–3 เมตร ส่วนเกาะเชือกอยู่ระหว่างเกาะมุกต์ เกาะไหง และเกาะกระดาน อยู่ห่างจากที่ทำการอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม 16 กิโลเมตร (พิกัด 7°24’19.1”N; 99°13’59.9”E) บริเวณเกาะเชือกมีปะการังแข็ง ปะการังอ่อน ดอกไม้ทะเล กัลปังหาสลับกันตลอดแนวชายฝั่ง โดยจุดเก็บตัวอย่างอยู่บริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะ ซึ่งเป็นจุดรับลมในช่วงมรสุมตะวันนออกเฉียงเหนือ มีความลึกอยู่ในช่วง 7–8 เมตร โดยจุดเก็บตัวอย่างทั้งสองเกาะเป็นบริเวณที่มีปะการังแข็งปกคลุมอย่างหนาแน่น และมีการใช้จากกิจกรรมดำน้ำของนักท่องเที่ยว



ภาพที่ 1 จุดสำรวจสถานภาพปะการังบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง

2. การศึกษาข้อมูลปะการัง

การประเมินสถานภาพแนวปะการังดำเนินการสำรวจด้วยวิธีการถ่ายภาพกรอบเก็บตัวอย่างตามแนว (photo quadrat transect) [13] ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 โดยในแต่ละบริเวณจะเก็บตัวอย่างโดยการวางแนว (line transect) บริเวณแนวปะการังเขตพื้นราบ (reef flat) บริเวณละ 3 แนว แนวละ 30 เมตร (ภาพที่ 2) โดยวางกรอบเก็บตัวอย่าง (quadrat) ขนาด 0.25 ตารางเมตร ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา จำนวน 4 ภาพต่อจุด (ครอบคลุมพื้นที่ 1 ตารางเมตร) เว้นระยะห่างจุดละ 1 เมตร จนสิ้นสุดระยะ 30 เมตร (เท่ากับ 60 ภาพต่อแนว) ซึ่งในแต่ละแนวจะบันทึกภาพนิ่งในแนวดิ่งตั้งฉากกับพื้น โดยให้ระยะห่างจากหน้ากล้องถึงพื้นประมาณ 100 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถถ่ายรูปได้ครอบคลุมกรอบเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 2 แนวการสำรวจด้วยวิธีการถ่ายภาพกรอบเก็บตัวอย่างตามแนว

3. การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในทุกแนวพื้นที่ศึกษา แนวละ 3 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบบหัวรวม (multiprobe) ยี่ห้อ HORIBA รุ่น U-52G ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม พีเอช และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ส่วนการวิเคราะห์ความโปร่งใส (transparency) ใช้แผ่นวัดความโปร่งใส (Secchi disc) และการวิเคราะห์ความลึกใช้เครื่องวัดความลึกท้องน้ำ (portable depth sounder) ยี่ห้อ HONDEX รุ่น PS-7

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ร้อยละการปกคลุมของปะการังแต่ละสกุล

วิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Coral Point Count with Excel extension (CPCe) [14] โดยการจำแนกปะการังแข็งในระดับสกุลโดยใช้คู่มือของ Veron (2000) [15] และ Safuan และคณะ(2015) [16]

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าดัชนีความหลากหลาย

คำนวณค่าดัชนีความหลากหลายในระดับสกุล (diversity Index) เพื่อประกอบการพิจารณาความหลากหลายของปะการังในระดับสกุล โดยใช้สูตรของ Shannon-Wiener Diversity Index [17]

4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปะการังระหว่างเกาะกระดานและเกาะเชือก

วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อศึกษาความแตกต่างองค์ประกอบสกุลและร้อยละการปกคลุมของปะการังระหว่างเกาะกระดานและเกาะเชือก เนื่องจากข้อมูลการปกคลุมของปะการังแต่ละสกุลเป็นข้อมูลร้อยละ ดังนั้นจึงมีการแปลงข้อมูลด้วยวิธี Arcsine ก่อนนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรด้วยวิธี Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) โดยใช้โปรแกรม Past เวอร์ชั่น 4.08

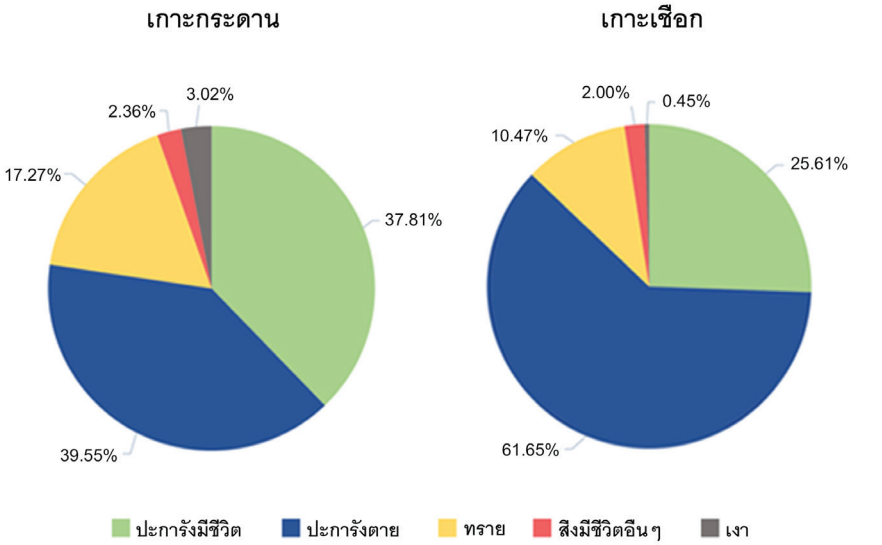
4.4 การประเมินสถานภาพแนวปะการัง

นำค่าร้อยละการปกคลุมมาประเมินสถานภาพแนวปะการังในเกณฑ์สมบูรณ์ดีมากจนถึงระดับเสื่อมโทรมมาก โดยใช้อัตราส่วนของร้อยละการปกคลุมของปะการังมีชีวิตต่อปะการังตาย ดังนี้ ≥ 3:1 = สมบูรณ์ดีมาก, 2:1 = สมบูรณ์ดี, 1:1 = สมบูรณ์ปานกลาง, 1:2 = สมบูรณ์ปานกลาง และ ≤ 1:3 = เสื่อมโทรมมาก [18]

ผลการวิจัย

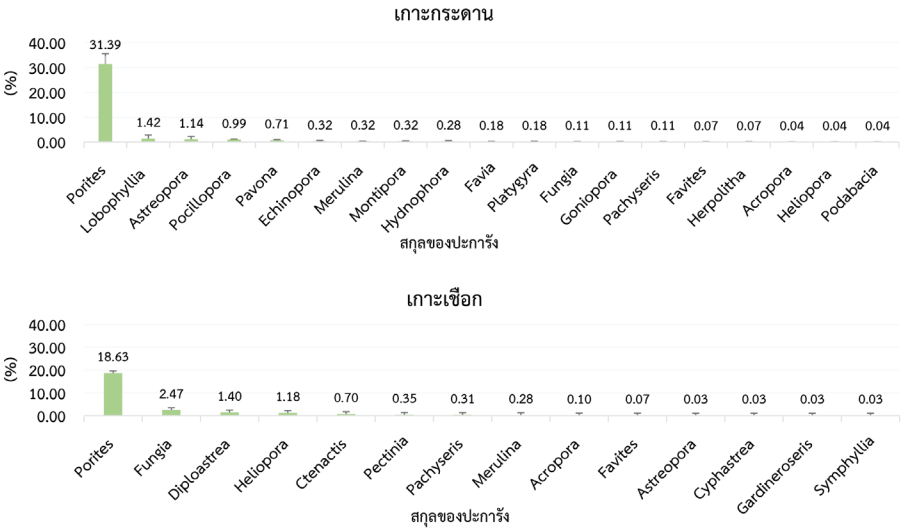
1. องค์ประกอบสกุลของปะการังแข็งและสถานภาพแนวปะการัง

จากการศึกษาร้อยละการปกคลุมของปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บริเวณเกาะกระดานพบว่า มีการปกคลุมของปะการังที่มีชีวิตร้อยละ 37.81 และปะการังตายร้อยละ 39.55 พื้นทรายร้อยละ 17.27 สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (ฟองน้ำ สาหร่าย และหอยมือเสือ) ร้อยละ 2.36 และบริเวณส่วนที่เป็นเงา (บริเวณพื้นที่สีดำที่เกิดจากการบดบังแสง ซึ่งไม่สามารถระบุปะการังและสิ่งอื่น ๆ ได้) ร้อยละ 3.02 ส่วนบริเวณเกาะเชือกพบการปกคลุมของปะการังมีชีวิตร้อยละ 25.61 ปะการังตายร้อยละ 61.65 พื้นทรายร้อยละ 10.47 สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ร้อยละ 2.00 และบริเวณส่วนที่เป็นเงาร้อยละ 0.45 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ร้อยละการปกคลุมของปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก

ผลการศึกษาพบปะการังทั้งหมด 25 สกุล โดยบริเวณเกาะกระดานพบความหลากหลายของปะการังระดับสกุล (19 สกุล) มากกว่าที่เกาะเชือก (14 สกุล) โดยปะการังสกุล *Porites* (ร้อยละ 31.39±4.24) เป็นปะการังสกุลเด่นในบริเวณเกาะกระดาน รองลงมาคือสกุล *Lobophyllia* (ร้อยละ 1.42±1.42) และ *Astreopora* (ร้อยละ 1.14±1.14) และที่น้อยที่สุดคือสกุล *Acropora*, *Heliopora* และ *Podabacia* โดยมีค่าร้อยละการปกคลุมเท่ากันคือ 0.04±0.04 ส่วนบริเวณเกาะเชือกพบปะการังสกุล *Porites* (ร้อยละ 18.63±3.43) เป็นสกุลเด่นเช่นเดียวกัน รองลงมาเป็นสกุล *Fungia* (ร้อยละ 2.47±1.09) และ *Diploastrea* (ร้อยละ 1.40±1.40) และที่พบน้อยที่สุดคือสกุล *Astreopora*, *Cyphastrea*, *Gardineroseris* และ *Symphyllia* โดยมีค่าร้อยละการปกคลุมเท่ากันคือ 0.03±0.03 (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ร้อยละการปกคลุมของปะการังแต่ละสกุล ที่บริเวณเกาะกระดาน และเกาะเชือก

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Wiener Diversity Index พบว่าปะการังที่เกาะกระดาน (2.99) มีค่าดัชนีความหลากหลายสูงกว่าเกาะเชือก (0.96)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรขององค์ประกอบสกุลและร้อยละการปกคลุมของปะการังระหว่างเกาะกระดานและเกาะเชือกพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.103)

ผลการวิเคราะห์สถานภาพแนวปะการังบริเวณเกาะกระดาน พบปะการังมีชีวิตร้อยละ 37.81 และปะการังตายร้อยละ 39.55 สถานภาพของแนวปะการังอยู่ในอัตราส่วน 1 : 1.04 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์สถานภาพสมบูรณ์ปานกลาง ส่วนบริเวณเกาะเชือกพบปะการังมีชีวิตร้อยละ 25.61 และปะการังตายร้อยละ 61.65 มีอัตราส่วน 1 : 2.40 ซึ่งจัดอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม

2. คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก พบว่าอุณหภูมิและความเค็มมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คืออุณหภูมิเฉลี่ย 27.10±0.06 และ 27.20±0.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าความเค็มเฉลี่ย 31.10±0.06 และ 31.17±0.09 ppt ตามลำดับ พีเอชของน้ำบริเวณเกาะกระดานอยู่ในช่วง (8.24-8.25) ซึ่งสูงกว่าพีเอชของน้ำบริเวณเกาะเชือก (8.12-8.14) เล็กน้อย น้ำทะเลทั้ง 2 เกาะมีความโปร่งใสมาก โดยที่เกาะกระดานมีความลึกเฉลี่ย 2.30±0.06 เมตร มีค่าความโปร่งใส 2.3±0.03 เมตร ส่วนที่เกาะเชือกมีความลึก 7.07±0.03 เมตร มีค่าความโปร่งใส 7.0±0.06 เมตร ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่เกาะกระดานเฉลี่ย 21.04±1.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าที่เกาะเชือกที่มีค่าเฉลี่ย 26.62±4.20 มิลลิกรัมต่อลิตร

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการปกคลุมของปะการังบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือก พบว่าปะการังสกุล *Porites* เป็นสกุลเด่นทั้งสองบริเวณ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรขององค์ประกอบสกุลและร้อยละการปกคลุมของปะการังระหว่างสองเกาะที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p=0.103) โดยปะการังสกุลนี้เป็นปะการังกลุ่มเด่นที่พบได้ทั่วไปในแนวปะการังบริเวณไหล่ทวีป (continental shelf) [5, 19] และในประเทศไทยพบได้ทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามัน [11, 20, 21] ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาปะการังบริเวณเกาะไหงที่พบปะการังสกุล *Porites* เป็นสกุลเด่น โดยมีอัตราปกคลุมของปะการังสูงกว่าปะการังสกุลอื่น ๆ ทั้งบริเวณทิศเหนือและทิศใต้ของเกาะ [22] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปะการังสกุล *Porites* สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และฟื้นตัวได้เร็ว ทั้งจากการทับถมของตะกอน อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และการถูกพัดพาจากคลื่นพายุ [11, 23]

สถานภาพของแนวปะการังบริเวณเกาะกระดานอยู่ในสภาพสมบูรณ์ปานกลาง (อัตราส่วน 1: 1.04) ซึ่งมีสถานภาพที่สมบูรณ์กว่าการรายงานของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ที่ได้สำรวจสถานภาพแนวปะการังในบริเวณนี้ล่าสุดเมื่อช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2557 และพบว่าแนวปะการังบริเวณเกาะกระดานทางด้านทิศตะวันออกมีสถานภาพเสื่อมโทรม โดยมีอัตราส่วนระหว่างปะการังมีชีวิตและปะการังตายเป็น 1 : 2.36 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการศึกษาในครั้งนี้ได้สำรวจแนวปะการังเฉพาะบริเวณฝั่งทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะเท่านั้น ซึ่งเป็นบริเวณที่มีนักท่องเที่ยวหรือนักดำน้ำน้อยกว่าแนวปะการังทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะ จึงทำให้ผลการประเมินสถานภาพแนวปะการังในบริเวณนี้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์มากกว่า ในขณะที่บริเวณเกาะเชือกพบว่า แนวปะการังยังคงอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม (อัตราส่วน 1: 2.40) เช่นเดียวกับผลการรายงานสถานภาพแนวปะการังของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งล่าสุดเมื่อ 5 ปีที่ผ่านมา (ดำเนินการสำรวจในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2557) ที่พบว่าแนวปะการังอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม (อัตราส่วน 1 : 2.20) [2] นอกจากนี้ยังพบว่าแนวปะการังบริเวณเกาะเชือกอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมเช่นเดียวกับแนวปะการังบริเวณเกาะไหงซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวในบริเวณใกล้เคียงกัน [22]

การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณเกาะกระดานและเกาะเชือกพบว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศในรอบวัน ส่วนความเค็ม พีเอช ความโปร่งใส และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 2 (คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง) โดยความเค็มมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าความเค็มต่ำสุด พีเอชมีค่าระหว่าง 7.0 – 8.5 ความโปร่งใสมีค่าลดลงจากสภาพธรรมชาติไม่เกินร้อยละ 10 จากค่าความโปร่งใสต่ำสุด [24] ส่วนของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไม่ได้กำหนดเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ถึงแม้ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง แต่สถานภาพแนวปะการังบริเวณเกาะกระดานจัดอยู่ในเกณฑ์สถานภาพสมบูรณ์ปานกลางและบริเวณเกาะเชือกจัดอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากเกาะต่าง ๆ เหล่านี้เป็นเกาะที่มีจุดดำน้ำชมปะการังที่สำคัญของนักท่องเที่ยว กิจกรรมการท่องเที่ยวบริเวณแนวปะการังจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้แนวปะการังเสื่อมโทรมลง [25] โดยสถิตินักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 มีจำนวน 42,622 คน และเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปีซึ่งสูงที่สุดในปี พ.ศ. 2561 คือ 100,253 คน [26] การศึกษาพื้นที่แนวปะการังในเอเชียที่เปิดให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวส่วนใหญ่พบว่า แนวปะการังจะอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม เนื่องจากได้รับการรบกวนจากนักท่องเที่ยว ได้รับความเสียหายจากการดำน้ำทั้งแบบดำผิวน้ำและดำน้ำลึก การยืนหรือเดินเหยียบปะการัง และนักดำน้ำที่ไม่ระมัดระวังตีนกบหรืออุปกรณ์ดำน้ำกระแทกปะการังแตกหักเสียหาย การทอดสมอเรือ รวมทั้งการเก็บปะการังและการจับสัตว์น้ำในแนวปะการัง ซึ่งส่งผลให้ระบบนิเวศในแนวปะการังสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพและเสียสมดุลทางระบบนิเวศไปด้วย [6, 7] แม้ว่าประเทศไทยยังมีการศึกษาอยู่น้อยเกี่ยวกับความเสียหายที่เกิดจากกิจกรรม

ท่องเที่ยวหรือการดำน้ำที่มีต่อแนวปะการัง แต่การศึกษาในต่างประเทศแสดงให้เห็นชัดเจนว่าแนวปะการังหลายประเทศได้รับความเสียหายจากการดำน้ำ ตัวอย่างเช่น บริเวณทะเลแดงที่มีการดำน้ำเพื่อการท่องเที่ยวในแนวปะการัง 12 แหล่ง มากกว่า 30,000 ไดฟ์ (dives) ต่อปี มีการสัมผัสปะการัง 10 ครั้งต่อ 1 ไดฟ์ ส่งผลให้ปะการังแตกหัก รวมทั้งกระตุ้นให้ตะกอนไหลลงสู่แนวปะการัง [27] ส่วนบริเวณทะเลแคริบเบียนพบว่าพฤติกรรมของนักดำน้ำที่มีกล้องถ่ายรูปสร้างความเสียหายต่อปะการังมากกว่านักดำน้ำที่ไม่มีกล้องถ่ายรูปอย่างมีนัยสำคัญ [28] สอดคล้องกับบริเวณแนวชายฝั่งแอฟริกาใต้ที่พบว่าปะการังแข็งร้อยละ 5.9 ปะการังอ่อนร้อยละ 4 ได้รับความเสียหาย และมีปะการังแข็งแตกหักและตายร้อยละ 0.02 จากกิจกรรมดำน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการดำน้ำจากนักท่องเที่ยวที่มีกล้องสร้างความเสียหายต่อปะการัง 9 ครั้ง ใน 10 ไดฟ์ และนักดำน้ำมือใหม่มีการสัมผัสปะการังมากกว่า (1 ครั้งต่อ 6 ไดฟ์) นักดำน้ำที่มีประสบการณ์ปานกลาง (1 ครั้งต่อ 14 ไดฟ์) และนักดำน้ำที่มีประสบการณ์สูง (1 ครั้งต่อ 123 ไดฟ์) ซึ่งปะการังที่ได้รับความเสียหายมากที่สุดคือพวกกิ่งก้านเนื่องจากแตกหักได้ง่าย [29] เช่นเดียวกับบริเวณเกรทแบร์ริเออร์รีฟ (Great Barrier Reef) ที่พบว่าการแตกหักของปะการังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับนักดำน้ำ แนวปะการังที่มีการดำน้ำบ่อยจะได้รับความเสียหายมากกว่าบริเวณที่มีการดำน้ำน้อยกว่า [30]

นอกจากนี้ปัญหาที่สร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศแนวปะการังทั่วโลกอีกประการคือ สภาวะโลกร้อนที่ทำให้อุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นส่งผลให้ปะการังฟอกขาว และจะสร้างความเสียหายเพิ่มมากขึ้นหากปะการังไม่สามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาวะปกติได้ตามกลไกธรรมชาติ [31, 32] เช่น บริเวณอ่าวแมนนา ประเทศอินเดีย พบว่าในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 ในช่วงฤดูร้อนเดือนเมษายนอุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปะการังเกิดการฟอกขาว และหลังจากนั้นเกิดการปกคลุมของสาหร่ายในแนวปะการัง [33, 34] ในขณะที่ประเทศไทยกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งรายงานว่า นอกจากการท่องเที่ยวแล้ว แนวปะการังในบริเวณจังหวัดตรัง ยังได้รับความเสียหายจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในปี พ.ศ. 2553 และผลกระทบจากสภาพตะกอนตามธรรมชาติบริเวณชายฝั่งเนื่องจากแนวปะการังส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำตื้น รวมถึงปัญหาขยะทะเลและขยะจากการประมงขนาดเล็ก ได้แก่ ซากอวนและลอบในแนวปะการัง เป็นต้น [2] นอกจากนี้มีงานวิจัยที่พบว่าการทำกิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่งรวมถึงกิจกรรมจากการท่องเที่ยว ส่งผลให้ธาตุอาหารในแนวปะการังมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะสารอาหารในกลุ่มอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (dissolved inorganic nitrogen) ได้แก่ แอมโมเนียม (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และ ไนเตรท (NO_3^-) และกลุ่มฟอสเฟต (phosphate) ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3+}) [35] การเพิ่มขึ้นของสารอาหารดังกล่าวสามารถสร้างผลกระทบต่อแนวปะการัง เช่น เกิดการฟอกขาว รวมถึงการกระตุ้นให้มีการปกคลุมของสาหร่าย เป็นต้น [36, 37] ดังนั้นการจัดการของเสียเหล่านี้ก็เป็นเรื่องสำคัญสำหรับการป้องกันแนวปะการังไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรม

ถึงแม้ว่าจากการศึกษาครั้งนี้สถานภาพของแนวปะการังบริเวณเกาะดานอยู่ในสถานภาพที่สมบูรณ์ปานกลางตามหลักเกณฑ์ประเมิน [18] แต่เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างปะการังมีชีวิตและปะการังตาย (1 ต่อ 1.04) แล้วพบว่าปะการังบริเวณเกาะกระดานมีอัตราส่วนของปะการังตายมากกว่าปะการังมีชีวิต ดังนั้นหากยังคงมีกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อแนวปะการัง และยังไม่มีมาตรการการจัดการหรือการฟื้นฟูที่เหมาะสม เป็นไปได้ว่าแนวปะการังบริเวณเกาะกระดานอาจจะมีสภาพที่เสื่อมโทรมลง และแนวปะการังในบริเวณเกาะเชือกอาจจะไม่เหลือรอดอยู่ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจศึกษาพบว่าเกาะกระดานมีความหลากหลายของปะการังระดับสกุล (19 สกุล; H'=2.99) มากกว่าที่เกาะเชือก (14 สกุล; H'=0.96) โดยปะการังสกุล *Porites* เป็นปะการังสกุลเด่นทั้งเกาะกระดานและเกาะเชือก ส่งผลให้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสังคมปะการังระหว่างสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลจากการประเมินสถานภาพแนวปะการังพบว่า โดยภาพรวมสถานภาพของแนวปะการังไม่แตกต่างกับการสำรวจเมื่อ 5 ปีที่ผ่านมา (ในปี พ.ศ. 2554–2557) คือบริเวณเกาะกระดานสถานภาพแนวปะการังจัดอยู่ในเกณฑ์สถานภาพสมบูรณ์ปานกลาง ในขณะที่บริเวณเกาะเชือกจัดอยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรม ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าสาเหตุหลักที่ทำให้แนวปะการังเสื่อมโทรมมาจากกิจกรรมการท่องเที่ยว ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้จึงมีความสำคัญสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานภาพแนวปะการังในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการจัดการฟื้นฟูทรัพยากรปะการังในเขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรจากศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเลที่ 3 จังหวัดตรัง ที่สนับสนุนและดูแลการเก็บตัวอย่างภาคสนาม และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการอ่านและให้ข้อเสนอแนะงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนเพื่อการทำวิจัย ในรายวิชาปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี (530-498) สาขาวิชาวาริชศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีการศึกษา 2560

เอกสารอ้างอิง

[1] Knowlton, N., Grottoli, A. G., Kleypas, J., Obura, D., Corcoran, E., de-Goeij. J. M., Felis, T., Harding, S., Mayfield, A., Miller, M., Osuka, K., Peixoto, R., Randall, C. J., Voolstra, C. R., Wells, S., Wild, C., & Ferse, S. (2021). Rebuilding Coral Reefs: A Decadal Grand Challenge. *International Coral Reef Society and Future Earth Coasts*, 1-56.

[2] สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2562). *แผนที่ปะการัง 2562.* กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.

[3] Hoegh-Guldberg, O., Pendleton, L., & Kaup, A. (2019). People and the changing nature of coral reefs. *Regional Studies in Marine Science,* 30, 100699.

[4] Morrison, T. H., Hughes, T. P., Adger, W. N., Brown, K., Barnett, J., Lemos, M. C., Huitema, D., Huchery, C., Chaigneau, T., Turner, R., & Hettiarachchi, M. (2019). Save reefs to rescue all ecosystems. *Nature*, 573, 333-336.

[5] Cindewiyani, H. H., & Patria, M. P. (2019). Coral cover percentage for sustainable marine protected area management in Tidung Island. *AIP Conference Proceedings*, 2194, 1-6.

[6] Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & zu Ermgassen, P. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82, 104–113.

[7] [7] Siriwong, S., True, J. D., & Piromvarakorn, S. (2018). Number of tourists has less impact on coral reef health than the presence of tourism infrastructure. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40, 1437-1445.

[8] Fabricius, K. E. (2005). Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 125–146.

[9] Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A., & Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318, 1737–1742.

[10] นรินทร์รัตน์ คงจันทร์ตรี, และอัญชลี จันทร์คง. (2558). การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแข็งในจังหวัดระยองหลังเหตุการณ์ปะการังฟอกขาว ปี พ.ศ.2553 และน้ำท่วมใหญ่ปี พ.ศ. 2554. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 20(1), 84-94.

[11] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). ภัยคุกคามต่อแนวปะการัง. [ออนไลน์], สืบค้นจากhttps://km.dmcr.go.th/th/c_3/d_1740. (21 เมษายน 2564)

[12] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2558). *รายงานการสำรวจและประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: ปะการังและหญ้าทะเล ปี 2558.* กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[13] English, S. S., Wilkinson, C. C. R., & Baker, V. V. (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources.* Australia: Australian Institute of Marine Science.

[14] Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral point count with excel extensions (CPCe): A visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, 32, 1259–1269.

[15] Veron, J. (2000). *Coral of the world. Volume 1*. Queensland: Australian Institute of Marine Science.

[16] Safuan, M., Boo, W. H., Siang, H. Y., Chark, L. H., & Bachok, Z. (2015). Optimization of coral video transect technique for coral reef survey: Comparison with intercept transect technique. *Open Journal of Marine Science*, 5, 379–397.

[17] Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: The University of Illinois Press.

[18] หรรษา จรรย์แสง, อุกกฤต สตภูมินทร์, และสมบัติ ภู่วชิรานนท์. (2542). *แผนที่แนวปะการังน่านน้ำไทย เล่มที่ 1 อ่าวไทย.* กรุงเทพฯ: กรมประมง.

[19] Tan Y. T. R., Wainwright, B. J., Afiq-Rosli, L., Aden Ip, Y. C., Lee, J. N., Nguyen, N. T. H., Pointing, S. B., & Huang, D. (2020). Endosymbiont diversity and community structure in Porites lutea from Southeast Asia are driven by a suite of environmental variables. *Symbiosis*, 80, 269–277.

[20] Phongsuwan, N., & Chansang, H. (1993). Assessment of coral communities in the Andaman Sea (Thailand) (pp. 114–121). In Richmond, R. H. (eds). *Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium Vol. 1*. University of Guam Press, UOG Station, Guam.

[21] [21] Brown, B.E. (2007). Coral reefs of the Andaman Sea-an integrated perspective. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45, 173–194.

[22] ศักราช พัฒน์เอี่ยม, ยุทธการ สวนแก้ว, ฑิฆัมพร ว่องธวัชชัย, และเอกนรินทร์ รอดเจริญ. (2563). องค์ประกอบสกุลและสถานภาพของปะการังแข็ง บริเวณเกาะไหง อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา จังหวัดกระบี่. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*, 48(3), 377-385.

[23] Yeemin, T., Saenghaisuk, C., Pengsakun, S., Klinthong, W., Sangmanee, K., Yucharoen, M., Donsomjit, W., Saengsawang, L., Nuclear, P., & Sutthacheep, M. (2010). Status of coral reefs in Thailand following the 2010 coral bleaching event (pp. 29 – 49). In Kimura, T., & Tun, K. (eds). *Status of coral reefs in East Asian Seas Region.* Tokyo: Ministry of the Environment.

[24] กรมควบคุมพิษ. (2564). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. เล่ม 138 ตอนพิเศษ 245 ง ราชกิจจานุเบกษา 6 ตุลาคม 2564. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[25] Lamb, J. B., True, J. D., Piromvaragorn, S., & Willis, B. L. (2014). Scuba diving damage and intensity of tourist activities increases coral disease prevalence. *Biological Conservation*, 178, 88–96.

[26] สำนักอุทยานแห่งชาติ. (2565). *จำนวนเงินรายได้อุทยานแห่งชาติ นักท่องเที่ยว และยานพาหนะ*. สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

[27] Zakai, D., & Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105, 179–187.

[28] Barker, N. H. L., & Roberts, C. M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, 120, 481–489.

[29] Walters, R. D. M., & Samways, M. J. (2001). Sustainable dive ecotourism on a South African coral reef. *Biodiversity and Conservation*, 10, 2167–2179.

[30] Rouphael, A. B., & Inglis, G. J. (2001). Take only photographs and leave only footprints?: An experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100, 281–287.

[31] Spalding, M. D., & Brown, B. E. (2015). Warm-water coral reefs and climate change. *Science*, 350, 769–771.

[32] Eakin, C. M., Liu, G., Gomez, A. M., De La Cour, J. L., Heron, S. F., Skirving, W. J., Geiger, E. F., March, B. L., Tirak, K. V., & Strong, A. E. (2017). Ding, dong, The witch is dead (?) -three years of global coral bleaching 2014-2017. *Reef Encounter*, 45, 33–38.

[33] Sadhukhan, K., Ramesh, C. H., Shanmugaraj, T., & Murthy, R. M. V. (2021). Recent Coral Bleaching Impacts in Reef Ecosystem of Gulf of Mannar and Palk Bay. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 47, 179-187.

[34] Edward, J. K. P., Mathews, G., Raj, K. D., Laju, R. L., Selva, B. M., Arasamuthu, A., Dinesh Kumar, P., Bilgi, D. S., & Malleshappa, H. (2018). Coral mortality in Gulf of Mannar, Southeaster India, due to bleaching caused by elevated sea surface temperature in 2016. *Current Science*, 114(9), 1967-1972.

[35] D'Angelo, C., & Wiedenmann, J. (2014). Impacts of nutrient enrichment on coral reefs: new perspectives and implications for coastal management and reef survival. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 82–93.

[36] Fabricius, K. E. (2005). Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 125-146.

[37] Dunn, J. G., Sammarco, P. W., & LaFleur, G. Jr. (2012). Effects of phosphate on growth and skeletal density in the scleractinian coral Acropora muricata: a controlled experimental approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 411, 34-44.