

ชนิดและความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในระบบนิเวศหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2560  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPECIES AND ABUNDANCE OF BENTHIC DINOFLAGELLATES IN SEAGRASS ECOSYSTEM  
IN EASTERN GULF OF THAILAND



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

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

โดย

นางสาวนันท์ภัค โปธิสาร

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธ์

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. พลฤกษ์ แสนวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศานิต ปิยพัฒน์กร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(นาง สุภาน้อย ทรัพย์สินเสริม)

นันทศักดิ์ โพธิสาร : ชนิดและความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในระบบนิเวศหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (SPECIES AND ABUNDANCE OF BENTHIC DINOFLAGELLATES IN SEAGRASS ECOSYSTEM IN EASTERN GULF OF THAILAND)  
 อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. พรศิลป์ ผลพันธ์, 90 หน้า.

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตแสดงบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารหน้าดินของระบบนิเวศหญ้าทะเล อย่างไรก็ตามเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดสามารถเป็นสาเหตุของโรค ciguatera เพื่อศึกษาการแพร่กระจายและความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในระบบนิเวศหญ้าทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสาร ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านร็อคคาร์เด็น และอ่าวคั้งกระเบน ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี ตามลำดับ ทำการเก็บตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่เกาะติดอยู่ในดินตะกอน บนใบหญ้าทะเล และบนแผ่นตาข่าย สองครั้งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และทำการแยกเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่พบเพื่อนำมาจำแนกชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ผลการศึกษาพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล 9 ชนิด คือ *Amphidinium carterae*, *Amphidinium operculatum*, *Coolia* cf. *malayensis*, *Coolia tropicalis*, *Ostreopsis fattorussoi*, *Ostreopsis ovata*, *Prorocentrum concavum*, *Prorocentrum lima* และ *Prorocentrum rathymum* ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่การศึกษา แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารเป็นบริเวณที่มีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสูงที่สุดและพบสาหร่ายสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (*Padina* sp.) เติบโตอยู่ในแหล่งหญ้าทะเลนี้เพียงบริเวณเดียวเท่านั้น หญ้าคาทะเลมีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่าหญ้าทะเลชนิดอื่นๆ ใน การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบวิธีการแยกเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต พบว่าความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนใบหญ้าคาทะเลเล็กกับบนแผ่นตาข่ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนมีน้อยที่สุด

ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2560	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 5672235023 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: SPECIES / ABUNDANCE / BENTHIC DINOFLAGELLATE / SEAGRASS / EASTERN GULF OF THAILAND

NANTAPAK POTISARN: SPECIES AND ABUNDANCE OF BENTHIC DINOFLAGELLATES IN SEAGRASS ECOSYSTEM IN EASTERN GULF OF THAILAND. ADVISOR: ASSOC. PROF. THAITHAWORN LIRDWITAYAPRASIT, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. PORNSILP PHOLPUNTHIN, Ph.D., 90 pp.

Benthic dinoflagellate have played an important role for benthic food chain in seagrass ecosystem, however some harmful benthic dinoflagellate can cause ciguatera poisoning symptoms. In order to investigate the distribution and abundance of benthic dinoflagellates in the Eastern Gulf of Thailand, this study was conducted in four stations of the seagrass areas at Samaesan Island, Ban Phe Coastal, Rock Garden village, and Kung Krabaen bay that located at Chonburi, Rayong and Chanthaburi Province, respectively. The benthic dinoflagellates attached on sediment, seagrass leaves, and the screen traps were collected two times in the southwest monsoon and the northeast monsoon from those mentioned seagrass areas. All benthic dinoflagellates were isolated and cultured for species identification by morphological characteristics. Four genera with nine species of documented toxic benthic dinoflagellates, *Amphidinium carterae*, *Amphidinium operculatum*, *Coolia* cf. *malayensis*, *Coolia tropicalis*, *Ostreopsis fattorussoi*, *Ostreopsis ovata*, *Prorocentrum concavum*, *Prorocentrum lima*, and *Prorocentrum rhathymum* were observed in all stations. The abundance of benthic dinoflagellates found in the northeast monsoon was higher than those found in the southwest monsoon at all stations. Benthic dinoflagellates found at Samaesan Island showed the highest abundance and the substrate brown macrophyte *Padina* sp. was only found in this station. The results showed that benthic dinoflagellates found on *Enhalus acoroides* leaves had a greater abundance than the other seagrass species. The benthic dinoflagellates extraction methods were compared in this study. The results showed no significantly different between the abundance of benthic dinoflagellates on seagrass leaves and on the screen trap. While the lowest abundance has been found in the sediment samples.

Department: Marine Science

Student's Signature .....

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

Co-Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ข้อคิดเห็น ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยให้ข้อมูลและสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

ขอพระขอบคุณ อาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการทำวิจัย บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ และคุณอริสรา อิศระชัยวงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการ 730 และเพื่อนนิสิตบัณฑิตศึกษาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในทุกขั้นตอนการทำวิจัย

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบุพการี ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป .....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 สํารวจเอกสาร .....	3
2.1 ระบบนิเวศหญ้าทะเล.....	3
2.2 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต.....	5
2.2.1 กลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก.....	6
2.2.2 กลุ่มที่มีแผ่นเปลือก.....	6
2.2.3 วงชีวิตของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต .....	8
2.3 สารชีวพิษ.....	10
2.3.1 สารชีวพิษกลุ่ม DSP.....	12
2.3.2 สารชีวพิษกลุ่ม CFP .....	13
2.3.3 สารชีวพิษอื่นๆ.....	14
2.3.4 รายงานการพบผู้ป่วยที่ได้รับสารชีวพิษในประเทศไทย .....	14
2.4 การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเล.....	15

2.5 การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในประเทศไทย.....	15
บทที่ 3 วิธีการศึกษา .....	18
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	18
3.1.1 การเก็บตัวอย่างจากใบหญ้าทะเล .....	20
3.1.2 การเก็บตัวอย่างพื้นดินตะกอน.....	20
3.1.3 การเก็บตัวอย่างโดยการวางแผ่นตาข่าย.....	21
3.2 การแยกและเพาะเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต .....	22
3.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา.....	22
3.3.1 การศึกษาด้วยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของแผ่นเปลือก (thecal dissociation).....	22
3.3.2 การศึกษาด้วยเทคนิค epifluorescence .....	23
3.3.3 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM).....	23
3.4 การวิเคราะห์ผล.....	23
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	25
4.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ .....	25
4.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต .....	28
4.2.1 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก .....	29
4.2.2 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก .....	32
4.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต .....	46
4.3.1 หมู่เกาะเสมสาร จังหวัดชลบุรี .....	46
4.3.2 ชายฝั่งบ้านเพ ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง.....	47
4.3.3 หมู่บ้านรือคการ์เด็น อ่าวเพ จังหวัดระยอง .....	48



4.3.4 อ่าวคั้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี .....	49
4.4 Substrate.....	51
บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา .....	55
5.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ .....	55
5.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก .....	56
5.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ..	58
5.3.1 อิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมรสม .....	58
5.3.2 อิทธิพลของปัจจัยทางภูมิศาสตร์.....	59
5.3.3 อิทธิพลของปัจจัยทางชีวภาพ .....	61
5.4 Substrate.....	62
บทที่ 6 สรุปลผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	64
6.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ .....	64
6.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก .....	64
6.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ..	65
6.4 Substrate.....	65
ข้อเสนอแนะ.....	66
รายการอ้างอิง .....	67
รายการอ้างอิง .....	80
ภาคผนวก.....	81
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	90

## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1	พื้นที่แหล่งหญ้าทะเลตามแนวชายฝั่งประเทศไทย .....	4
รูปที่ 2	ลักษณะพื้นฐานของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต .....	6
รูปที่ 3	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่ม desmokont .....	7
รูปที่ 4	รูปแบบการเรียงตัวของแผ่นเปลือกในไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่ม dinokont ตามระบบของ Kofoid .....	8
รูปที่ 5	ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต <i>Ostreopsis siamensis</i> ในประเทศนิวซีแลนด์ .....	11
รูปที่ 6	การถ่ายทอดสารชีวพิษจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตไปตามห่วงโซ่อาหาร .....	12
รูปที่ 7	การกระจายของสารชีวพิษ Ciguatera .....	13
รูปที่ 8	ประเทศที่มีรายงานการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเล .....	16
รูปที่ 9	สถานีเก็บตัวอย่างในแหล่งหญ้าทะเล .....	18
รูปที่ 10	ผังแสดงการวาง line transect ในพื้นที่ศึกษา .....	19
รูปที่ 11	การเก็บตัวอย่างด้วยแผ่นตาข่ายในแหล่งหญ้าทะเล .....	21
รูปที่ 12	ชนิดของหญ้าทะเลที่พบในพื้นที่ศึกษา .....	26
รูปที่ 13	<i>Amphidinium carterae</i> .....	29
รูปที่ 14	<i>Amphidinium operculatum</i> .....	31
รูปที่ 15	<i>Coolia</i> cf. <i>malayensis</i> .....	33
รูปที่ 16	<i>Coolia tropicalis</i> .....	35
รูปที่ 17	<i>Ostreopsis fattorussoi</i> .....	37
รูปที่ 18	<i>Ostreopsis ovata</i> .....	39
รูปที่ 19	<i>Ostreopsis</i> sp. 29 .....	41

รูปที่ 20 <i>Prorocentrum concavum</i> .....	43
รูปที่ 21 <i>Prorocentrum lima</i> .....	44
รูปที่ 22 <i>Prorocentrum rathymum</i> .....	45
รูปที่ 23 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะ แสมสาร จังหวัดชลบุรี.....	47
รูปที่ 24 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่ง บ้านเพ จังหวัดระยอง.....	48
รูปที่ 25 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้าน เรือकार์เดิน จังหวัดระยอง.....	49
รูปที่ 26 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าว คู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี.....	51
รูปที่ 27 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ต่างๆ ในฤดูมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้.....	52
รูปที่ 28 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ต่างๆ ในฤดูมรสุม ตะวันออก.....	53
รูปที่ 29 สาหร่ายสีน้ำตาลขนาดใหญ่ ( <i>Padina sp.</i> ) ที่พบในแหล่งหญ้าคาทะเลหมู่เกาะ แสมสาร.....	61
รูปที่ 30 หอยฝาเดียวขนาดเล็กที่พบในแหล่งหญ้าทะเล.....	62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิดของหญ้าทะเลและประเภทดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา.....27

ตารางที่ 2 ปัจจัยทางกายภาพ.....28



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบนิเวศห้วยทะเลเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสัตว์ทะเลวัยอ่อน ทั้งกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลังในบริเวณชายฝั่ง โดยเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยถาวร แหล่งอนุบาลชั่วคราว แหล่งอาหาร และที่หลบภัยให้สัตว์ทะเลวัยอ่อน นอกจากนี้ยังช่วยลดความแรงและความเร็วของคลื่น ทำให้เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่เกาะติดกับพื้นผิววัสดุใต้น้ำ (benthic organism) ซึ่งไบโพลีทะเลก็เป็นวัสดุใต้น้ำที่ให้พื้นที่ยึดเกาะแก่สาหร่ายขนาดเล็ก (benthic phytoplankton) รวมถึงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต (benthic dinoflagellate) โดยมีความสำคัญคือเป็นผู้ผลิตขั้นต้นแก่ระบบนิเวศ และเป็นอาหารที่สำคัญแก่สัตว์ทะเลวัยอ่อนที่อาศัยอยู่ในแหล่งห้วยทะเล

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตเป็นแพลงก์ตอนพืชที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ หรือเกาะติดอยู่บนพื้นผิวของวัตถุต่างๆ ใต้น้ำ เช่น สาหร่าย ไบโพลีทะเล หิน และ ซากปะการัง เป็นต้น ส่วนมากจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรือบางครั้งอาจพบอยู่เป็นโคโลนีเทียม (pseudocolony) ปัจจุบันมีการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตอย่างกว้างขวางมากขึ้น เนื่องจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดสามารถสร้างสารชีวพิษ หรืออนุพันธ์ของสารชีวพิษที่อาจไปสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่กินเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตเหล่านี้ และบางครั้งอาจเป็นสาเหตุปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (harmful algal bloom) ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ และความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม ไปจนถึงระบบเศรษฐกิจการประมงอีกด้วย

เนื่องจากอ่าวไทยฝั่งตะวันออกมีพื้นที่ของแหล่งห้วยทะเล 26,026 ไร่ มีการทำประมงสัตว์น้ำที่สำคัญ เช่น ปู ปลา และหอย จึงอาจมีความเป็นไปได้ว่าแหล่งห้วยทะเลที่พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่เป็นพิษ (harmful benthic dinoflagellates) อาจมีการสะสมสารชีวพิษในสัตว์น้ำได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด ความชุกชุม และการกระจายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในระบบนิเวศห้วยทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการหรือบรรเทาผลกระทบจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาชนิด ความชุกชุม และการกระจายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่ง  
หญ้าทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษานิตและการกระจายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตนี้สามารถนำไปใช้ใ  
การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของ benthic food chain ในแหล่งหญ้าทะเล และการพบชนิดที่มี  
รายงานที่สามารถสร้างสารชีวพิษได้จะนำไปใช้ในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เข้ามาใช้  
ประโยชน์ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล



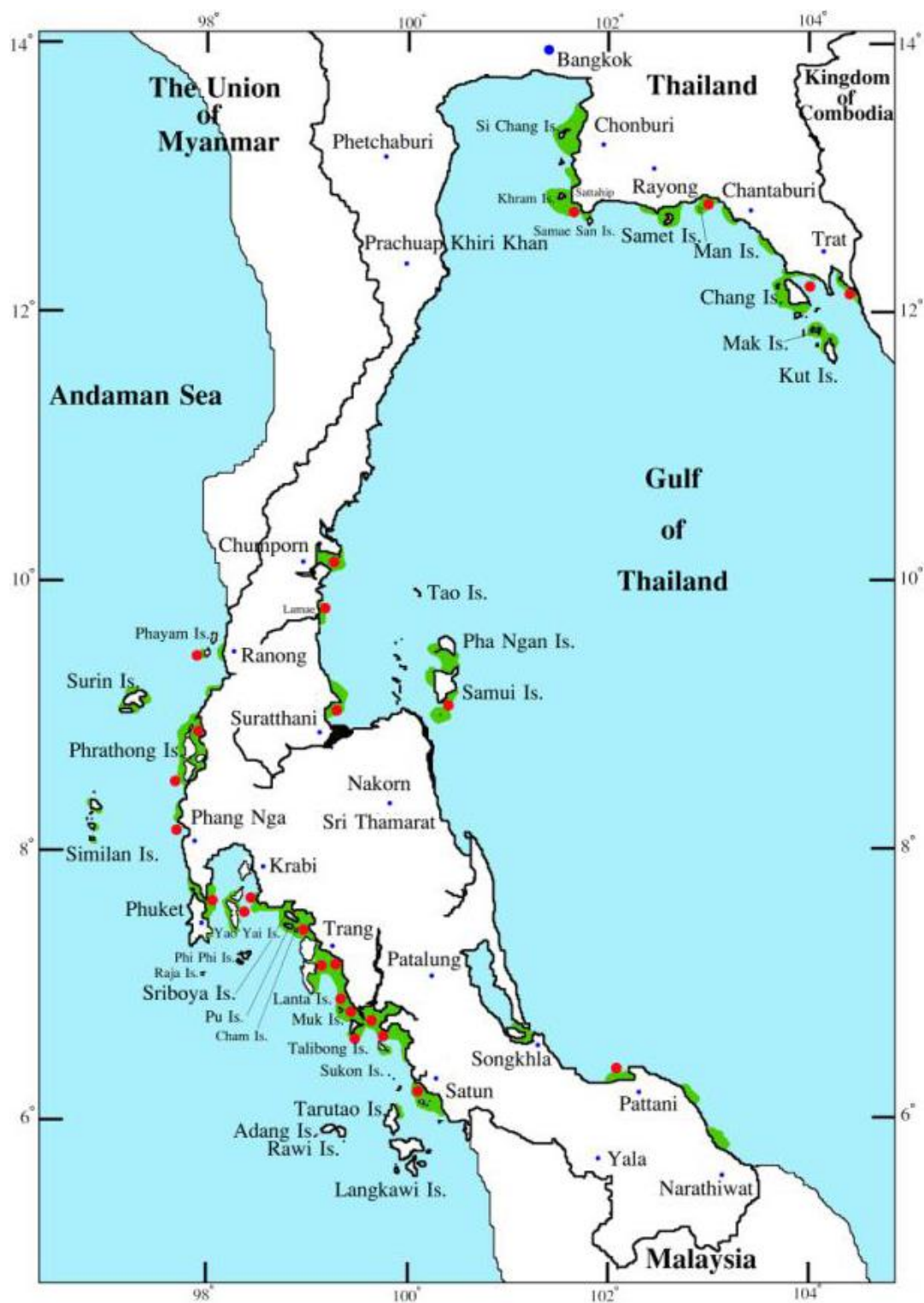
## บทที่ 2

### สำรวจเอกสาร

#### 2.1 ระบบนิเวศหญ้าทะเล

หญ้าทะเลเป็นระบบนิเวศหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อพื้นที่ชายฝั่ง ปริมาณสัตว์น้ำ และความอุดมสมบูรณ์ของท้องทะเล โดยเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยถาวรหรือชั่วคราว เป็นแหล่งหลบภัย หรือแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน อีกทั้งยังสามารถช่วยลดความเร็วของกระแสน้ำ ความแรงของคลื่น และการฟุ้งกระจายของตะกอนให้น้อยลง ทำให้มีสภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่ จึงเหมาะต่อการเกาะติดและเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น สาหร่าย อีพีไฟต์ (epiphyte) และเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต ระบบนิเวศหญ้าทะเลเป็นแหล่งหากิน แหล่งเติบโต และแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Walker, 1989; Jackson et al., 2001; Nagelkerken et al., 2002) ทำให้บริเวณแหล่งหญ้าทะเลมีสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถพบสิ่งมีชีวิตเกาะติดในบริเวณที่มีหญ้าทะเลมากกว่าบริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเลถึง 20 เท่า (McRoy and Helfferich, 1980) และสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนใบหญ้าทะเลก็เป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์ทะเลหลายชนิด เช่น ปู ปลา กุ้ง หอย รวมถึงใบหญ้าทะเลก็เป็นอาหารที่สำคัญของ พะยูน เต่าทะเล และสัตว์อื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งหญ้าทะเลนั้น กล่าวได้ว่าระบบนิเวศหญ้าทะเลเป็นแหล่งที่มีปริมาณผลผลิตสูงสุดแห่งหนึ่งของระบบนิเวศทางทะเล (McRoy and McMillan, 1977) นอกจากนี้ระบบนิเวศหญ้าทะเลยังเป็นแหล่งหมุนเวียนธาตุอาหาร และลดการกระจายของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการก่อโรค (potential bacterial pathogens) ต่อมนุษย์ ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งบริเวณที่มีหญ้าทะเลจะมีความหนาแน่นของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการก่อโรคลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (Lamb et al., 2017)

ในประเทศไทยมีพื้นที่ของแหล่งหญ้าทะเล 159,829 ไร่ กระจายอยู่ตามชายฝั่งในพื้นที่ 19 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล ดังรูปที่ 1 โดยฝั่งอ่าวไทยมีพื้นที่ของแหล่งหญ้าทะเล 60,196 ไร่ ประกอบด้วยหญ้าทะเล 13 ชนิด และชนิดใหม่ที่พบคือ หญ้าเงาใบใหญ่ (*Halophila major*) (Nguyen et al., 2014) สำหรับอ่าวไทยฝั่งตะวันออกมีพื้นที่ของแหล่งหญ้าทะเล 26,026 ไร่ ประกอบด้วยหญ้าทะเล 9 ชนิด โดยมี หญ้าคาทะเล



รูปที่ 1 พื้นที่สีเขียวแสดงแหล่งหญ้าทะเลตามแนวชายฝั่งประเทศไทย (Aduyanukosol and Poovachiranon, 2006)

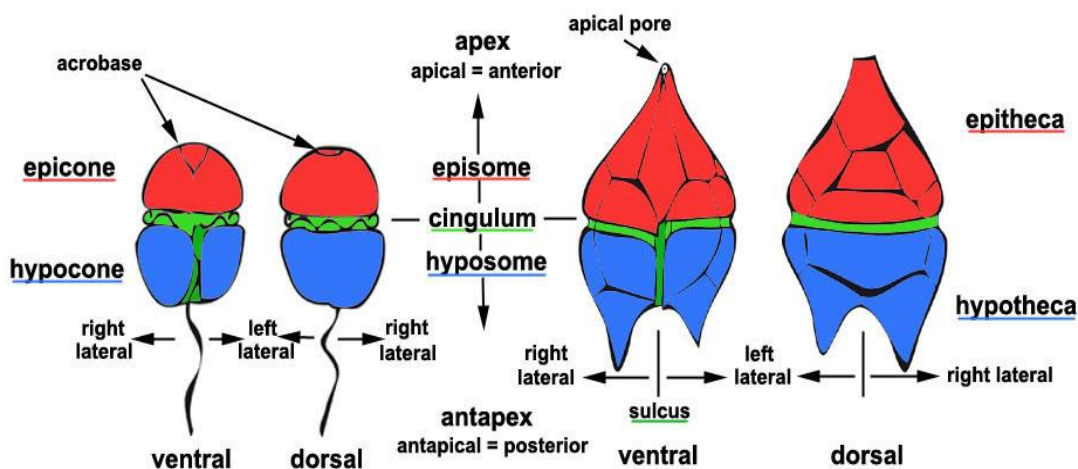


(*Enhalus acoroides*) หญ้ากูดช่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) และหญ้าใบมะกรูดขน (*Halophila decipiens*) เป็นชนิดเด่น ซึ่งแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญ ได้แก่ อ่าวเตยงาม อ่าวสัตหีบ อ่าวจุกเสม็ด ในจังหวัดชลบุรี บ้านเพ รือคการ์เด็น จังหวัดระยอง อ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี เกาะหมาก และเกาะกระตาศ จังหวัดตราด (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

## 2.2 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวจัดอยู่ในชั้น (class) Dinophyceae หรือเรียกทั่วไปว่า ไดโนแฟลกเจลเลต ซึ่งเป็นแฟลกเจลล่อนที่มีจำนวนชนิดและปริมาณรองจากไดอะตอม มักพบในทะเลและแหล่งน้ำกร่อยมากกว่าแหล่งน้ำจืด (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) โดยทั่วไปแล้วไดโนแฟลกเจลเลตจะล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ แต่เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตอาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ หรือเกาะติดอยู่บนพื้นผิวของวัตถุต่างๆ ใต้น้ำ เช่น สาหร่าย ใบหญ้าทะเล หิน และ ซากปะการัง (Fukoyo, 1981; Hallegraeff, 1995; Totti et al., 2010; Tester et al., 2014) ส่วนมากจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรือบางครั้งก็จะพบในรูปโคโลนีเทียม (pseudocolony) เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีความสำคัญต่อระบบนิเวศโดยเป็นผู้ผลิตขั้นต้น และยังเป็นอาหารที่สำคัญแก่สิ่งมีชีวิตที่เกาะติดกับพื้นผิววัสดุใต้น้ำ และสัตว์ทะเลอื่นๆ (Orth and Montfrans, 1984; พรศิศิลป์ ผลพันธุ์, 2530)

การจำแนกชนิดเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสามารถแบ่งตามลักษณะสัณฐานวิทยาการสร้างแผ่นเปลือกได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก (naked หรือ athecate หรือ unarmoured benthic dinoflagellates) และกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก (thecate หรือ armoured benthic dinoflagellates) อย่างไรก็ตามเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตทั้งสองกลุ่มต่างก็มีลักษณะพื้นฐานร่วมกัน โดยประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ episome กับ hyposome ซึ่งทั้งสองส่วนถูกแบ่งออกจากกันด้วยร่องตามขวาง (cingulum groove) และเมื่อมองจากทางด้านท้อง (ventral view) จะเห็นส่วน hypocone แบ่งออกเป็นสองด้านด้วยร่องตามยาว (sulcus groove) ซึ่งมักจะตั้งฉากกับร่องตามขวางแล้วยาวลงไปถึงจุดปลายด้านท้ายของ hyposome (antapex) แต่ละร่องจะมีแฟลกเจลลัมร่องละหนึ่งเส้น คือ แฟลกเจลลัมตามขวาง (transverse flagellum) กับแฟลกเจลลัมตามยาว (longitudinal flagellum) ซึ่งแฟลกเจลลัมตามขวางมีลักษณะโค้งหักเป็นลูกคลื่นในร่อง ส่วนแฟลกเจลลัมตามยาวมีลักษณะตรงยาวออกมาจากร่อง ดังรูปที่ 2



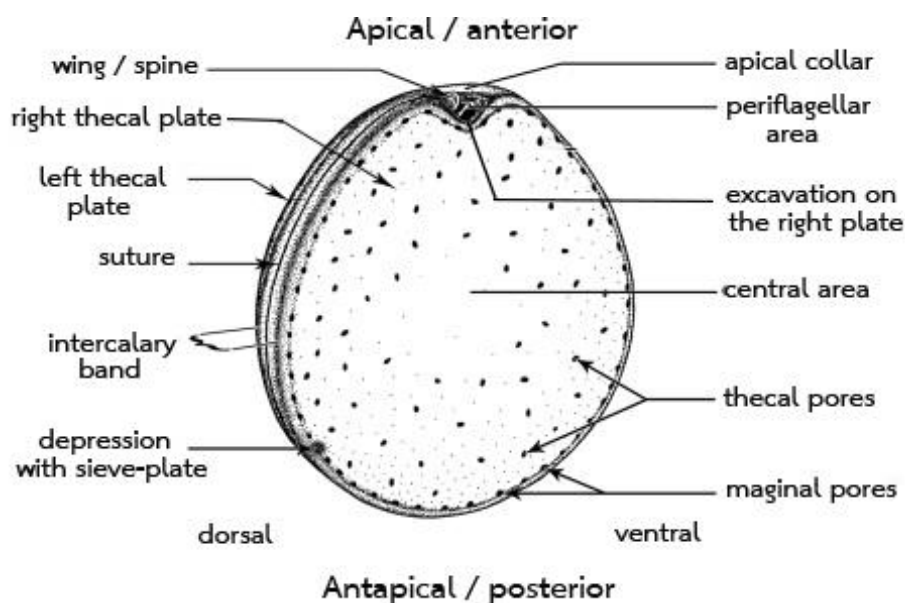
รูปที่ 2 ลักษณะพื้นฐานของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต (ที่มา: [http://tolweb.org/notes/?note\\_id=4756](http://tolweb.org/notes/?note_id=4756)) โดยด้านซ้ายคือกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก ด้านขวาคือกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก ส่วนสีแดงแสดง episome ส่วนสีเขียวแสดงร่อง และ ส่วนสีน้ำเงินแสดง hyposome

### 2.2.1 กลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก

การจำแนกชนิดเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือกมักจะจำแนกจากขนาด ลักษณะรูปร่าง รูปทรง ลักษณะของร่องตามขวางกับร่องตามยาว ขนาดและตำแหน่งของนิวเคลียส (nucleus) การปรากฏและลักษณะของไพเรโนยด์ (pyrenoid) และสีกับรูปร่างของคลอโรพลาสต์ (Larsen, 2002; Bergholtz et al., 2006) ซึ่งมักจะศึกษาจากเซลล์ที่ยังมีชีวิต เนื่องจากการรักษา สภาพเซลล์อาจทำให้ผิวเซลล์หรือรูปร่างของเซลล์มีลักษณะผิดเพี้ยนไปได้ (Noguchi et al., 1987; Steidinger, 1996)

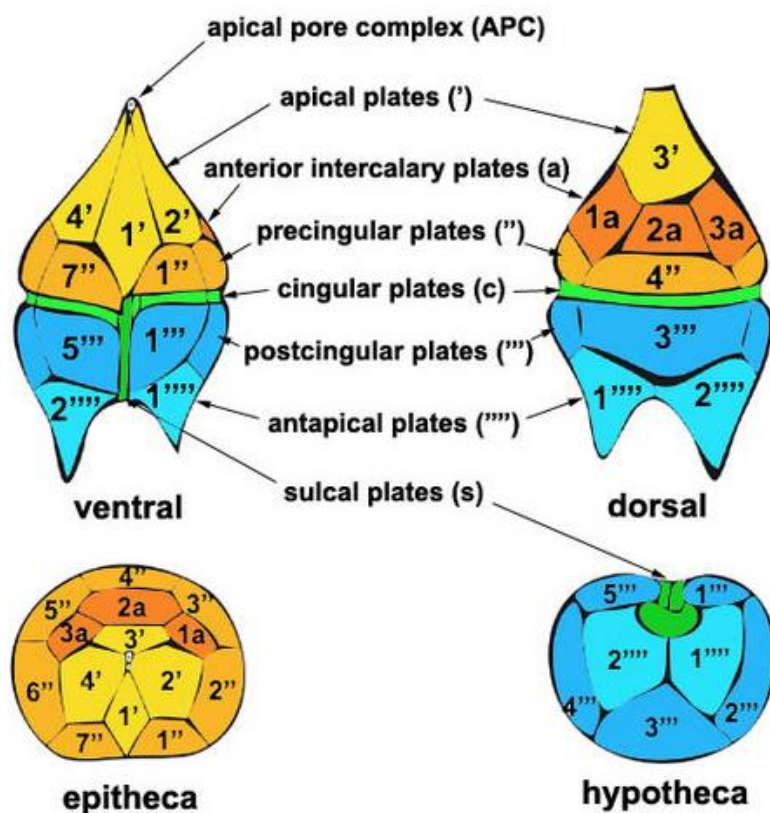
### 2.2.2 กลุ่มที่มีแผ่นเปลือก

แผ่นเปลือกของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตเป็นสารจำพวกเซลลูโลส ซึ่งการจำแนกชนิด เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่มีแผ่นเปลือกสามารถแบ่งประเภทของลักษณะทางสัณฐานวิทยา เป็นกลุ่มประเภท desmokont กับ กลุ่มประเภท dinokont สำหรับกลุ่มประเภท desmokont จะประกอบด้วยแผ่นเปลือก 2 แผ่น (valves) คือแผ่นเปลือกซ้าย (left valve) หรือ hypotheca กับ แผ่นเปลือกขวา (right valve) หรือ epitheca แฟลกเจลลาทั้งสองเส้นจะมีจุดกำเนิดที่ด้านหน้า (anterior) ของเซลล์ (Faust and Gullledge, 2002; Hoppenrath et al., 2013) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่ม desmokont (Hoppenrath et al., 2013)

กลุ่มประเภท dinokont นิยมใช้ระบบของ Kofoid (Kofoid system) เช่นเดียวกันกับการจำแนกไดโนแฟลกเจลเลต ซึ่งการนับแผ่นเปลือกจะนับในแนวทวนเข็มนาฬิกา โดยตัวเลขตามรูปแบบการเรียงตัวของแผ่นเปลือก (Plate formula) เริ่มจากแผ่นเปลือกย่อย apical pore complex (APC) จนถึงกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย antapical plate รูปแบบการเรียงตัวของแผ่นเปลือกตามระบบของ Kofoid แบ่งออกเป็นสองแผ่นหลักคือ epitheca กับ hypotheca ซึ่งในแผ่นเปลือกหลักจะประกอบด้วยแผ่นเปลือกย่อยเรียงติดต่อกัน โดยเริ่มจากแผ่นเปลือกย่อย apical pore complex หรือ apical pore plate (Po) เป็นแผ่นเปลือกย่อยที่อยู่ด้านบนสุดของเซลล์ ตามด้วยกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย apical plate (') เรียงล้อมรอบ แล้วมีกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย precingular plate (") เรียงล้อมรอบเป็นวงที่สอง ถัดมาคือกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย cingular plate (c) เป็นแผ่นเปลือกย่อยในร่อง cingulum ส่วนแผ่นเปลือกหลัก hypotheca ประกอบด้วย กลุ่มแผ่นเปลือกย่อย sulcal plate (s) เป็นแผ่นเปลือกย่อยในร่อง sulcus และกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย postcingular plate (") เรียงล้อมรอบถัดจากร่องตามขวาง และสุดท้ายคือกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย antapical plate (""') ในกรณีที่มีกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย apical plate (') กับ precingular plate (") หรือ กลุ่มแผ่นเปลือกย่อย postcingular plate (") กับ antapical plate (""') ไม่สับสนพอดีจะมีกลุ่มแผ่นเปลือกย่อย anterior (a) และ posterior intercalary plate (p) แทรกอยู่ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รูปแบบการเรียงตัวของแผ่นเปลือกในไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มประเภท dinokont ตามระบบของ Kofoid (ที่มา: [http://tolweb.org/notes/?note\\_id=4796](http://tolweb.org/notes/?note_id=4796))

CHULALONGKORN UNIVERSITY

### 2.2.3 วงชีวิตของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีการสืบพันธุ์เหมือนกับไดโนแฟลกเจลเลตอื่นๆ โดยสามารถสืบพันธุ์ได้สองแบบคือแบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ ซึ่งทั่วไปเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมักจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยจะทำการแบ่งเซลล์จากหนึ่งเซลล์เป็นสองเซลล์ (binary fission) ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมักจะเกิดขึ้นเมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และธาตุอาหาร ไม่เหมาะสมต่อการเติบโต ซึ่งเกือบทั้งหมดของไดโนแฟลกเจลเลตทะเลมีวงชีวิตแบบ haplontic คือ เซลล์ปกติมีโครโมโซมแบบ haploid (1N) แต่เมื่อสองเซลล์เกิดการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมกัน (conjugation) จะกลายเป็นพลาโนไซโกต (planozygote) แล้วจะมีโครโมโซมแบบ

diploid (2N) และบางครั้งพลาโนไซโกตอาจเข้าสู่ระยะพัก (resting stage) แล้วกลายเป็นฮิโปโนไซโกต (hypnozygote) หรือซิสต์ (cyst) ซึ่งสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็นเวลานาน โดยซิสต์จะจมลงสู่พื้นท้องน้ำ จนเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมจึงจะงอก (germination) ออกมาเป็นเซลล์ใหม่ (Accoroni, 2013; พรศิลป์ ผลพันธิน, 2530)

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีการกระจายในเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลกตามระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น ชายหาดทราย แนวปะการัง ป่าชายเลน และแหล่งหญ้าทะเล ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ หรือกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ซึ่งเร่งให้ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) มีความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลสูงขึ้น ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีแนวโน้มกระจายไปยังเขตอบอุ่นมากขึ้น (Hallegraeff, 2010; Litaker et al., 2010; Kibler et al., 2015) นอกจากนี้การใช้สารเคมีเร่งการเติบโตของพืชในการทำเกษตรกรรม ซึ่งสารเคมีจะไหลมากับน้ำท่าลงสู่ทะเลกลายเป็นธาตุอาหารให้กับแพลงก์ตอนพืชทะเล (nutrient load) การปล่อยน้ำอับเฉาเรือ (ballast water) ในบริเวณใกล้ชายฝั่ง ที่อาจจะมีเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหรือซิสต์ของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในน้ำอับเฉาเรือ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งทำให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตแพร่กระจายไปตามชายฝั่งเขตร้อนและเขตอบอุ่นได้ทั่วโลก (Lirdwitayaprasit, 1997; Heisler et al., 2008; Anderson, 2009; Hallegraeff, 2010)

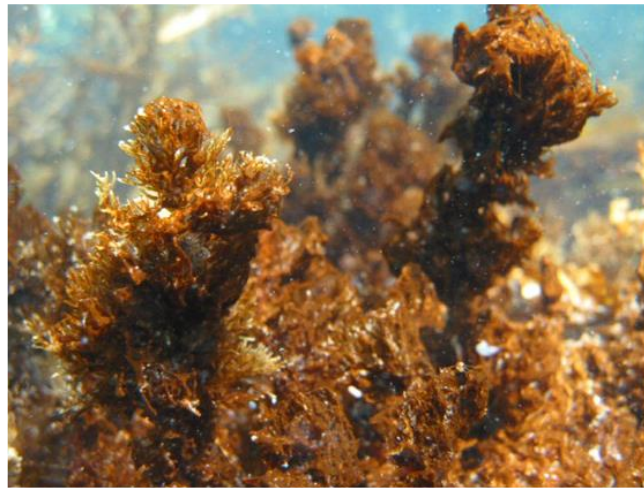
นอกจากนี้การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดลอม และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยในบริเวณนั้นได้ เช่น ในประเทศอิตาลีหลังจากเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต *Ostreopsis ovata* ทำให้มีการตายของสาหร่ายขนาดใหญ่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งกลุ่มที่เคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่ ได้แก่ หอยนมสาว หอยแมลงภู่ เพรียง เม่น หมึก และลูกปลา (Vale and Ares, 2007; Totti et al., 2010) ในประเทศนิวซีแลนด์มีรายงานว่าในระหว่างปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต *Ostreopsis siamensis* ทำให้สาหร่ายขนาดใหญ่ *Carpophyllum plumosum* ถูกปกคลุมไปด้วยเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต เม่นทะเล *Evechinus chloroticus* มีพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง *O. siamensis* ด้วยการหลบอยู่ตามร่องหิน และหนามของเม่นทะเลมีลักษณะพับลงหรือหลุดไป (Shears and Ross, 2009) ดังรูปที่ 5 ซึ่งในปัจจุบันเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบ่อยครั้งขึ้นทั่วโลก (Shears and Ross, 2009; Catania et al., 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพิษ (harmful benthic dinoflagellates)

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดสามารถสร้างสารชีวพิษหรืออนุพันธ์ของสารชีวพิษได้ ซึ่งสารชีวพิษจะถูกสะสมไปตามสายใยอาหาร จากปลากินพืชที่บริโภคเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพิษ แล้วถูกส่งต่อไปยังปลากินเนื้อ ซึ่งสารชีวพิษจะถูกสะสมอยู่ในตับ กล้ามเนื้อ ผิวหนัง และกระดูกของ ปลากินเนื้อขนาดใหญ่ ไปสู่มนุษย์ที่บริโภคปลาหรือหอยที่ปนเปื้อนสารชีวพิษ (Chinain et al., 1999; Lehane and Lewis, 2000; Burgess and Shaw, 2001) ดังรูปที่ 6 โดยมีรายงานผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากหลายประเทศในเขตร้อนและเขตอบอุ่น เช่น ในประเทศฟิลิปปินส์มีรายงานผู้เสียชีวิตจากการบริโภคปู *Demania reynaudii* ที่ปนเปื้อนสารชีวพิษ Palytoxin จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis* (Alcala et al., 1988) ในประเทศญี่ปุ่นมีรายงานผู้เสียชีวิตจากการบริโภคปลานกแก้ว *Scarus ovifron* ที่ปนเปื้อนสารชีวพิษ Palytoxin จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis* (Noguchi et al., 1987; Noguchi et al., 1988) ในประเทศมาดากัสการ์มีรายงานผู้เสียชีวิตจากการบริโภคปลาซาร์ดีน *Herklotsichtys quadrimaculatus* ที่ปนเปื้อนสารชีวพิษ Palytoxin จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis* (Taniyama et al., 2003) อย่างไรก็ตาม การรายงานที่ตรวจสอบสารชีวพิษจากอาหารที่ผู้ป่วยบริโภคมีน้อยมาก ซึ่งการวินิจฉัยส่วนใหญ่มักดูจากประวัติการบริโภคอาหารทะเลของผู้ป่วยและอาการของผู้ป่วยเท่านั้น (Tubaro et al., 2011; Saraya et al., 2014)

### 2.3 สารชีวพิษ

ปัจจุบันมีการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่สร้างสารชีวพิษกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสารชีวพิษสามารถสะสมในสัตว์น้ำที่มนุษย์นำมาบริโภคทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกาย อีกทั้งยังมีรายงานการกระจายของสารชีวพิษในเขตร้อนกับเขตอบอุ่นทั่วโลก ดังรูปที่ 7 โดยสารชีวพิษที่เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสร้างเป็นสารชีวพิษประเภทที่ละลายในไขมัน (lipophilic toxins) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) จะได้รับจากการบริโภคหอยที่มีสารชีวพิษจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสะสมอยู่ (Halstead, 1988) และสารชีวพิษกลุ่ม Ciguatera Fish Poisoning (CFP) จะได้รับจากการบริโภคปลาที่มีสารชีวพิษจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสะสมอยู่ (Taniyama et al., 2003) อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถอธิบายสาเหตุที่เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสร้างสารชีวพิษ หรือบทบาทของสารชีวพิษต่อระบบการทำงานของเซลล์ได้อย่างชัดเจน สารชีวพิษเหล่านี้คือสารเมตาโบไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) โดยเบนทิก-

ไดโนแฟลกเจลเลตอาจสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก่งแย่งพื้นที่อยู่อาศัย ใ้ต่อสู้กับผู้ล่า หรือใช้เพื่อป้องกันการเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Botana et al., 1996)



A

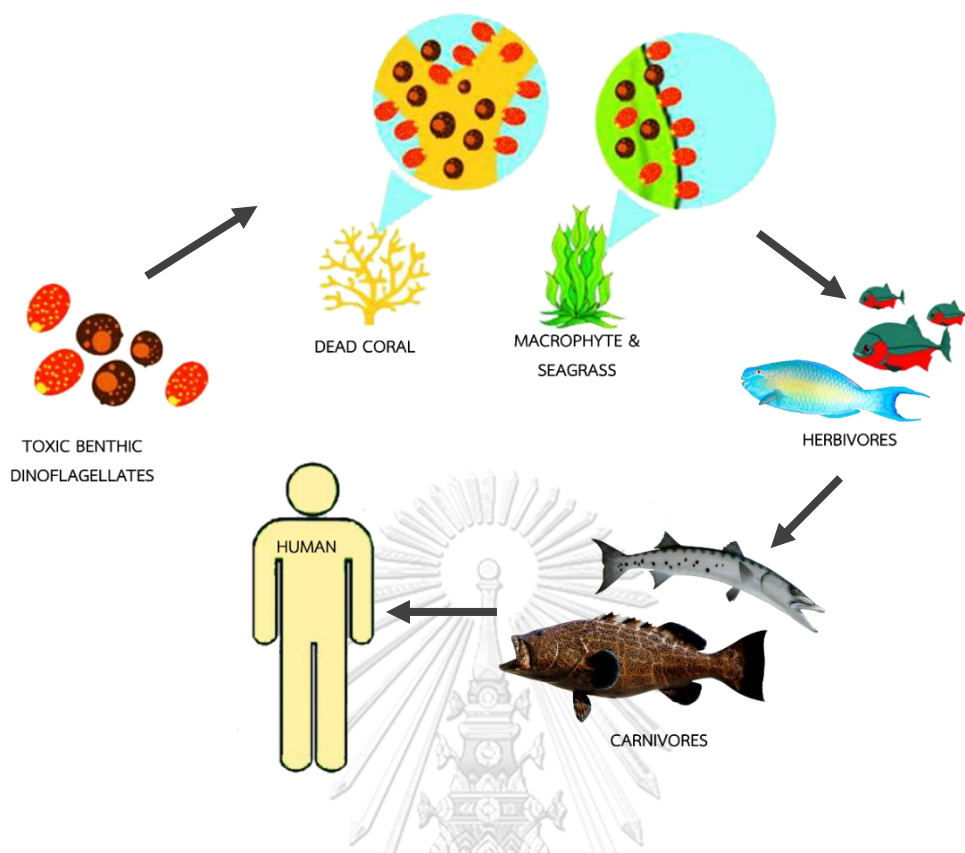


B



C

**รูปที่ 5** ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต *Ostreopsis siamensis* ในประเทศนิวซีแลนด์ โดย A แสดง *O. siamensis* ปกคลุมสาหร่าย *Carpophyllum plumosum* B และ C แสดง ลักษณะหนามของเม่นทะเล *Evechinus chloroticus* ที่พับลงหรือหลุดไป (Shears and Ross, 2009)



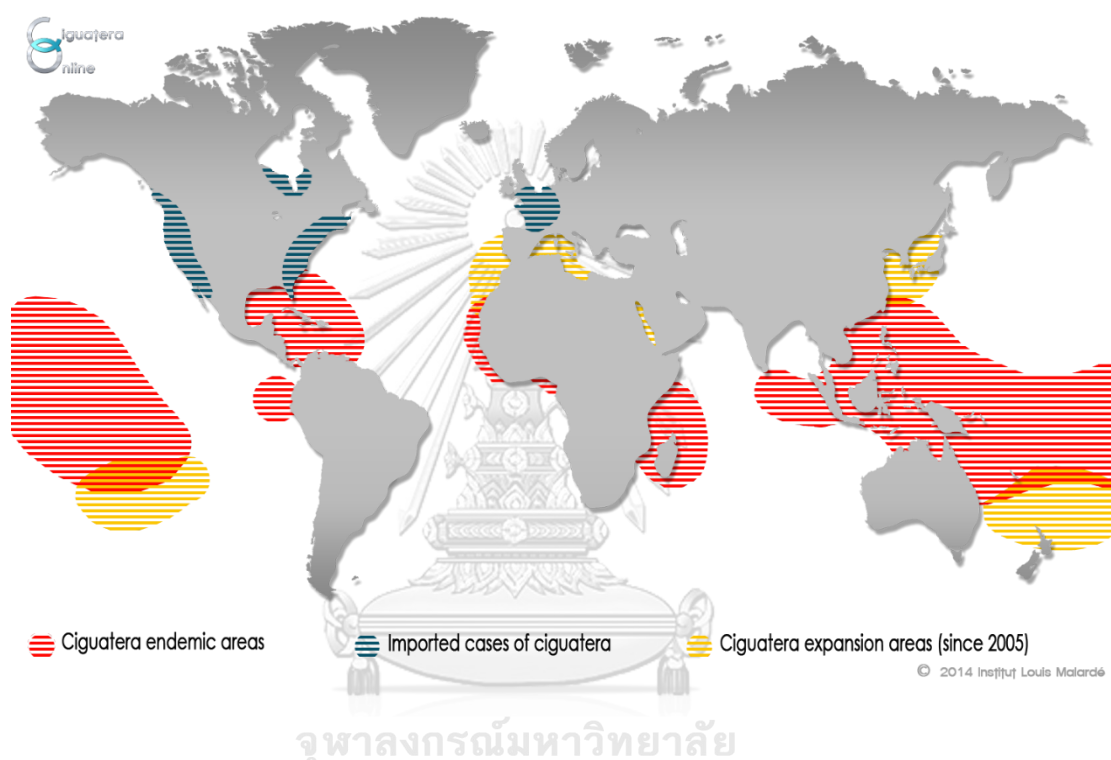
รูปที่ 6 การถ่ายทอดสารชีวพิษจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพิษที่เกาะอยู่บน substrate ไปตามห่วงโซ่อาหาร

### 2.3.1 สารชีวพิษกลุ่ม DSP

สารชีวพิษกลุ่ม DSP จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ สารชีวพิษ Okadaic acid (OA-toxin) และอนุพันธ์ จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Prorocentrum* (Nakajima et al., 1981; Viviani, 1992) โดยภายในครึ่งชั่วโมงผู้ได้รับพิษจะแสดงอาการคลื่นไส้ (nausea) อาเจียน (vomit) ปวดท้องอย่างรุนแรง (severe abdominal pain) และท้องเสียอย่างรุนแรง (severe diarrhea) (Garcia et al., 2005) ปัจจุบันมีรายงานน้อยมากเกี่ยวกับสารชีวพิษ Okadaic acid และอนุพันธ์ ในหอยสองฝาที่จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Prorocentrum* spp. ซึ่งอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของการสะสมสารชีวพิษกลุ่ม DSP ในหอยสองฝาในแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่ง หรือบริเวณที่มีการกวนมวลน้ำจนทำให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตลอยขึ้นมาอยู่ในมวลน้ำ แล้วกลายเป็นอาหารให้แก่สิ่งมีชีวิตกรองกิน (filter feeders) ได้ (Lawrence et al., 2000; Maranda et al., 2007; Nielsen et al., 2016) จากการศึกษาของ Foden และคณะ (2005) ได้ติดตามความเป็นพิษของประชากร



*Prorocentrum lima* ในทะเลสาบทางตอนใต้ของอังกฤษ และพบว่า *P. lima* ในธรรมชาติสามารถสร้างอนุพันธ์ของสารชีวพิษ Okadaic acid และ Dinophysistoxin – 1 (DTX-1) แต่ไม่พบการสะสมสารชีวพิษในเนื้อหอยนางรม *Crassostrea gigas* ซึ่งอาจเป็นเพราะในมวลน้ำมี *P. lima* อยู่เล็กน้อยเกินกว่าที่จะเกิดการสะสมสารชีวพิษ



**รูปที่ 7** การกระจายของสารชีวพิษ Ciguatera โดย พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการกระจายเฉพาะถิ่นสีน้ำเงิน คือ พื้นที่ที่มีรายงานการนำเข้าปลาที่เจือปนสารชีวพิษ Ciguatera สีเหลือง คือ พื้นที่ที่มีการกระจายของสารชีวพิษ Ciguatera ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 (ที่มา: <http://www.ciguatera-online.com/index.php/en/nos-services/geographie-des-intoxications>)

### 2.3.2 สารชีวพิษกลุ่ม CFP

สารชีวพิษกลุ่ม CFP จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ Ciguatoxin (CTXs) และอนุพันธ์จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Gambierdiscus* (Faust and Gulledge, 2002; Accoroni, 2013) สารชีวพิษ Palytoxin (PTXs) และอนุพันธ์ จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis* (Rhodes et al., 2011; Accoroni, 2013) สารชีวพิษประเภท Cooliatoxin และอนุพันธ์ จาก

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Coolia* (Nakajima et al., 1981; Holmes et al., 1995) สารชีวพิษกลุ่ม CFP เป็นสารประกอบ polyester ซึ่งทนต่อความร้อน ทำให้อาหารทะเลที่ปนเปื้อนยังคงความเป็นพิษแม้จะผ่านการปรุงจนสุกแล้วก็ตาม (Lehane and Lewis, 2000) อาการของโรคประกอบด้วยอาการทางระบบทางเดินอาหาร อาการทางระบบประสาท และอาการทางระบบหัวใจ โดยเริ่มจากคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสียอย่างรุนแรง ปวดท้อง ตามมาด้วยอาการทางระบบประสาท เช่น รู้สึกชาที่ปาก มือ และเท้า (numbness) คันตามผิวหนัง (itch) ตาพร่ามัว (blurred vision) ภาวะการเคลื่อนไหวไม่ประสานกัน (ataxia) อาการประสาทรับรู้รสชาติผิดปกติโดยผู้ป่วยจะรับรู้แต่รสโลหะ (metallic taste) และมีอาการกลับความรู้สึกร้อนเย็น (unusual temperature perception disturbances) โดยเป็นอาการที่เมื่อสัมผัสของร้อนก็รู้สึกว่ายเย็นและเมื่อสัมผัสของเย็นก็รู้สึกว่ายร้อน ซึ่งจะมีอาการทางระบบประสาทเหล่านี้ อาจมีอาการอยู่เพียงไม่กี่ชั่วโมงหรืออาจมีอาการนานเป็นสัปดาห์ นอกจากนี้ผู้ป่วยบางรายยังมีการหัวใจเต้นช้ากว่าปกติ (bradycardia) ความดันเลือดต่ำ (hypotension) เป็นต้น และผู้ป่วยอาจแสดงอาการทั้งหมดหรืออาจแสดงเพียงบางอาการ (Lehane and Lewis, 2000; Skinner et al., 2011; Saraya et al., 2014)

### 2.3.3 สารชีวพิษอื่นๆ

นอกจากสารชีวพิษกลุ่ม DSP กับ CFP แล้วยังมีรายงานพบสารชีวพิษประเภท Neurotoxin ซึ่งประกอบด้วยสารชีวพิษ Pinnatoxin (PnTXs) และอนุพันธ์ จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Vulcanodinium* (Nezan and Chomerat, 2011; Rhodes et al., 2011) สารชีวพิษ Hemolytic toxin และ Ichthyotoxins จากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Amphidinium* (Yasumoto et al., 1987; Murray et al., 2015) ซึ่งเหตุการณ์ปลาดายเป็นจำนวนมากในระหว่างปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจากไดโนแฟลกเจลเลตอาจเนื่องมาจากการทำงานร่วมกันของสารชีวพิษ (Khan et al., 1997; Hallegraeff et al., 1998)

### 2.3.4 รายงานการพบผู้ป่วยที่ได้รับสารชีวพิษในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย มีรายงานผู้ป่วยที่มีอาการได้รับสารชีวพิษ CFP ทั้งหมด 7 ราย โดยเดือนมกราคม พ.ศ. 2527 มีรายงานผู้ป่วย 1 รายซึ่งเป็นชาวอิตาลี เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 มีรายงานผู้ป่วย 2 รายในกรุงเทพฯ และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 มีรายงานผู้ป่วย 4 รายในจังหวัดภูเก็ต โดยผู้ป่วยชาวอิตาลีเริ่มมีอาการหลังจากบริโภคปลาทะเลในประเทศไทย (Sozzi et al., 1988) ผู้ป่วย 2 รายในกรุงเทพฯ เริ่มมีอาการหลังจากบริโภคปลากะพง (sea bass) 30 ถึง 60 นาที ผู้ป่วย 4 รายใน

จังหวัดภูเก็ต เริ่มมีอาการหลังจากบริโภคปลากะพงแดง (red snapper) 2 ถึง 4 ชั่วโมง ผู้ป่วยมีอาการชาที่บริเวณรอบปากและลิ้น ต่อมามีอาการชาที่มือและเท้าทั้งสองข้างในเวลาไม่กี่ชั่วโมง เวียนศีรษะ หมดสติ ซึ่งผู้ป่วยหนึ่งรายในกรุงเทพฯ มีภาวะการหายใจล้มเหลวเฉียบพลัน ประกอบกับอาการทางระบบประสาท ชา วิงเวียน เคลื่อนไหวไม่ประสานกัน และบางรายมีอาการประสาทรับรู้รสชาติผิดปกติขึ้นไป (Saraya et al., 2014)

## 2.4 การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเล

การศึกษาคือความเป็นไปได้ที่บริเวณหญ้าทะเลจะเป็นแหล่งของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพิษ ยังมีอยู่น้อย (Ballantine et al., 1985; Foden et al., 2005; Maranda et al., 2007) ดังรูปที่ 8 โดยการศึกษาในต่างประเทศ มีการสำรวจเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบริเวณเกาะซานแอนเดรส ประเทศโคลัมเบีย พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Prorocentrum* และ *Ostreopsis* ซึ่งเกือบทั้งหมดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพิษพบอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล (Rodriguez et al., 2010) การศึกษาในประเทศอินเดียพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 5 สกุล *Amphidinium*, *Coolia*, *Ostreopsis*, *Polykrikos* และ *Prorocentrum* โดยมี *Prorocentrum lima* เป็นชนิดเด่น (Mounir et al., 2013; Mabrouk et al., 2014) การศึกษาประชากร *Prorocentrum* ในประเทศฟิลิปปินส์ พบ *Prorocentrum* 6 ชนิด บนใบหญ้าคาทะเล โดยมี *Prorocentrum lima* เป็นชนิดเด่น (Marasigan et al., 2001) การศึกษาในประเทศมาเลเซียพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 7 สกุล *Amphidinium*, *Bysmatrum*, *Coolia*, *Gambierdiscus*, *Ostreopsis*, *Prorocentrum* และ *Sinophysis* โดยพบ *Prorocentrum lima* ในทุกพื้นที่ที่ทำการศึกษา (Mohammad-Noor et al., 2004; Mohammad-Noor et al., 2016) นอกจากนี้บริเวณ Mosquito Lagoon ในรัฐฟลอริดา เคยมีรายงานการตายของเต่าตนุจำนวน 60 ตัว โดยเมื่อวิเคราะห์ลำไส้ของซากเต่าตนุที่แช่แข็งพบว่าอาหารหลักคือหญ้าทะเล จึงตั้งข้อสันนิษฐานว่าเป็นเพราะเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Prorocentrum* ที่เป็นพิษอยู่ในแหล่งหญ้าทะเลนั้น (Holloway - Adkins and Ehrhart, 2002)

## 2.5 การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย Schmidt (1902) ได้ทำการสำรวจเก็บตัวอย่างพืชเพื่อการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานในบริเวณเกาะช้าง ในปี พ.ศ. 2445 ถึง พ.ศ. 2446 และมีรายงานการพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตครั้งแรก คือ *Ostreopsis siamensis* ต่อมา อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบุรณ์ และคณะ

(2545) ได้ทำการวิจัยสาหร่ายหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนและระบบนิเวศชายฝั่งในประเทศไทย รายงานพบ *Ostreopsis* sp., *Gambierdiscus* sp. และ *Gambierdiscus toxicus* ในบ่อเลี้ยงกุ้ง



**รูปที่ 8** ประเทศที่มีรายงานการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเล โดยสีส้ม คือ ประเทศโคลัมเบีย สีฟ้า คือ ประเทศตูนีเซีย สีม่วง คือ ประเทศไทย สีเหลือง คือประเทศมาเลเซีย สีเขียว คือ ประเทศฟิลิปปินส์

อำเภอแกลง จังหวัดระยอง และพบในป่าชายเลนบ้านคลองโคกน จังหวัดสมุทรสงคราม และมีการศึกษาของ วิทยุฒิ ศันตวิษยะ (2552) ที่ศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร พบ *Prorocentrum* spp. นอกจากนี้ Tawong (2014) ได้ทำการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis*, *Gambierdiscus* และ *Coolia* ในประเทศไทย รายงานพบที่ฝั่งอ่าวไทยใน 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด และชุมพร ฝั่งอันดามันพบใน 2 จังหวัด ได้แก่ พังงา และภูเก็ต โดยมีความหนาแน่นเซลล์ของ *Ostreopsis* spp. เป็น 0.140 ถึง 174 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่ *Gambieridiscus* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เป็น 0.050 ถึง 3.230 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่ และ *Coolia* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เป็น 0.200 ถึง 47.040 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่ และรายงานว่าสกุล *Ostreopsis* มีความชุกชุมมากที่สุดที่ฝั่งอ่าวไทย ที่อ่าวคังวิมาน จังหวัดจันทบุรี (มีความหนาแน่นเซลล์เท่ากับ 174 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่) แต่สกุล *Gambierdiscus* และ *Coolia* มีความชุกชุมมากที่สุดที่ฝั่งอันดามัน บริเวณอ่าวตังเซ็น จังหวัดภูเก็ต

(มีความหนาแน่นเซลล์เท่ากับ 3.230 และ 47.040 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่ตามลำดับ) รวมทั้ง โสภา สมบูรณ์ และคณะ (2559) ทำการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis*, *Prorocentrum* และ *Gambierdiscus* บริเวณเกาะรีนและเกาะจาน จังหวัดชลบุรี จาก screen ไนลอน สาหร่ายสีแดง (*Amphirea* sp.) และฟองน้ำแจกันน้ำเงิน (*Haliclona* sp.) พบว่าสกุล *Ostreopsis* เป็นสกุลเด่น รองลงมาคือสกุล *Prorocentrum* และ *Gambierdiscus* ตามลำดับ

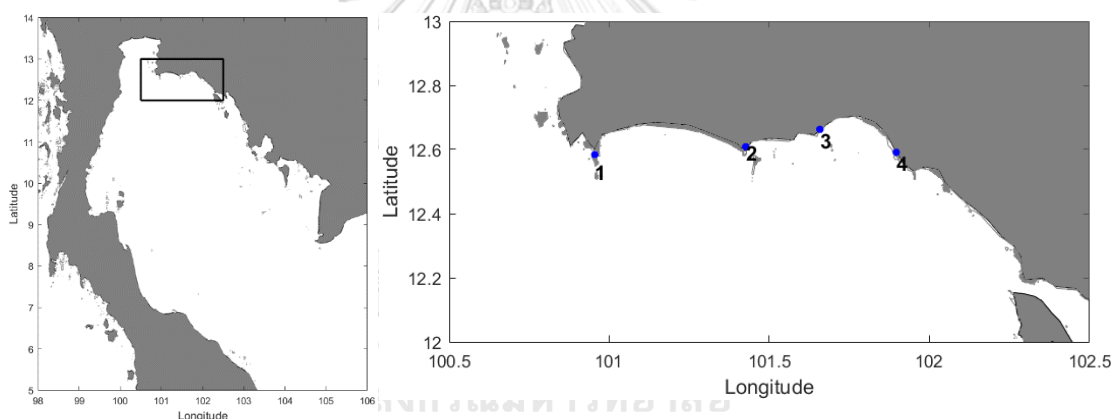
การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตให้แหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทยโดย อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ (2545) พบ *Prorocentrum lima* บนใบหญ้าทะเล ในอ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี และพบ *Coolia tropicalis* ในแนวหญ้าทะเลที่เกาะสุรินทร์ จังหวัดพังงา และรายงานการศึกษาของ ภาณุ จารุลักขณา และ รุจิณาจ ศรีวุ่น (2555) ซึ่งทำการศึกษาความหลากหลายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนใบหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) บริเวณแหลมหยงหล้า อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล ได้แก่ *Coolia*, *Gambierdiscus*, *Prorocentrum* และ *Sinophysis* โดยพบสกุล *Prorocentrum* เป็นสกุลเด่น รองลงมาคือ *Sinophysis* และ *Coolia* ตามลำดับ

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

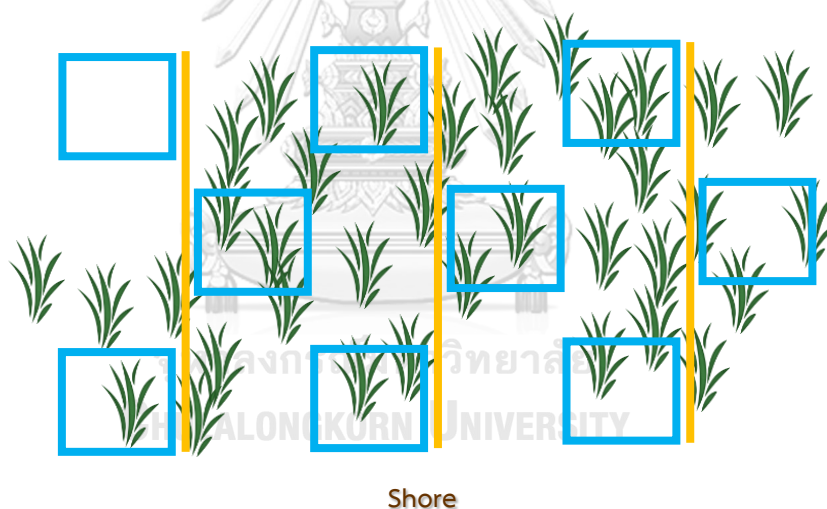
พื้นที่ศึกษาคือแนวหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก 4 สถานี ได้แก่ แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะเสม็ดสาร จังหวัดชลบุรี ( $12^{\circ}35'02.0''\text{N}$ ;  $100^{\circ}57'17.1''\text{E}$ ) แหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพ ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง ( $12^{\circ}36'30.0''\text{N}$ ;  $101^{\circ}25'33.2''\text{E}$ ) แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหน้าหมู่บ้านร็อคคาร์เด็น อ่าวเพ จังหวัดระยอง ( $12^{\circ}39'46.2''\text{N}$ ;  $101^{\circ}39'28.2''\text{E}$ ) และแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี ( $12^{\circ}35'27.9''\text{N}$ ;  $101^{\circ}53'47.2''\text{E}$ ) ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 สถานีเก็บตัวอย่างในแหล่งหญ้าทะเล โดย สถานีที่ 1 คือ หมู่เกาะเสม็ดสาร จังหวัดชลบุรี, สถานีที่ 2 คือ ชายฝั่งบ้านเพ ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง, สถานีที่ 3 คือ หมู่บ้านร็อคคาร์เด็น อ่าวเพ จังหวัดระยอง และ สถานีที่ 4 คือ อ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี

ทำการวาง line transect 3 เส้น ตั้งฉากกับชายฝั่งให้ครอบคลุมแหล่งหญ้าทะเล โดยหมู่เกาะเสม็ดสารวาง line transect ยาว 17 เมตร แต่ละเส้นห่างกัน 10 เมตร ชายฝั่งบ้านเพวาง line transect ยาว 25 เมตร แต่ละเส้นห่างกัน 15 เมตร หมู่บ้านร็อคคาร์เด็นวาง line transect ยาว 15 เมตร แต่ละเส้นห่างกัน 10 เมตร และอ่าวคู้กระเบนวาง line transect ยาว 25 เมตร แต่ละเส้นห่าง

กัน 15 เมตร แล้ววางแปลงตัวอย่าง (quadrat) ขนาด 50x50 เซนติเมตร จำนวน 3 แปลงต่อ 1 line transect ดังรูปที่ 10 จากนั้นวางแผ่นตาข่าย (screen trap) ในทุกแปลงตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตจากใบหญ้าทะเล หน้าดิน และแผ่นตาข่าย ในทุกแปลงตัวอย่าง เพื่อศึกษาความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ต่างๆ ในระบบนิเวศหญ้าทะเล ทำการเก็บตัวอย่างพื้นที่ละ 2 รอบ โดยฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ได้เก็บตัวอย่างที่หมู่เกาะแสมสารในวันที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เก็บตัวอย่างที่ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคังกระเบนในวันที่ 7-8 มิถุนายน พ.ศ. 2559 และในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้เก็บตัวอย่างที่หมู่เกาะแสมสารในวันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2560 เก็บตัวอย่างที่ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคังกระเบนในวันที่ 3-4 ธันวาคม พ.ศ. 2559 และทำการวัดปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพบางประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรดเบส (pH) เพื่อทราบปัจจัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐานของบริเวณที่มีเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกระจายอยู่



รูปที่ 10 ผังแสดงการวาง line transect ในพื้นที่ศึกษา โดยเส้นสีเหลืองแทน line transect และกรอบสี่เหลี่ยมสีฟ้าแทนแปลงตัวอย่าง

### 3.1.1 การเก็บตัวอย่างจากใบหญ้าทะเล

จากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 50x50 เซนติเมตร จำนวน 9 แปลง ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายรูป Olympus Tough TG-3 ในแปลงตัวอย่างเพื่อใช้คำนวณเปอร์เซ็นต์ครอบคลุมของหญ้าทะเลแต่ละชนิด เก็บตัวอย่างใบหญ้าทะเลโดยแยกชนิดของหญ้าทะเลใส่ในกระบอกพลาสติก ทำการเขย่าอย่างรุนแรง 1 นาที เพื่อให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหลุดจากใบหญ้าทะเล นำตัวอย่างมากรองด้วย sieve ขนาด 200 และ 100 ไมโครเมตร ตามลำดับ เพื่อกรองอนุภาคขนาดใหญ่ออกแล้วแยกส่วนใบหญ้าทะเลไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง ND electronic balance รุ่น ER-180A สุ่มวัดขนาดใบหญ้าทะเลจำนวน 25 ใบด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิทัลแล้วคำนวณหาพื้นที่ผิวใบหญ้าทะเลโดยเฉลี่ยของแต่ละชนิด สุกท้ายกรองด้วย sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร (Shah et al., 2013) ดูดน้ำที่เหลือบน sieve มาสู่มันับจำนวนเซลล์เพื่อหาความหนาแน่นเซลล์ และคัดแยกเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตด้วยเทคนิค pasture pipette single cell isolate จากนั้นนำน้ำทะเลกรองส่วนที่เหลือมาทำการเก็บรักษาด้วย iodine lugol's solution 3%

### 3.1.2 การเก็บตัวอย่างพื้นดินตะกอน

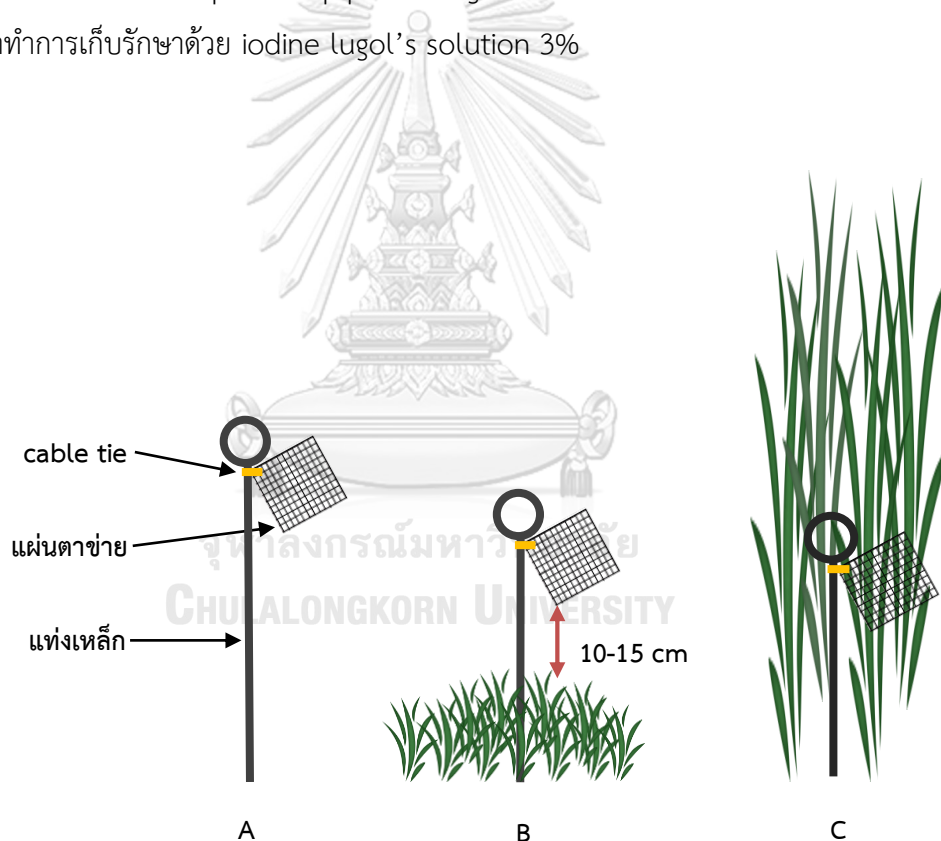
จากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 50x50 เซนติเมตร จำนวน 9 แปลง ทำการตักพื้นผิวดินด้วยช้อนพลาสติกขนาด 7x10 เซนติเมตร แบ่งตะกอนเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน นำดินตะกอนส่วนแรกมาใส่ในขวดพลาสติกที่มีน้ำทะเลกรองไปทำการ sonicate เพื่อแยกเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตออกจากตะกอนด้วย Branson sonicator bath model 1210 เป็นเวลา 10 ถึง 15 วินาที แล้วกรองด้วย sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร (Vila et al., 2001) แยกส่วนดินไปชั่งน้ำหนักเปียก ดูดน้ำที่เหลือบน sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร มาสู่มันับจำนวนเซลล์เพื่อหาความหนาแน่นเซลล์ และการคัดแยกเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตด้วยเทคนิค pasture pipette single cell isolate จากนั้นนำน้ำทะเลกรองส่วนที่เหลือมาทำการเก็บรักษาด้วย iodine lugol's solution 3%

นำดินตะกอนส่วนที่สองมาทำการเขย่าอย่างรุนแรง 1 นาที เพื่อให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหลุดจากดินตะกอน กรองด้วย sieve ขนาด 100 ไมโครเมตร เพื่อกรองอนุภาคขนาดใหญ่ออก สุกท้ายกรองด้วย sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร (Shah et al., 2013) แยกส่วนดินไปชั่งน้ำหนักเปียก ดูดน้ำที่เหลือบน sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร มาสู่มันับจำนวนเซลล์เพื่อหาความหนาแน่นเซลล์ และการคัดแยกเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตด้วยเทคนิค pasture pipette single cell isolate จากนั้นนำน้ำทะเลกรองส่วนที่เหลือมาทำการเก็บรักษาด้วย iodine lugol's solution 3%



### 3.1.3 การเก็บตัวอย่างโดยการวางแผ่นตาข่าย

ผูกแผ่นตาข่ายขนาด 20x20 เซนติเมตร ติดกับแท่งเหล็กด้วย cable tie แล้วปักแท่งเหล็กลงในแปลงส้มตัวอย่างขนาด 50x50 เซนติเมตร ทั้ง 9 แปลง โดยให้แผ่นตาข่ายอยู่สูงกว่าระดับหญ้าทะเลประมาณ 10 ถึง 15 เซนติเมตร ยกเว้นหญ้าคาทะเล *Enthalus acoriodes* ที่ระดับความสูงของแผ่นตาข่ายจะอยู่ที่ประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวใบหญ้าทะเล ดังรูปที่ 11 ทั้งแผ่นตาข่ายไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วจึงเก็บแผ่นตาข่ายนำมาใส่ในขวดพลาสติกที่มีน้ำทะเลกรอง แล้วทำการเขย่าอย่างรุนแรง 1 นาที เพื่อให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหลุดจากแผ่นตาข่าย (Tester et al., 2014) นำส่วนน้ำทะเลกรองมารองด้วย sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร ดูน้ำที่เหลือบน sieve ขนาด 20 ไมโครเมตร มาสู่มันับจำนวนเซลล์เพื่อหาความหนาแน่นเซลล์ และการคัดแยกเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตด้วยเทคนิค pasture pipette single cell isolate จากนั้นนำน้ำทะเลกรองส่วนที่เหลือมาทำการเก็บรักษาด้วย iodine lugol's solution 3%



รูปที่ 11 การเก็บตัวอย่างด้วยแผ่นตาข่ายในแหล่งหญ้าทะเล โดย A แสดงแผ่นตาข่ายที่ผูกติดกับแท่งเหล็ก B แสดงการปักแท่งเหล็กในแหล่งหญ้าทะเล และ C แสดงการปักแท่งเหล็กในแหล่งหญ้าคาทะเล *Enthalus acoriodes*

### 3.2 การแยกและเพาะเลี้ยงเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Tawong (2014) พบว่าเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบางสกุล มีความหนาแน่นเซลล์เพียง 0.050 ถึง 3.230 เซลล์ต่อ 1 กรัม น้ำหนักเปียกของสาหร่ายขนาดใหญ่ ซึ่งอาจทำให้ไม่เพียงพอต่อการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ จึงมีความสำคัญในงานวิจัยนี้ โดยนำเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่ทำการคัดแยกด้วยเทคนิค pasture pipette single cell isolate มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนด้วยอาหารเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชสูตร T1 (Ogata et al., 1986) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (หน้า 82-83) ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง  $54 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ช่วงมืด : ช่วงสว่าง เท่ากับ 12 : 12 ชั่วโมง และทำการเปลี่ยนอาหารทุกๆ 15 วัน จนเสร็จสิ้นการวิจัย

### 3.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา

เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือกสามารถศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง หรือด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สำหรับกลุ่มที่มีแผ่นเปลือกสามารถศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้ 3 วิธี คือ เทคนิคการแยกองค์ประกอบของแผ่นเปลือก เทคนิค epifluorescence และ การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดย การศึกษาด้วยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของแผ่นเปลือก กับ เทคนิค epifluorescence ทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการ ชั้น 7 ห้อง 730 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดทำการศึกษาที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 3.3.1 การศึกษาด้วยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของแผ่นเปลือก (thecal dissociation)

ใช้ pasture pipette ดูดตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตจากการคัดแยกมาหยดลงบนสไลด์ที่มีน้ำทะเลกรอง 1 หยด ปิด cover slip แล้วค้นหาเซลล์เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต เมื่อพบเซลล์ใช้เข็มเขี่ยกดลงบน cover slip เบาๆ เพื่อแยกส่วนที่เป็นแผ่นเปลือกออกจาก protoplasm จากนั้นหยด 5 ถึง 10% sodium hypochlorite ลงที่มุม cover slip และใช้กระดาษทิชชูชุบน้ำที่มุม cover slip ด้านตรงข้าม แล้วหยดด้วยสีย้อม (สีย้อมประกอบด้วย Iodine 2.6 กรัม Potassium Iodide 5 กรัม และ Chloral Hydrate 4 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตรรวม 10 มิลลิลิตร) ลงที่มุม cover slip และใช้กระดาษทิชชูชุบน้ำที่มุม cover slip ด้านตรงข้ามเช่นกัน เพื่อย้อมสีให้สามารถมองเห็นได้ง่ายขึ้น (พรศิลป์ ผลพันธิน, 2536) ส่องดูองค์ประกอบของแผ่นเปลือกด้วยกล้องจุลทรรศน์ OLYPUS CX31 แล้วถ่ายภาพด้วยกล้อง CANON EOS 600D

### 3.3.2 การศึกษาด้วยเทคนิค epifluorescence

เตรียมสภาพเซลล์ด้วยฟอร์มาลิน 2% แล้วเติมสารเรืองแสง calcoflour white เข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในอัตราส่วน calcoflour white 0.2 มิลลิลิตรต่อปริมาตรตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปแช่เย็นประมาณหนึ่งชั่วโมงครึ่ง แล้วใช้ pasture pipette ดูดน้ำตัวอย่างเบนทิก-ไดโนแฟลกเจลเลตที่ย้อมด้วยสารเรืองแสงมาหยดลงบนสไลด์ ปิด cover slip แล้วซับน้ำที่เกินออก จาก cover slip (Fritz and Triemer, 1985) นำมาส่องดูองค์ประกอบของแผ่นเปลือกและถ่ายภาพ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ Nikon Eclipse Ni-U ที่ต่อกับเครื่องให้กำเนิดแสง fluorescence ที่มีแหล่งกำเนิดแสง UV เพื่อทำให้สาร calcoflour white ที่ติดอยู่บนแผ่นเปลือกเรืองแสงสีฟ้า

### 3.3.3 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM)

กรองตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตจากการเพาะเลี้ยงด้วยกระดาษกรอง GF/F ทำการเตรียม series alcohol ที่ความเข้มข้น 25% 50% 75% 90% และ absolute alcohol ตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่ผ่านการกรองมาแช่ใน series alcohol จากความเข้มข้นต่ำไปความเข้มข้นสูง โดยแช่ที่ความเข้มข้นละ 15 นาที เพื่อดึงน้ำออกจากเซลล์ เก็บรักษาตัวอย่างใน absolute alcohol แล้วนำไปทำให้คงรูปร่างด้วยเครื่อง CPD (critical point dry) (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ, 2545) ซึ่งจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เหลวมาแทนที่น้ำภายในเซลล์ทำให้ตัวอย่างคงรูปร่าง ตัวอย่างที่เตรียมสภาพเซลล์แล้วจะมีลักษณะแบบ powder specimen นำมาเกาะใส่ กระดาษสไลด์ที่ติดไว้บน stub จากนั้นนำไปฉาบทองด้วยเครื่อง Gold coater แล้วจึงนำมาศึกษา ลักษณะแผ่นเปลือกด้วยเครื่อง scanning electron microscope SEM-EDS 6610LV

## 3.4 การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ความชุกชุมเชิงคุณภาพของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตด้วยดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) โดย Shannon - Weiner index ( $H'$ ) จากสูตร

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

- เมื่อ  $H'$  คือ ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Weiner  
 $p_i$  คือ สัดส่วนจำนวนเซลล์ของสกุลที่  $i$  เทียบกับกับจำนวนเซลล์ทั้งหมด ( $N$ ) โดย  
 $p_i = n_i/N$  เมื่อ  $i = 1, 2, 3, \dots, S$   
 $S$  คือ จำนวนสกุลที่พบ

และดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (Evenness index) โดย Pielou's evenness index จากสูตร

$$E_H = \frac{H'}{\ln(S)}$$

- เมื่อ  $E_H$  คือ ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดของ Pielou  
 $H'$  คือ ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Weiner  
 $S$  คือ จำนวนสกุลที่พบ

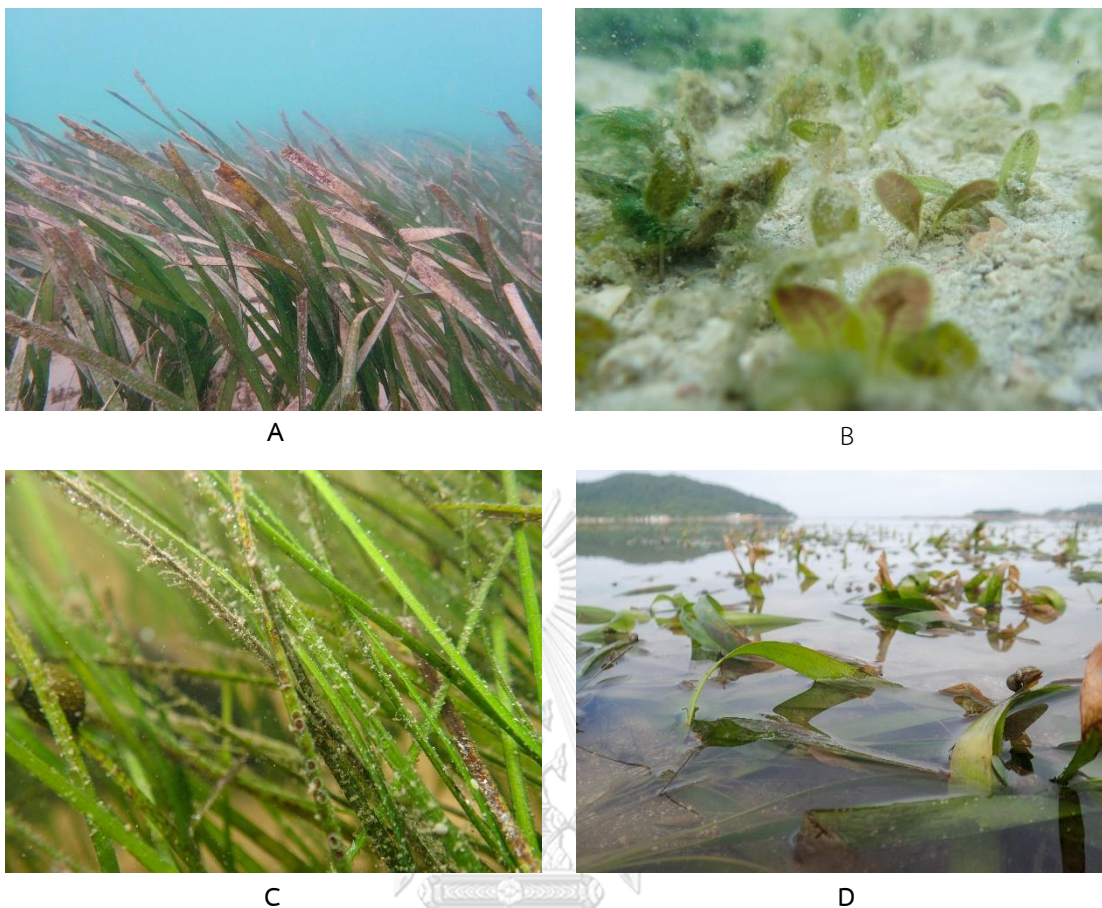
ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Shapiro - Wilk แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate แต่ละชนิดด้วย one way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate แต่ละชนิดด้วย Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในกรณีที่จำนวนตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่สุ่มเก็บได้ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย one way ANOVA จะใช้วิธีวิเคราะห์ความแตกต่างของความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ด้วย independent sample t-test

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ

พื้นที่ศึกษาแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกทั้ง 4 บริเวณ พบหญ้าทะเลทั้งหมด 3 ชนิด คือ หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าใบมะกรูดแคระ (*Halophila minor*) และหญ้ากุ่มชายฝั่ง (*Halodule pinifolia*) โดยแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะเสม็ดสาร จังหวัดชลบุรี พบหญ้าทะเล 2 ชนิด คือ หญ้าคาทะเลและหญ้าใบมะกรูดแคระ ซึ่งหญ้าคาทะเลมีขนาดใบเฉลี่ยกว้าง  $1.19 \pm 0.09$  เซนติเมตร ยาว  $32.70 \pm 2.36$  เซนติเมตร พื้นที่ผิวใบเฉลี่ย 78.96 ตารางเซนติเมตร (จำนวนใบเท่ากับ 25 ใบ) หญ้าใบมะกรูดแคระ มีขนาดใบเฉลี่ยกว้าง  $0.50 \pm 0.06$  เซนติเมตร ยาว  $0.85 \pm 0.09$  เซนติเมตร พื้นที่ผิวใบเฉลี่ย 2.66 ตารางเซนติเมตร (จำนวนใบเท่ากับ 25 ใบ) แหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพ ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง และบริเวณหมู่บ้านรือศการ์เดิน อ่าวเพ จังหวัดระยอง พบหญ้าทะเล 1 ชนิด คือ หญ้ากุ่มชายฝั่ง มีขนาดใบเฉลี่ยกว้าง  $0.91 \pm 0.12$  เซนติเมตร ยาว  $8.81 \pm 1.07$  เซนติเมตร พื้นที่ผิวใบเฉลี่ย 16.13 ตารางเซนติเมตร (จำนวนใบเท่ากับ 25 ใบ) แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี พบหญ้าคาทะเล มีขนาดใบเฉลี่ยกว้าง  $1.58 \pm 0.08$  เซนติเมตร ยาว  $73.76 \pm 8.76$  เซนติเมตร พื้นที่ผิวใบเฉลี่ย 234.15 ตารางเซนติเมตร (จำนวนใบเท่ากับ 25 ใบ) ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ชนิดของหญ้าทะเลที่พบในพื้นที่ศึกษา โดย A คือ หญ้าคาทะเล ในบริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี B คือ หญ้าใบมะกรูดแคระ ในบริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี C คือ หญ้ากูดช่วยเข็ม ในบริเวณชายฝั่งบ้านเพ จังหวัดระยอง D คือ หญ้าคาทะเล ในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

หญ้าคาทะเลและหญ้ากูดช่วยเข็มมีการกระจายในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่ศึกษา แต่สำหรับหญ้าใบมะกรูดแคระพบว่าการกระจายในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลักษณะดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารเป็นแบบดินทราย (Sand) ในขณะที่บริเวณพื้นที่ศึกษาอื่นมีลักษณะดินตะกอนเป็นแบบโคลนปนทราย (Sandy clay) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของหญ้าทะเลและประเภทดินตะกอนในพื้นที่ศึกษา

บริเวณศึกษา	หญ้าทะเลที่พบ			ประเภทของดิน ตะกอน
	ชนิด	% ปกคลุม		
		SW	NE	
หมู่เกาะแสมสาร	หญ้ายาคทะเล และ หญ้าใบมะกรูด แคะ	68	72	ทราย
ชายฝั่งบ้านเพ	หญ้ายากชายเข้	68	69	โคลนปนทราย
หมู่บ้านรือคการ์ตัน	หญ้ายากชายเข้	68	69	โคลนปนทราย
อ่าวคั้งกระเบน	หญ้ายาคทะเล	51	73	โคลนปนทราย

\*SW คือ ฤดูฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ NE คือ ฤดูฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิของน้ำทะเลหน้าบริเวณแหล่งหญ้าทะเลทั้ง 4 บริเวณในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อยู่ระหว่าง  $30.4 \pm 0.6$  ถึง  $32.2 \pm 0.3$  องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีอุณหภูมิระหว่าง  $26.5 \pm 0.1$  ถึง  $28.5 \pm 0.1$  องศาเซลเซียส ความเป็นกรดต่างของแต่ละบริเวณในทั้งสองฤดูมรสุมมีค่าอยู่ในช่วง  $7.30 \pm 0.1$  ถึง  $8.24 \pm 0.2$  ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำของแต่ละบริเวณในทั้งสองฤดูมรสุมอยู่ในช่วง  $6.20 \pm 0.1$  ถึง  $6.31 \pm 0.1$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มน้ำทะเลของแต่ละบริเวณในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าแตกต่างกันมาก โดยบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีความเค็มน้ำทะเลสูงสุด รองลงมาคือบริเวณอ่าวคั้งกระเบน ชายฝั่งบ้านเพ และหมู่บ้านรือคการ์ตัน โดยมีความเค็มน้ำทะเลคือ  $34 \pm 0$ ,  $17 \pm 0$ ,  $16 \pm 0$  และ  $5 \pm 0$  psu ตามลำดับ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีความเค็มน้ำทะเลของแต่ละบริเวณอยู่ในช่วง  $31 \pm 0$  ถึง  $34 \pm 0$  psu ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยทางกายภาพ

	หมู่เกาะแสมสาร		ชายฝั่งบ้านเพ	
	SW	NE	SW	NE
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	31.0±0.0	28.2±0.3	32.0±0.0	28.0±0.0
ความเค็ม (psu)	34±0	34±0	16±0	31±0
pH	8.2±0.1	8.3±0.2	7.80±0.1	8.24±0.2
ความลึก (เมตร)	0.33±0.1	2.45±0.2	0.50±0.0	1.57±0.1
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.20±0.0	6.30±0.1	6.18±0.1	6.20±0.1
	หมู่บ้านร็อคคาร์เด็น		อ่าวคู้งกระเบน	
	SW	NE	SW	NE
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	32.2±0.3	26.5±0.1	30.4±0.6	28.5±0.1
ความเค็ม (psu)	5±0	31±0	17±0	31±0
pH	7.30±0.1	8.03±0.2	7.60±0.2	8.12±0.1
ความลึก (เมตร)	0.20±0.0	1.35±0.0	0.16±0.0	2.00±0.2
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.28±0.0	6.31±0.1	6.28±0.0	6.28±0.0

\*SW คือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ NE คือ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

#### 4.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถแบ่งเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก และกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก โดยพบกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก 1 สกุล 2 ชนิด และพบกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก 3 สกุล 7 ชนิด

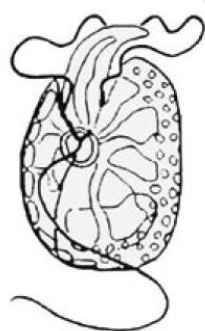


#### 4.2.1 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่ไม่มีแผ่นเปลือก

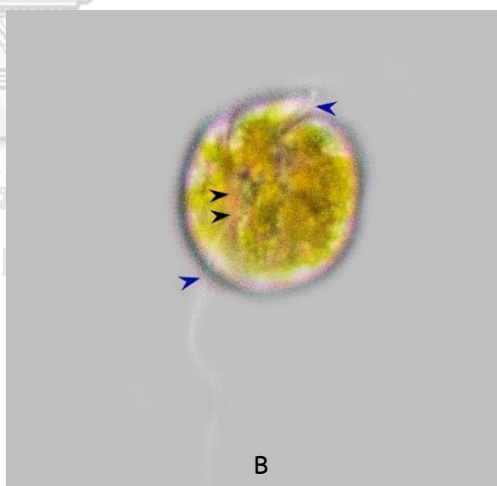
สกุล *Amphidinium* จัดอยู่ในอันดับ Gymnodiniales วงศ์ Gymnodiniaceae ลักษณะสำคัญของสกุลนี้คือ epicone ลดรูปไปมีลักษณะคล้ายลิ้น (tongue-like shape)

##### *Amphidinium carterae* Hulburt (รูปที่ 13)

เซลล์มีลักษณะเป็นรูปร่างรีถึงกลมเมื่อมองจากด้านท้อง โดยเซลล์ที่ไม่เคลื่อนที่ (non-motile cells) จะมีรูปทรงค่อนข้างกลมเมื่อมองจากด้านท้อง เซลล์แบนจากด้านหลังไปทางด้านท้อง (dorsoventrally flattened) นิวเคลียสมีรูปร่างกลมถึงรีอยู่บริเวณด้านท้ายของ hypocone คลอโรพลาสต์สีเหลืองอมน้ำตาลมีลักษณะเป็นรัศมีแผ่ออกจากกลางเซลล์แล้วเชื่อมต่อกับพลาสติดีฟิวเซลล์ (superficial perforated plastid) ซึ่งพลาสติดีฟิวเซลล์นี้มีลักษณะคล้ายแผ่นที่มีรูกระจายอยู่ทั่วแผ่น ทำให้เห็นลักษณะเหมือนเม็ดเล็กๆ บนผิวเซลล์ บริเวณกลางเซลล์มีไพเรินอยด์รูปร่างวงแหวน (starch sheath pyrenoid) ร่องตามยาวมีจุดเริ่มต้นที่บริเวณเกือบกึ่งกลางของเซลล์ใกล้กับจุดเริ่มต้นของร่องตามขวาง และแฟลกเจลลัมเส้นตามยาวมีจุดกำเนิดใกล้กับจุดกำเนิดของแฟลกเจลลัมเส้นตามขวาง ขนาดเซลล์กว้าง  $15.53 \pm 1.12$  ไมโครเมตร ยาว  $20.01 \pm 1.56$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)

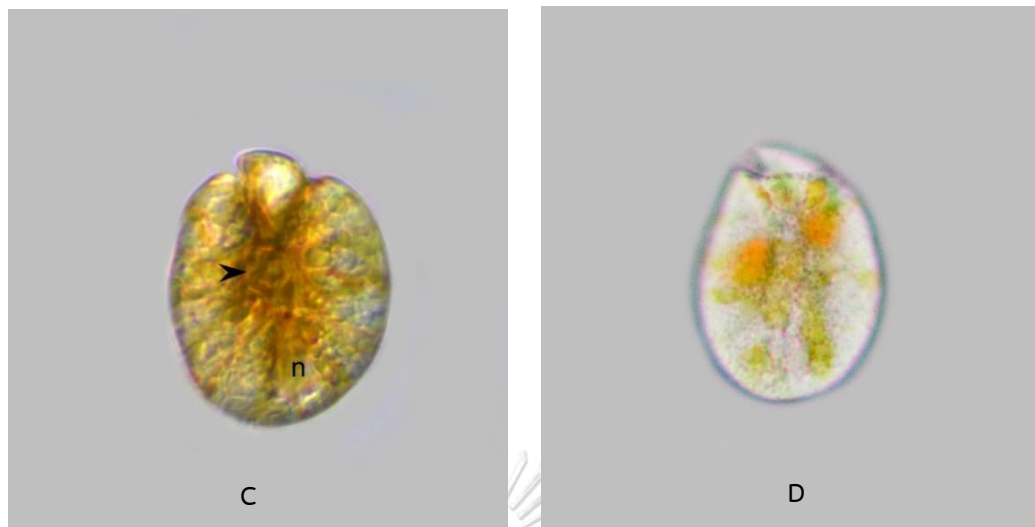


A



B

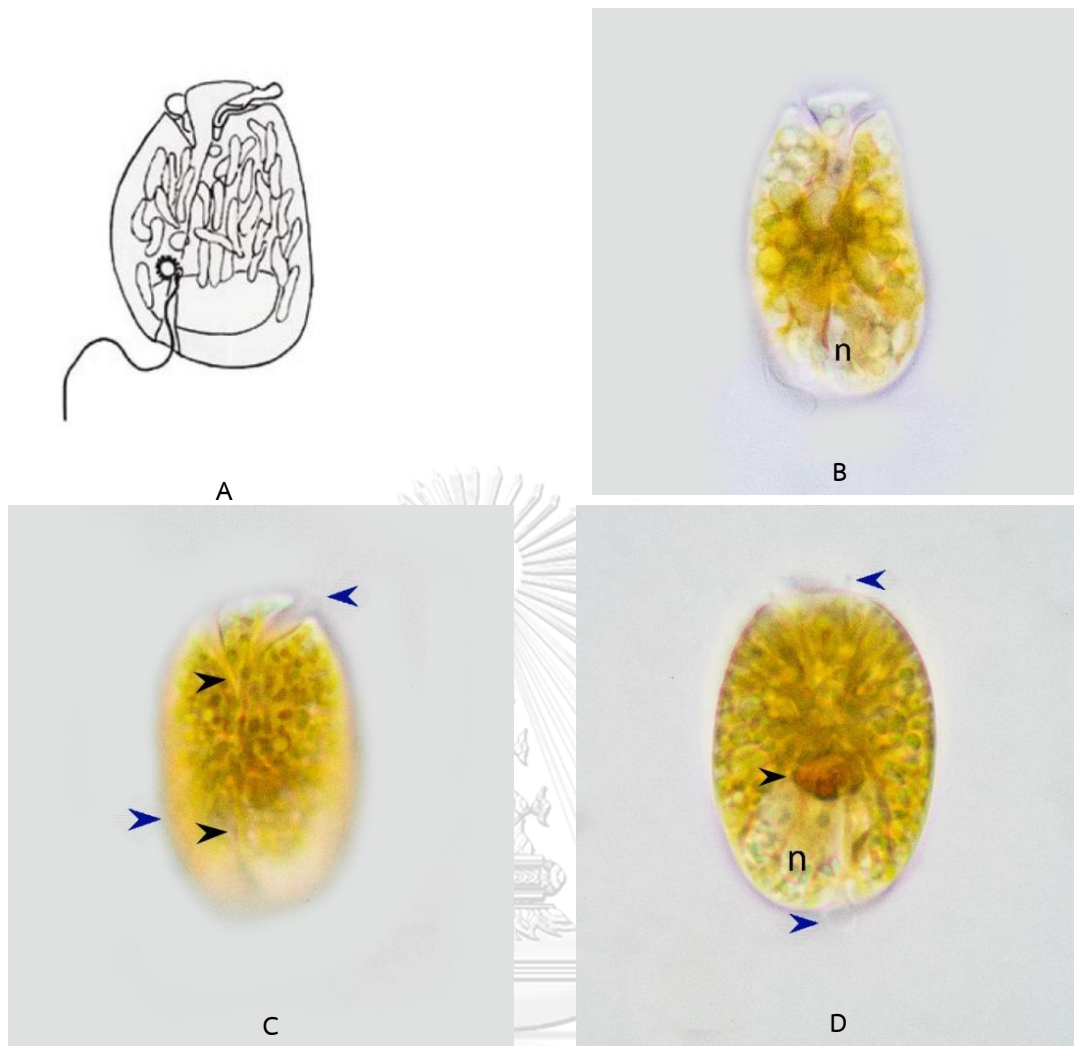
รูปที่ 13A *Amphidinium carterae* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Amphidinium carterae* (Murray et al., 2004) B รูปถ่าย light microscope แสดงด้านท้อง ปลายหัวสีดำ แสดงจุดเริ่มต้นของร่องตามยาวและจุดเริ่มต้นของร่องตามขวาง ปลายหัวครีน้ำเงินแสดงแฟลกเจลลาตามขวางและแฟลกเจลลาตามยาว



รูปที่ 13B *Amphidinium carterae* โดย C รูปถ่าย DIC แสดงลักษณะคลอโรพลาสต์แผ่เป็นรัศมีปลายหัวศรดำแสดงไพรีนอยด์รูปร่างวงแหวน และ n คือ นิวเคลียส D รูปถ่าย light microscope แสดงพลาสติกผิวเซลล์ซึ่งทำให้เห็นลักษณะเหมือนเม็ดเล็กๆ บนผิวเซลล์

*Amphidinium operculatum* Claparede and Lachmann (รูปที่ 14)

เซลล์มีลักษณะเป็นทรงรียาวเมื่อมองจากทางด้านท้อง เซลล์แบนจากด้านหลังไปทางด้านท้อง ส่วน hypocone ไม่สมมาตรโดยด้านขวาจะค่อนข้างโค้งนูนกว่าด้านซ้ายเมื่อมองจากทางด้านท้อง นิวเคลียสมีรูปร่างกลมถึงรีไข่ตั้งอยู่บริเวณค่อนข้างไปทางด้านท้ายของ hypocone ร่วมกับคลอโรพลาสต์รูปร่างแท่งสีเหลืองอมน้ำตาล ร่องตามยาวมีจุดเริ่มต้นที่ส่วน 1 ใน 3 บริเวณด้านล่างของเซลล์ และร่องตามยาวจะค่อยๆ ขยายกว้างขึ้นจนถึงจุดปลายด้านท้ายของ hypocone ร่องตามขวางรอบ epicone ลึก ขนาดเซลล์กว้าง  $33.71 \pm 4.82$  ไมโครเมตร ยาว  $50.03 \pm 3.98$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 14 *Amphidinium operculatum* โดยปลายหัวครน้ำเงินแสดงแฟลกเจลลาตามขวางและแฟลกเจลลาตามยาว A แสดงรูปลายเส้นของ *Amphidinium operculatum* (Murray et al., 2004) B ถึง D รูปถ่าย light microscope โดย B แสดงส่วน hypocone ที่ไม่สมมาตรกัน และ n คือ นิวเคลียส C แสดงด้านท้อง ปลายหัวครดำแสดงจุดเริ่มต้นของร่องตามยาวและจุดเริ่มต้นของร่องตามขวาง และ D คือด้านหลัง แสดงลักษณะคลอโรพลาสต์รูปร่างแท่ง ปลายหัวครดำแสดงไพรีนอยด์ และ n คือ นิวเคลียส

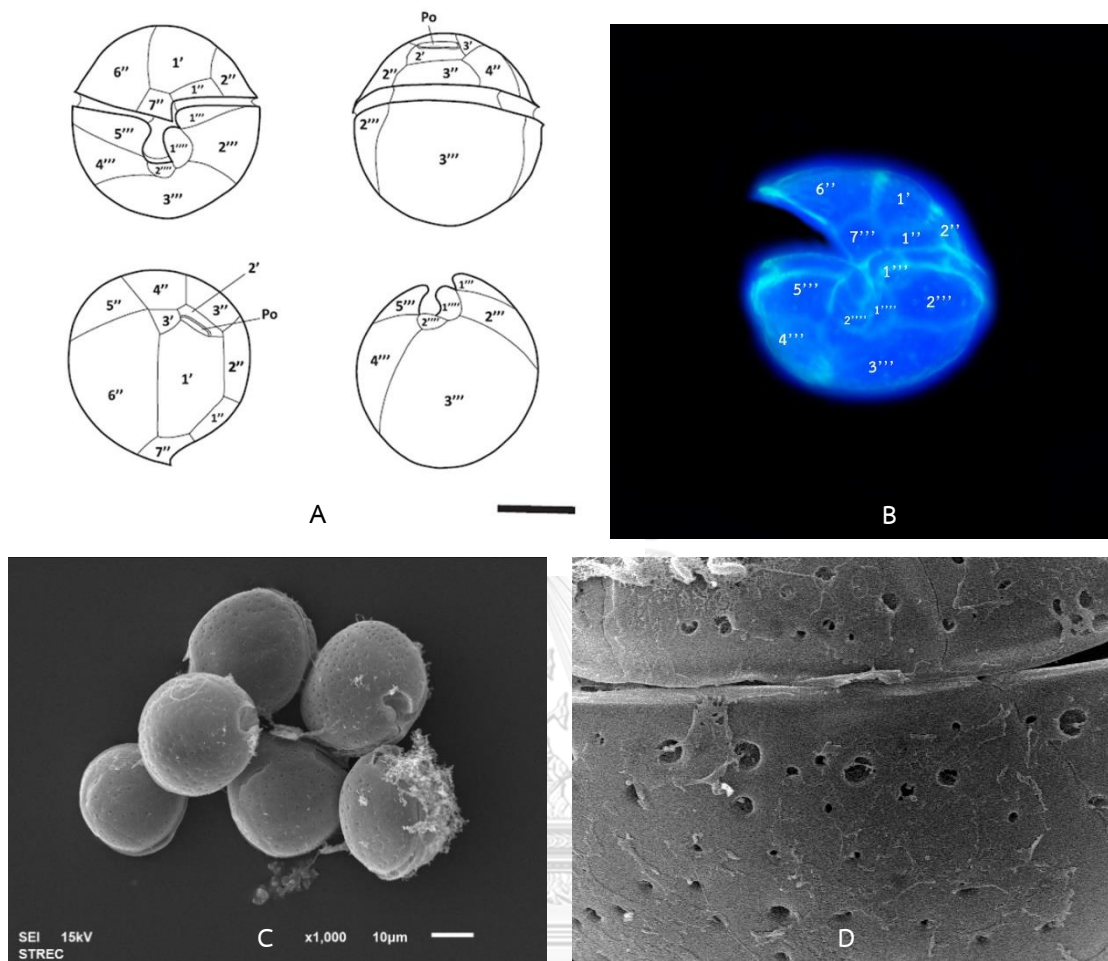
#### 4.2.2 เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่มีแผ่นเปลือก

สกุล *Coolia* จัดอยู่ในอันดับ Peridiniales วงศ์ Thoracosphaeraceae สกุลนี้จะว่ายน้ำเข้ามีคลอโรพลาสต์สีน้ำตาลอมส้ม เมื่อมองจากด้านท้องจะเห็นว่าเซลล์มีรูปร่างทรงกลม แต่เมื่อมองจากด้านข้าง (lateral view) จะเห็นว่าเซลล์มีรูปร่างเป็นทรงรี ส่วนของ epitheca มีลักษณะแบนกว่า hypotheca ผิวแผ่นเปลือกเรียบและมีรูไทรโคซิสต์ (trichocyst pores) รูปร่างกลมถึงรีไขกระจายอยู่บนแผ่นเปลือกเซลล์

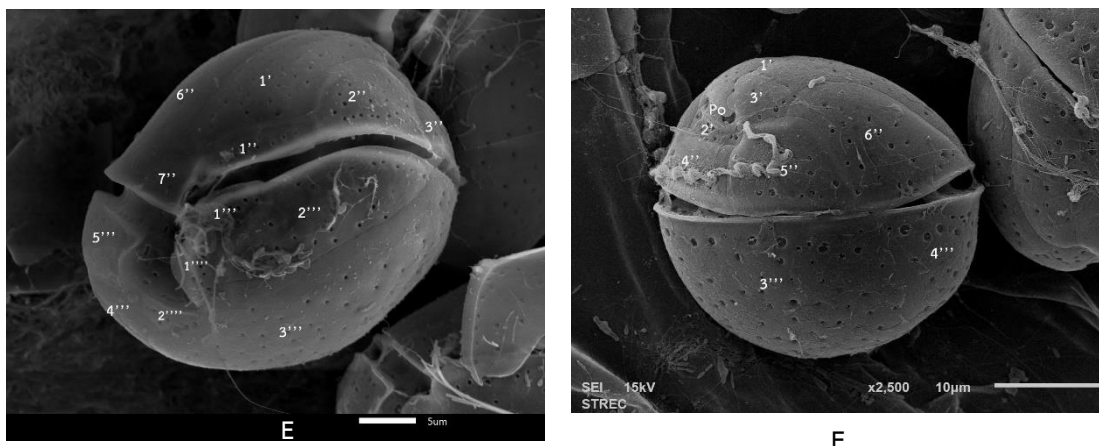
*Coolia* cf. *malayensis* Leaw, Lim and Usup (รูปที่ 15)

มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือก คือ Po, 3', 7'', 5''', 2'''' เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูไทรโคซิสต์ประมาณ 0.3 ไมโครเมตร และมีลักษณะรูพรุนอยู่ในรูไทรโคซิสต์ แผ่นเปลือกย่อย APC ค่อนข้างสั้นและติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 1', 2' และ 3' แผ่นเปลือกย่อย 1' ค่อนข้างแคบ ยาวรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับ 6'' จะเป็นเส้นตรงลงมาจรดกับแผ่นเปลือกย่อย 7'' เมื่อมองจากด้านบน (apical view) แผ่นเปลือกย่อย 7'' เป็นรูปห้าเหลี่ยมเมื่อมองจากด้านท้อง แผ่นเปลือกย่อย 6'' เป็นแผ่นที่มีความกว้างมากที่สุดของ epitheca แผ่นเปลือกย่อย 3''' เป็นแผ่นที่มีความกว้างมากที่สุดและครอบคลุมช่วงกลางของ hypotheca ร่องตามขวางมีลักษณะแคบและยาวตลอดรอบเซลล์ ร่องตามยาวมีลักษณะลึก สั้น ช่วงต้นของร่องตามยาวจะแคบเนื่องจากแผ่นเปลือกย่อย 1'''' ยื่นเข้ามา แต่ช่วงท้ายจะของร่องกว้าง ขนาดเซลล์กว้าง  $30.14 \pm 1.35$  ไมโครเมตร ยาว  $29.65 \pm 1.29$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)

หมายเหตุ Leaw และคณะ (2010) ได้อธิบายไว้ว่าแผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปสี่เหลี่ยมอยู่ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 1', 2' APC, 4'' และ 6'' แต่ไม่ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 5'' แต่ *Coolia* cf. *malayensis* ในการศึกษานี้มีลักษณะแผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปห้าเหลี่ยมและติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 5''



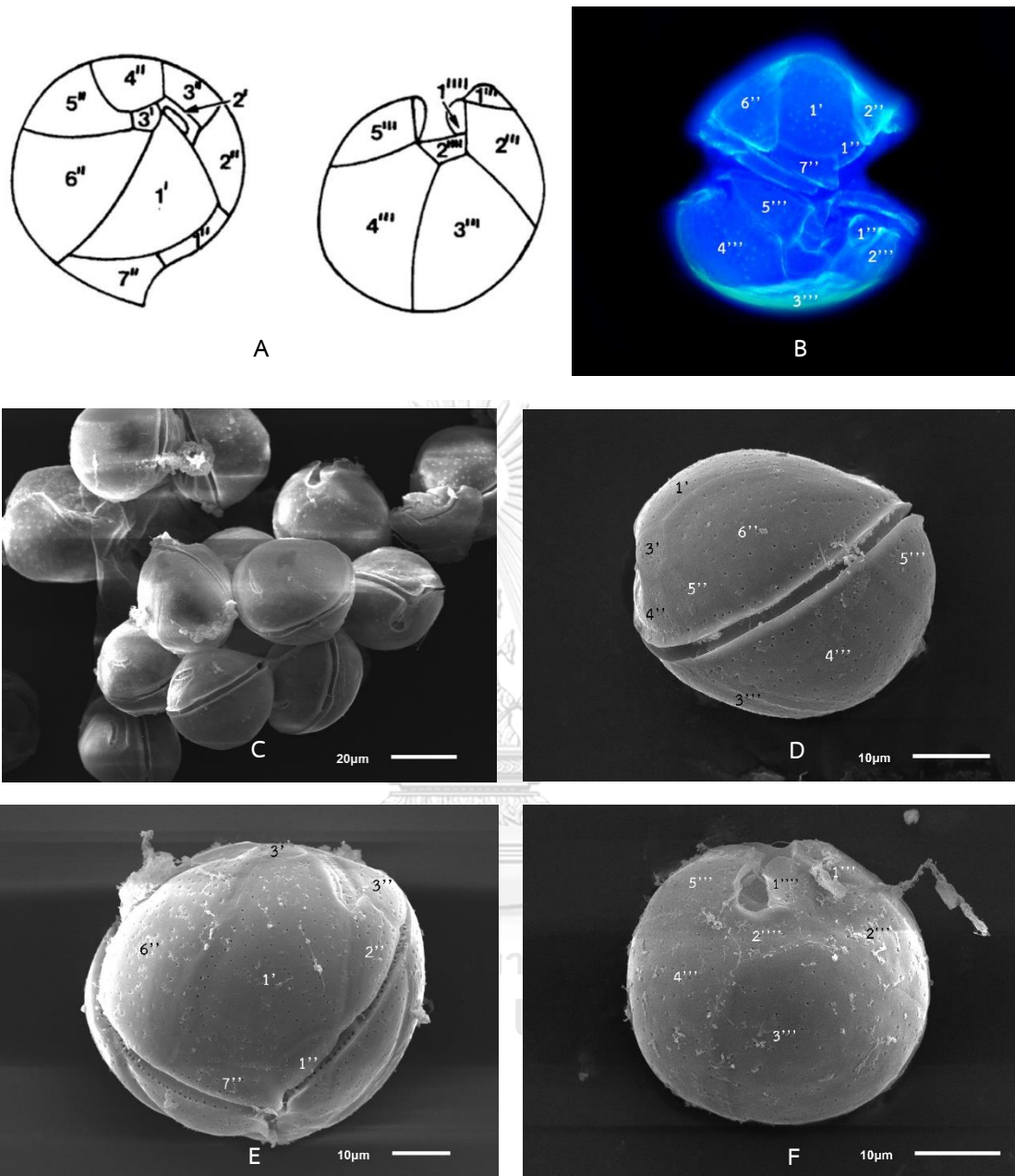
รูปที่ 15A *Coolia cf. malayensis* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Coolia malayensis* โดย scale bar เท่ากับ 10 ไมโครเมตร (Leaw et al., 2010) B คือ รูปถ่าย epifluorescence แสดงด้านท้อง C และ D คือ รูปถ่าย SEM โดย C แสดงกลุ่มเซลล์ และ D แสดงลักษณะรูโตรโคซิสต์กระจายอยู่ทั่วไป และมีลักษณะเป็นรูพรุนอยู่ในรูโตรโคซิสต์



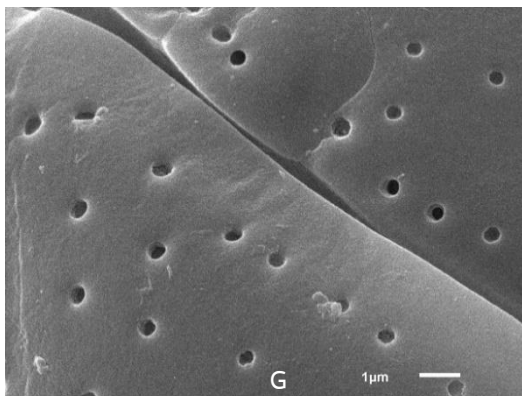
รูปที่ 15B *Coolia cf. malayensis* โดย E และ F คือ รูปถ่าย SEM โดย E แสดงด้านท้อง F แสดงลักษณะแผ่นเปลือกย่อย 3' ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 5'''

#### *Coolia tropicalis* Faust (รูปที่ 16)

มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือกเช่นเดียวกับ *Coolia cf. malayensis* คือ Po, 3', 7'', 5''', 2''', เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูไตรโคซิสต์ประมาณ 0.4 ไมโครเมตร และมีลักษณะรูพรุนอยู่ในรูไตรโคซิสต์ แผ่นเปลือกย่อย APC ค่อนข้างสั้นและติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 1', 2' และ 3' แผ่นเปลือกย่อย 1' ด้านที่ติดกับแผ่นเปลือกย่อย 3' ค่อนข้างแคบและจะค่อยๆ กว้างขึ้นจนถึงด้านที่ติดกับแผ่นเปลือกย่อย 7'' รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับ 6'' จะเฉียงขึ้นจากด้านล่างซ้ายไปทางด้านบนขวาของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน แผ่นเปลือกย่อย 7'' เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองจากด้านท้อง แผ่นเปลือกย่อย 6'' เป็นแผ่นที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของ epitheca สำหรับ hypotheca มีแผ่นเปลือกย่อย 3''' กับ 4''' มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกัน ร่องตามขวางมีลักษณะแคบและยาวตลอดรอบเซลล์ ร่องตามยาวมีลักษณะลึก สั้น ช่วงต้นของร่องตามยาวจะแคบเนื่องจากแผ่นเปลือกย่อย 1'''' ยื่นเข้ามาจากทางด้านขวา กับแผ่นเปลือกย่อย 5''' ยื่นเข้ามาจากทางด้านซ้าย แต่ช่วงท้ายของร่องกว้าง ขนาดเซลล์กว้าง  $49.31 \pm 2.25$  ไมโครเมตร ยาว  $51.53 \pm 2.13$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 16A *Coolia tropicalis* โดย A แสดงรูปลายเส้นของ *Coolia tropicalis* (Faust, 1995) B คือ รูปถ่าย epifluorescence แสดงด้านท้อง C ถึง F คือ รูปถ่าย SEM โดย C แสดงกลุ่ม เซลล์ D แสดงด้านข้าง E แสดง epitheca และ F แสดง hypotheca



รูปที่ 16B *Coolia tropicalis* โดย G คือ รูปถ่าย SEM แสดงผิวแผ่นเปลือกมีลักษณะเรียบ มีรูไทรโคซิสต์กระจายอยู่ทั่วไป และมีรูพรุนอยู่ในรูไทรโคซิสต์

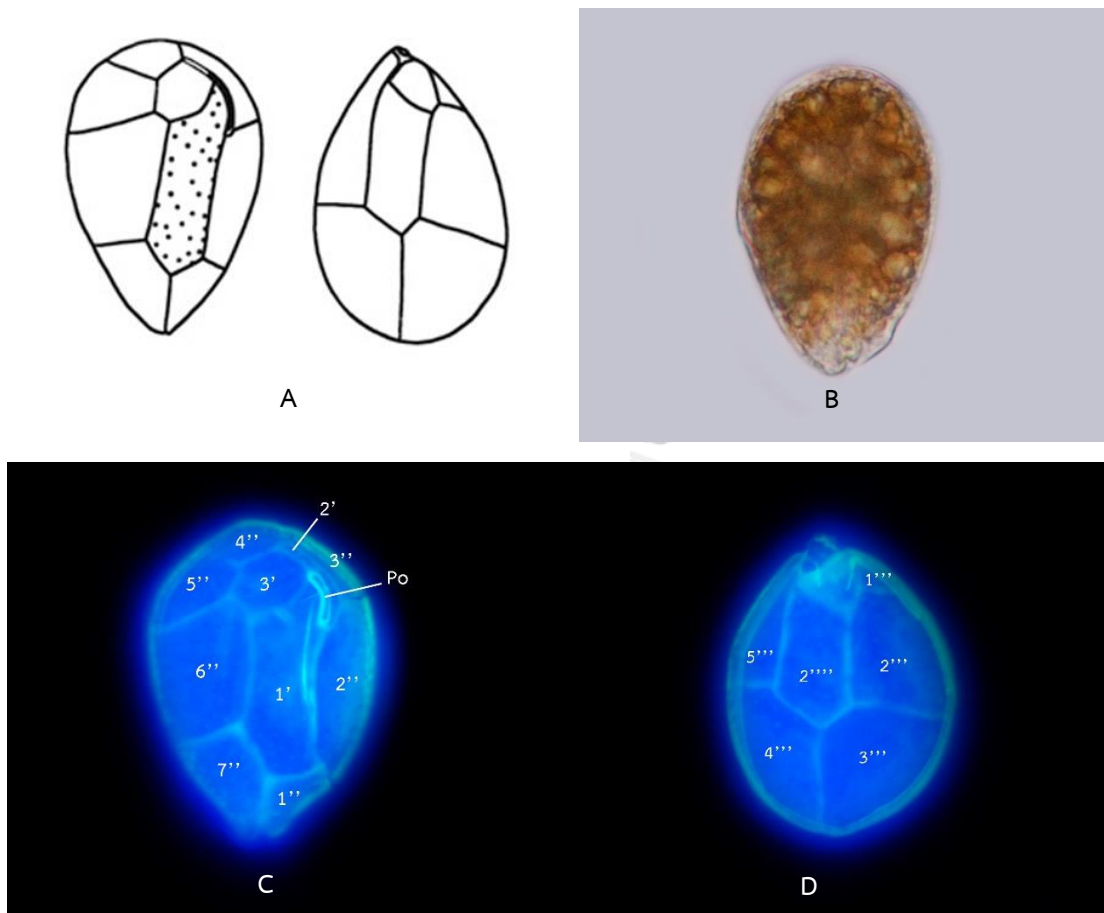
สกุล *Ostreopsis* จัดอยู่ในอันดับ Peridiniales วงศ์ Ostreopsidaceae สกุลนี้จะว่ายน้ำเข้าโดยเซลล์จะหมุนรอบตัวเองตามแนวหลัง - ท้อง (dorso-ventral axis) และว่ายน้ำเป็นวงกลมในทิศตามเข็มนาฬิกา มีคลอโรพลาสต์สีน้ำตาล เมื่อมองจากด้านบน (apical view) หรือด้านล่าง (antapical view) จะเห็นว่าเซลล์มีรูปร่างคล้ายหยดน้ำ (waterdrop shaped) และเซลล์ค่อนข้างแบนจากด้านหลังไปทางด้านท้องคล้ายรูปทรงเมล็ดแตงโม (watermelon seed shaped) epitheca กับ hypotheca มีรูปร่างสมมาตรกัน (symmetry) ร่องตามขวางพาดรอบด้านข้างของเซลล์ ร่องตามยาวลดรูป ผิวเปลือกเรียบและมีรูไทรโคซิสต์กระจายอยู่บนแผ่นเปลือกทั่วเซลล์

*Ostreopsis fattorussoi* Accoroni, Romagnoli and Totti (รูปที่ 17)

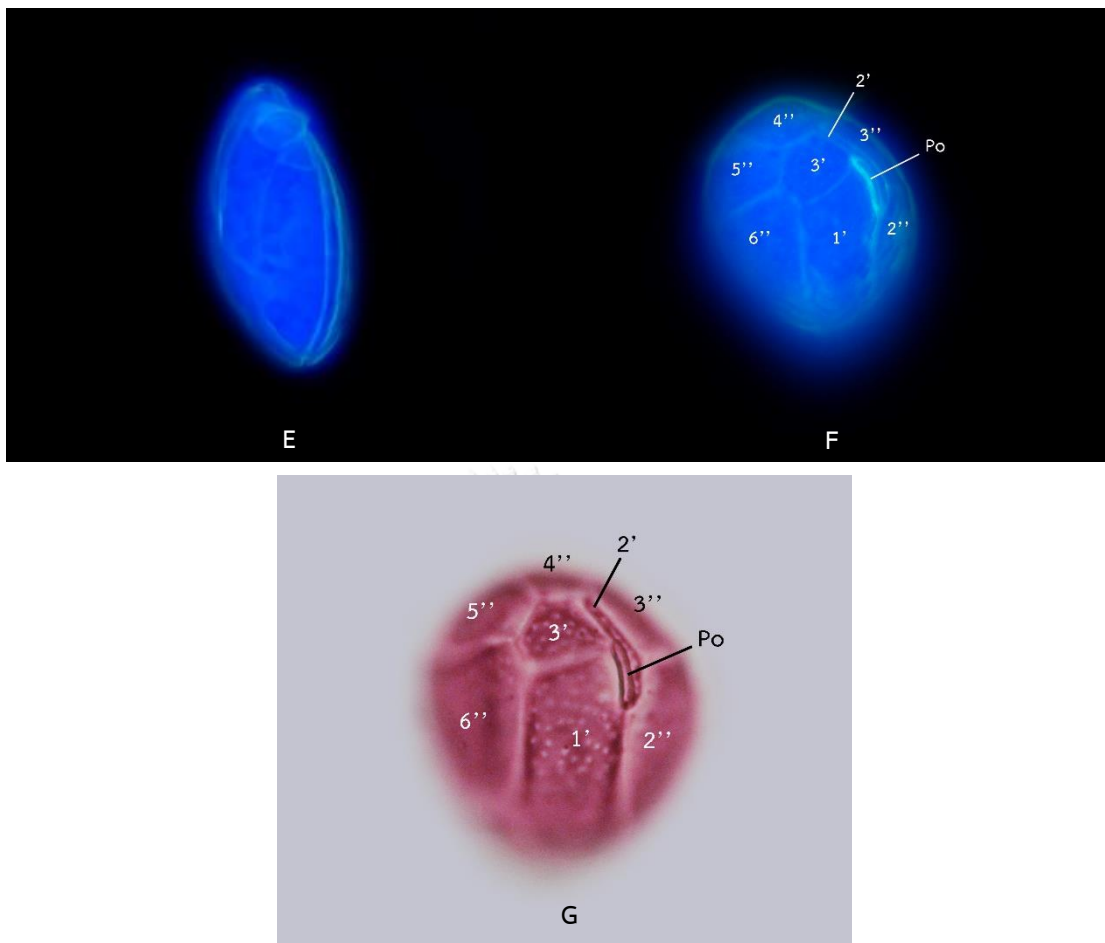
มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือก คือ  $Po, 3', 7'', 5''', 2''''$  เช่นเดียวกับกับสกุล *Coolia* แผ่นเปลือก epitheca มีแผ่นเปลือกย่อย 1' ค่อนข้างแคบและจะอยู่ค่อนข้างด้านขวาของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับแผ่นเปลือกย่อย 6'' จะเฉียงขึ้นจากล่างซ้ายไปทางขวาด้านแผ่นเปลือกย่อย  $Po$  รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับแผ่นเปลือกย่อย 3' มีลักษณะโค้งเว้าเข้ามาทางแผ่นเปลือกย่อย 1' แผ่นเปลือกย่อย 2' แคบเป็นสองเท่าของแผ่นเปลือกย่อย  $Po$  และยาวไปจนถึงติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' ทำให้แผ่นเปลือกย่อย 3' ไม่ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 3'' แผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปหกเหลี่ยมและอยู่ค่อนข้างด้านขวาของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน ในส่วนของ hypotheca มีสัดส่วนของแผ่นเปลือกย่อย 2'''' ยาวประมาณหกส่วน



ในสลับของ hypotheca ขอบของแผ่นเปลือก epitheca กับ hypotheca มีลักษณะเรียบ ขนาดเซลล์ กว้าง  $38.31 \pm 2.71$  ไมโครเมตร ยาว  $59.17 \pm 3.11$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 17A *Ostreopsis fattorussoi* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Ostreopsis fattorussoi* (Accoroni et al., 2016) B คือ รูปถ่าย light microscope C และ D คือ รูปถ่าย epifluorescence โดย C แสดง epitheca และ D แสดง hypotheca

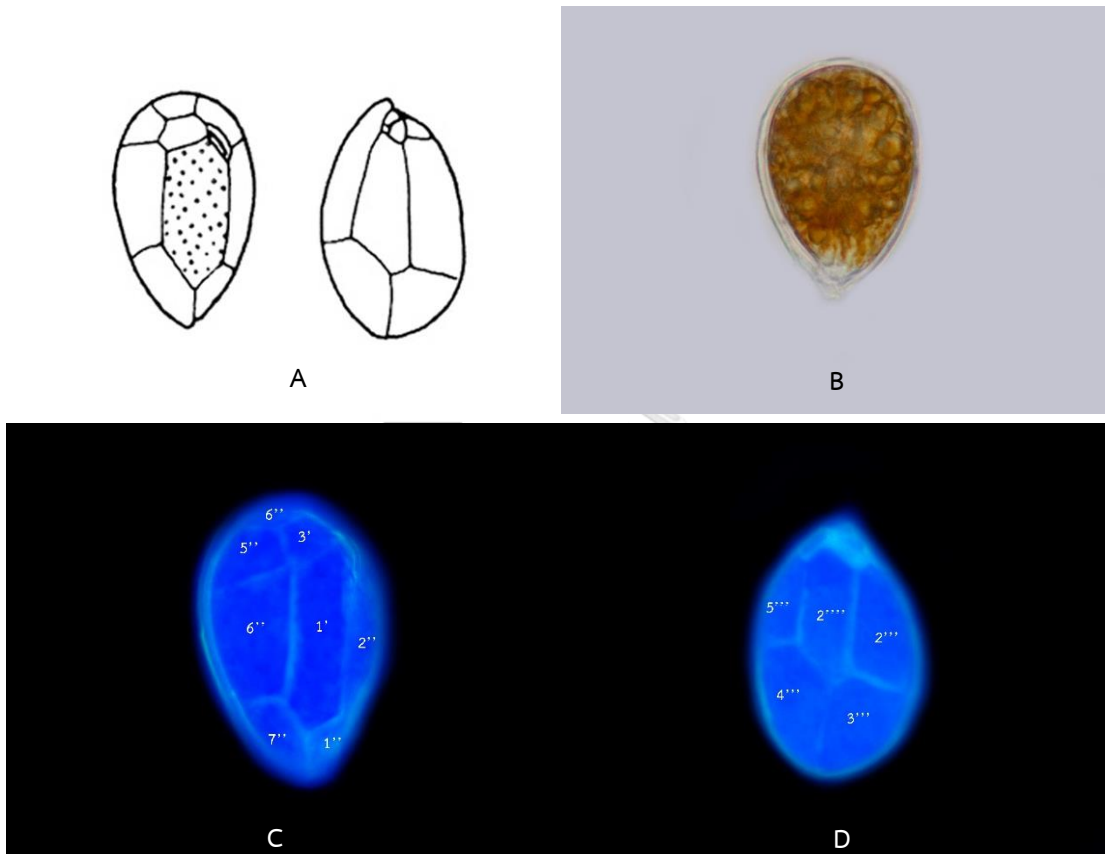


รูปที่ 17B *Ostreopsis fattorussoi* โดย E และ F คือ รูปถ่าย epifluorescence โดย E แสดงลักษณะขอบแผ่นเปลือก epitheca กับ hypotheca เรียบ และ F แสดงแผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และยาวไปจนติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' และ G คือ รูปถ่าย light microscope แสดงลักษณะแผ่นเปลือกที่ย้อมด้วยสีย้อม

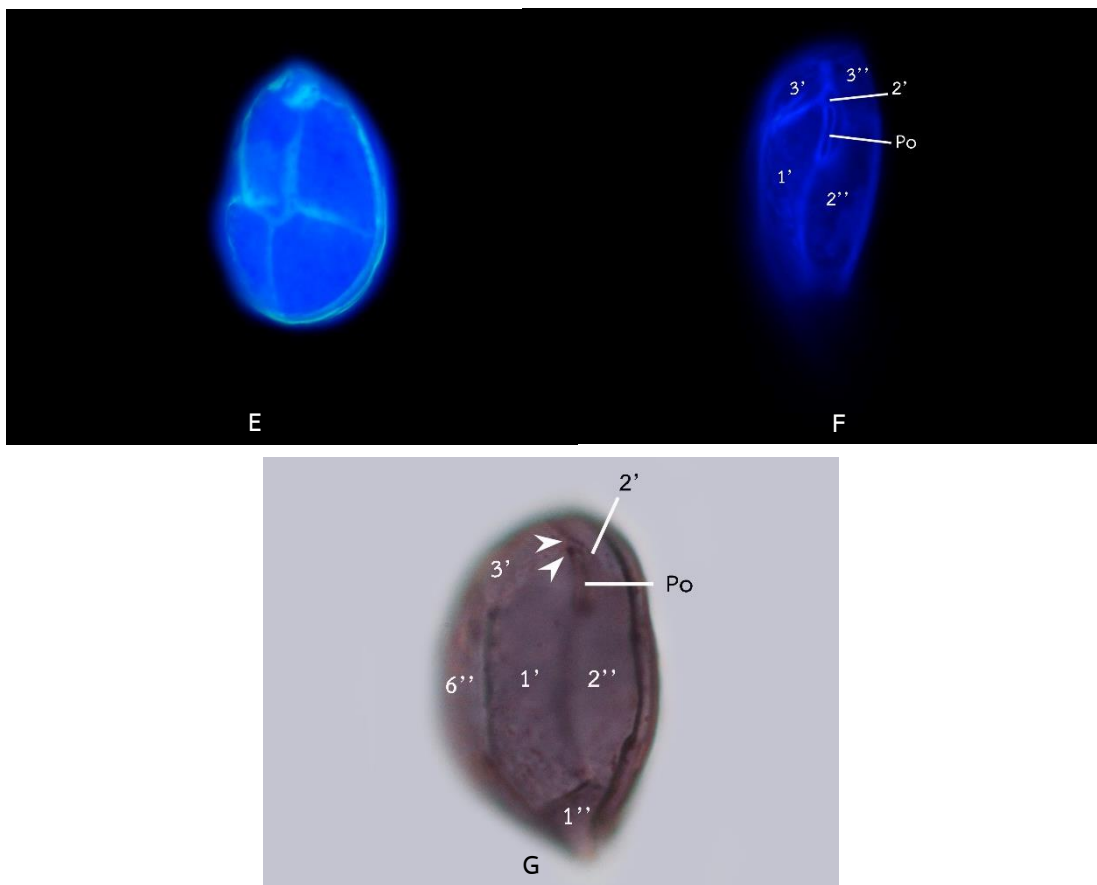
#### *Ostreopsis ovata* Fukuyo (รูปที่ 18)

มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือกเช่นเดียวกับ *Ostreopsis fattorussoi* คือ Po, 3', 7'', 5'', 2'''' แผ่นเปลือก epitheca มีแผ่นเปลือกย่อย 1' กว้าง ตั้งอยู่ตรงกลาง epitheca เมื่อมองจากด้านบน รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับแผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นเส้นตรง แผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และโค้งล้อมรอบแผ่นเปลือกย่อย Po จากทางด้านหลัง แต่ไม่ยาวไปจนติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' ทำให้แผ่นเปลือกย่อย 3' ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 3'' แผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปหกเหลี่ยมและอยู่ค่อนข้างไปทางด้านซ้ายของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน ในส่วนของ hypotheca มี

สัดส่วนของแผ่นเปลือกย่อย 2'''' ยาวประมาณเจ็ดส่วนในสิบส่วนของ hypotheca ขอบแผ่นเปลือก epitheca กับ hypotheca มีลักษณะเรียบ ขนาดใกล้เคียงกับ *Ostreopsis fattorussoi* คือ ขนาดเซลล์กว้าง  $39.33 \pm 2.27$  ไมโครเมตร ยาว  $58.72 \pm 2.86$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 18A *Ostreopsis ovata* โดย A แสดงรูปลายเส้นของ *Ostreopsis ovata* (Fukoyo, 1981) B คือ รูปถ่าย light microscope C และ D คือ รูปถ่าย epifluorescence โดย C แสดง epitheca และ D แสดง hypotheca

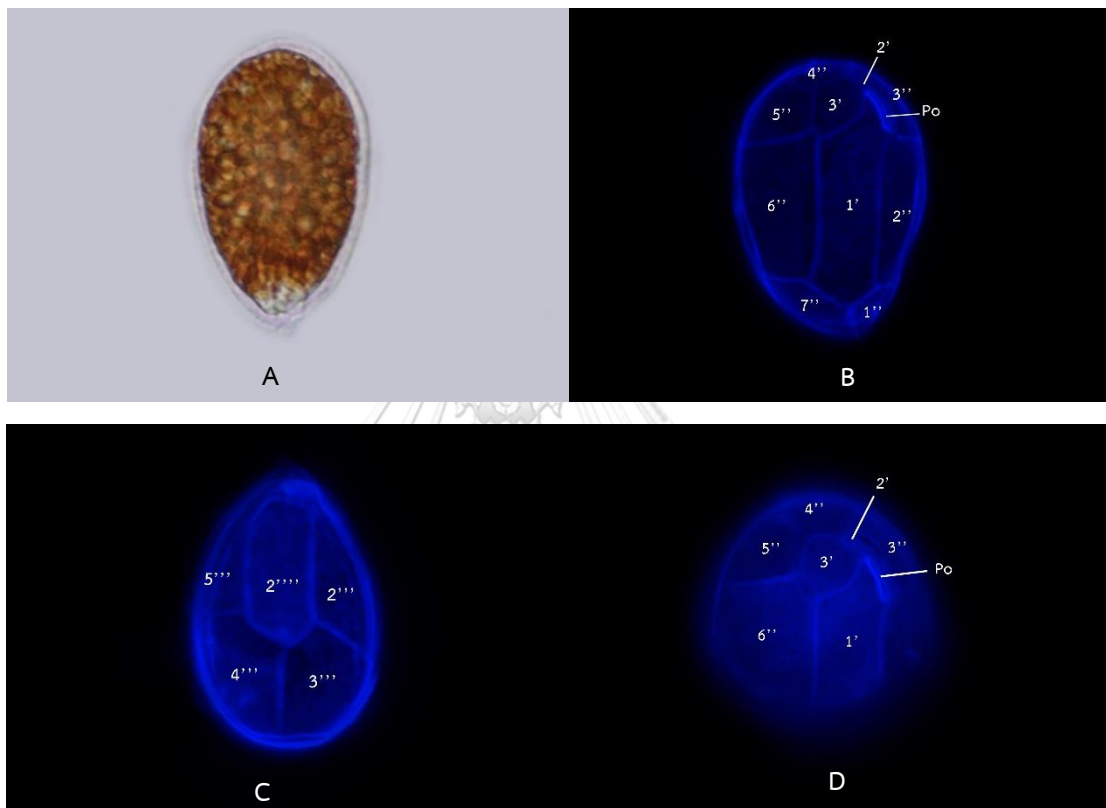


**รูปที่ 18B** *Ostreopsis ovata* โดย E และ F คือ รูปถ่าย epifluorescence โดย E แสดงลักษณะขอบแผ่นเปลือก epitheca กับ hypotheca เรียบ F แสดงแผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และโค้งล้อมรอบแผ่นเปลือกย่อย Po จากทางด้านหลัง และ G คือ รูปถ่ายแสดงลักษณะแผ่นเปลือกที่ย้อมด้วยสีย้อม ปลายหัวศรขาวแสดงแผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และโค้งล้อมรอบแผ่นเปลือกย่อย Po จากทางด้านหลัง

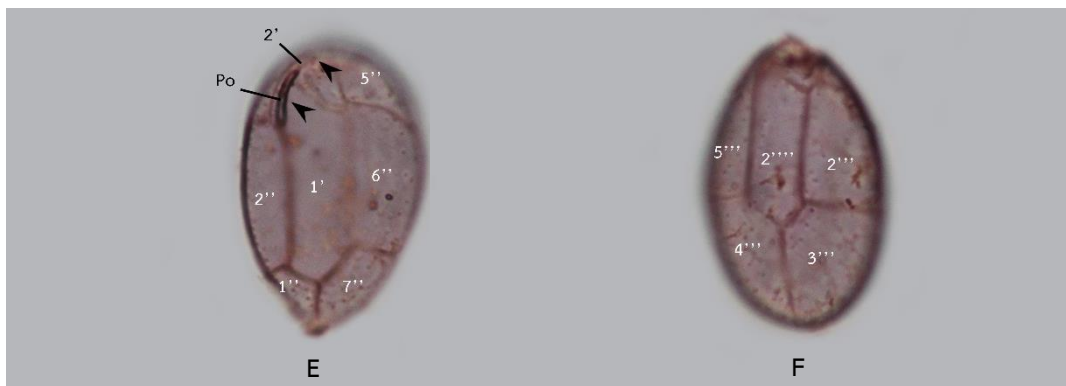
*Ostreopsis* sp. 29 (รูปที่ 19)

มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือกเช่นเดียวกับกับ *Ostreopsis* cf. *fattorussoi* และ *Ostreopsis* cf. *ovata* แต่มีลักษณะของแผ่นเปลือกย่อยซึ่งคาบเกี่ยวอยู่ระหว่าง *O. ovata* กับ *O. fattorussoi* โดยในส่วนของ hypotheca มีสัดส่วนของแผ่นเปลือกย่อย 2'''' ยาวประมาณเจ็ดส่วนในสิบเหมือน *O. ovata* ในส่วนของ epitheca แผ่นเปลือกย่อย 1' กว้าง และตั้งอยู่ตรงกลางของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน เหมือน *O. ovata* รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับแผ่นเปลือกย่อย 3' มีลักษณะโค้งเว้าเข้ามาทางแผ่นเปลือกย่อย 1' แผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ ยาว

โค้งล้อมรอบแผ่นเปลือกย่อย Po จากทางด้านหลัง และยาวไปจนถึงติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' ทำให้แผ่นเปลือกย่อย 3' ไม่ติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 3'' แผ่นเปลือกย่อย 3' อยู่ก่อนไปทางด้านซ้ายของ epitheca เมื่อมองจากด้านบนเหมือนกับ *O. fattorussoi* ขนาดเซลล์ใกล้เคียงกับ *Ostreopsis fattorussoi* และ *Ostreopsis ovata* คือ ขนาดเซลล์กว้าง  $39.39 \pm 3.31$  ไมโครเมตร ยาว  $61.47 \pm 3.15$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 19A *Ostreopsis* sp. 29 โดย A คือ รูปถ่าย light microscope B ถึง D คือ รูปถ่าย epifluorescence โดย B แสดง epitheca C แสดง hypotheca และ D แสดงแผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และยาวไปจนถึงติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4''

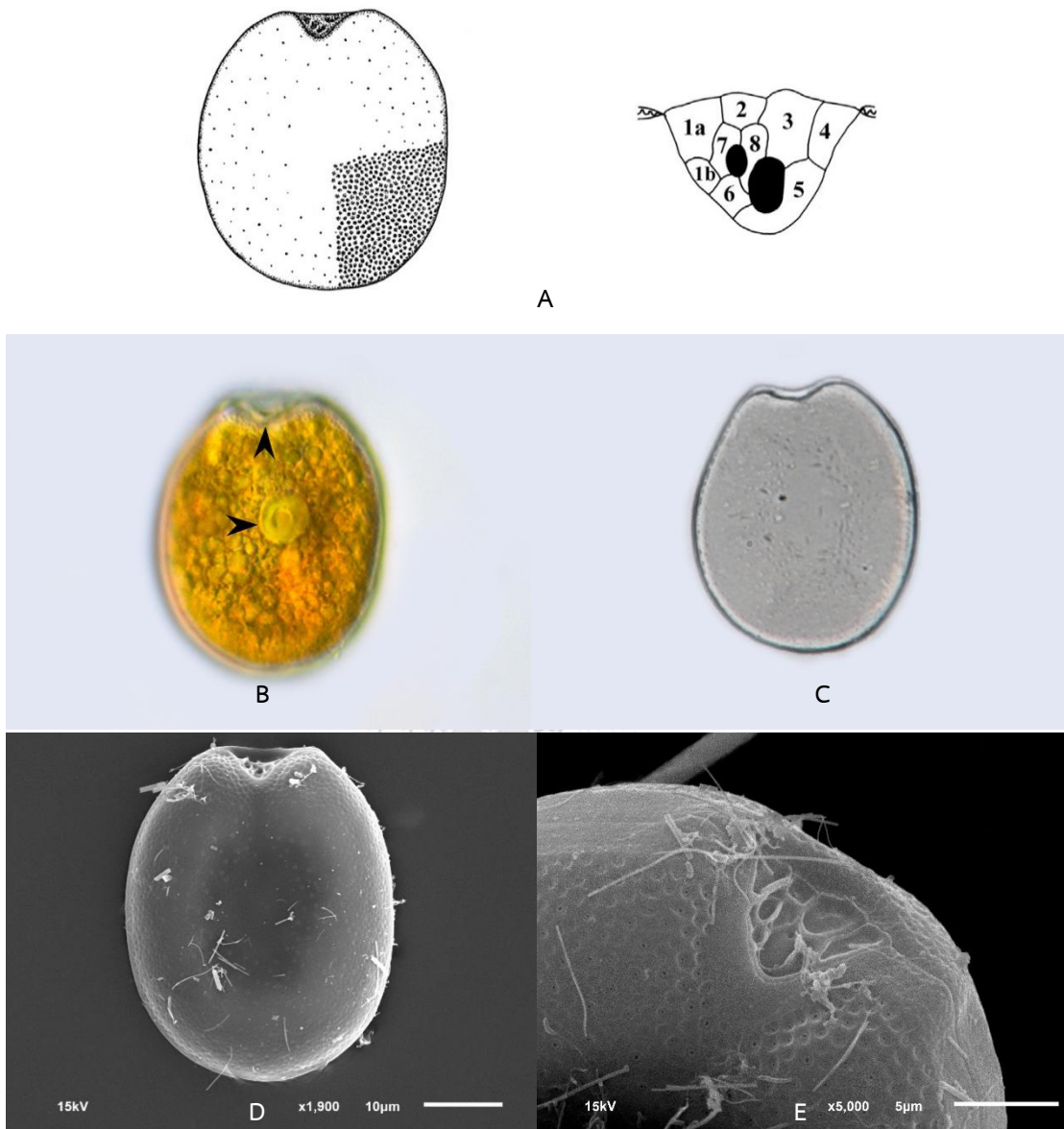


รูปที่ 19B *Ostreopsis* sp. 29 โดย E และ F คือ รูปถ่ายแสดงลักษณะแผ่นเปลือกที่ย้อมด้วยสีย้อม โดย E แสดง epitheca ปลายหัวศรดำแสดงแผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ และยาวไปจนถึงติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' และ F แสดง hypotheca

**สกุล *Prorocentrum*** จัดอยู่ในอันดับ Prorocentrales วงศ์ Prorocentraceae โดยทั่วไป สกุลนี้จะว่ายน้ำช้า โดยเซลล์จะเคลื่อนไปข้างหน้าทางด้านที่เป็นจุดกำเนิดแฟลกเจลลา (periflagella side) เมื่อมองจากด้านบนหรือด้านล่าง จะเห็นว่าเซลล์มีรูปร่างรี (ovoid shaped) สกุลนี้จะประกอบด้วยแผ่นเปลือกสองแผ่น คือ แผ่นเปลือกซ้ายกับแผ่นเปลือกขวา (left – right valves) ซึ่งไม่มีทั้งร่องตามยาวและร่องตามขวาง

*Prorocentrum concavum* Fukuyo (รูปที่ 20)

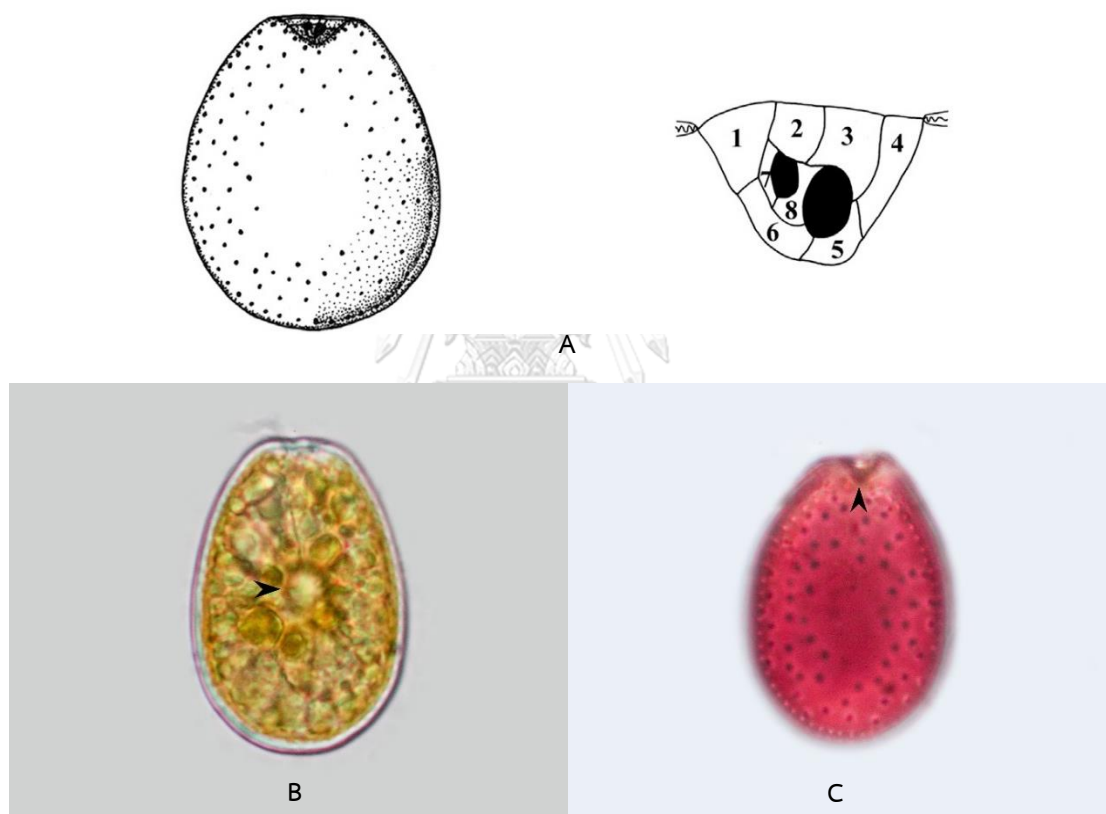
เซลล์มีรูปร่างรีกว้าง (oval broad shaped) มีรูปร่างสมมาตรกัน (symmetric) ตามระนาบข้าง (sagittal plane) เซลล์ค่อนข้างแบนโดยแผ่นเปลือกทั้งสองจะแบนเข้าหากัน และบริเวณกลางเซลล์มีลักษณะเว้าเป็นแอ่งตื้นๆ ขอบด้านข้างของเซลล์ (Intercalary band) มีลักษณะเรียบ บริเวณขอบด้านหน้ารอบจุดกำเนิดแฟลกเจลลา (periflagella area) ของแผ่นเปลือกขวามีลักษณะเว้าเป็นรูปร่างตัววี (V-shaped) มีไพเรโนออยด์ (central pyrenoid) อยู่ตรงกลางของสะสมอาหารรูปร่างวงแหวน (starch ring) ตรงกลางเซลล์ ผิวแผ่นเปลือกมีลักษณะเป็นรอยบุ๋มอยู่ติดกันและเห็นสันขอบคล้ายลายตาข่ายตลอดพื้นผิว (reticulate - foveate thecal surface) และมีรูไทรโคซิสต์กระจายอยู่ในรอยบุ๋มบางรอยยกเว้นบริเวณกลางแผ่นเปลือก มีการเรียงตัวของช่อง (small platelet list) 9 ช่อง ไม่รวมช่องแฟลกเจลลา (flagellar pore) คือ 1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ขนาดเซลล์กว้าง  $37.24 \pm 1.72$  ไมโครเมตร ยาว  $48.77 \pm 1.77$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 20 *Prorocentrum concavum* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Prorocentrum concavum* (Hoppenrath et al., 2013) B และ C คือ รูปถ่าย light microscope D ถึง E คือ รูปถ่าย SEM โดย B แสดงด้านท้องซึ่งคือแผ่นเปลือกขวา ปลายหัวครดาแสดงลักษณะเว้าเป็นรูปร่างตัววี และไพรีนอยด์รูปร่างวงแหวน และ C แสดงลักษณะผิวแผ่นเปลือก D แสดงด้านท้องซึ่งคือแผ่นเปลือกขวา และ E แสดงบริเวณจุดกำเนิดแฟลกเจลลา และลักษณะผิวแผ่นเปลือก

*Prorocentrum lima* Ehrenberg (รูปที่ 21)

เซลล์มีรูปร่างรีไข่ (ovoid egg - shaped) มีขนาดกักรูปร่างสมมาตรกันตามระนาบข้าง ขอบด้านข้างของเซลล์เรียบ บริเวณขอบด้านหน้ารอบจุดกำเนิดแฟลกเจลลาของแผ่นเปลือกขามีลักษณะเว้าเป็นรูปร่างตัววี เช่นเดียวกับกับ *P. concavum* มีพรีนอยด์อยู่ตรงกลางถุงสะสมอาหารรูปร่างวงแหวนอยู่ตรงกลางเซลล์ ผิวเปลือกเรียบและมีรูไทรโคซิสต์ขนาดใหญ่กระจายอยู่บนแผ่นเปลือก ยกเว้นบริเวณกลางเซลล์ ขนาดเซลล์กว้าง  $31.86 \pm 2.34$  ไมโครเมตร ยาว  $45.65 \pm 2.37$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)

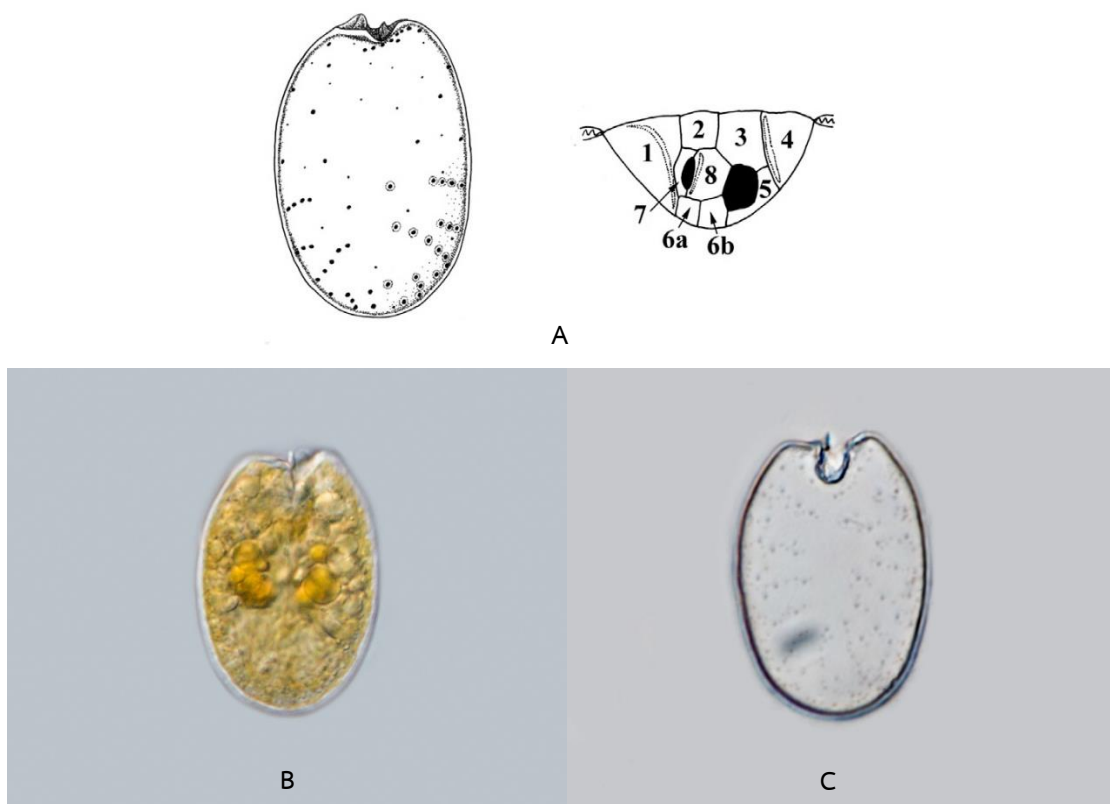


รูปที่ 21 *Prorocentrum lima* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Prorocentrum lima* (Hoppenrath et al., 2013) B ถึง C คือ รูปถ่าย light microscope โดย B แสดงด้านหลังซึ่งคือแผ่นเปลือกซ้าย ปลายหัวศรดำแสดงพรีนอยด์รูปร่างวงแหวน และ C แสดงด้านท้องซึ่งคือแผ่นเปลือกขวาที่ย้อมด้วยสีชมพู ปลายหัวศรดำแสดงลักษณะเว้าเป็นรูปร่างตัววี

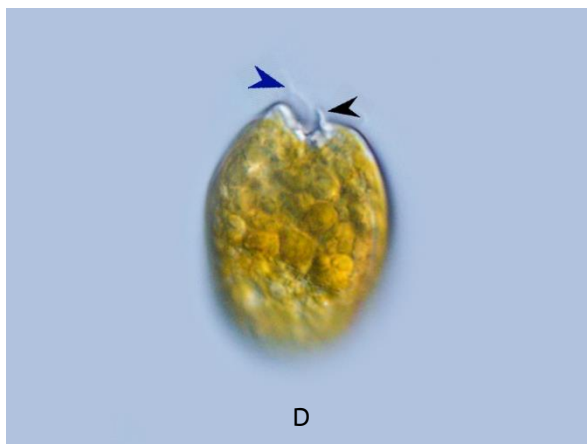


*Prorocentrum rathymum* Loeblich III, Sherley and Schmidt (รูปที่ 22)

เซลล์มีรูปร่างรียาว (oval oblong shaped) มีรูปร่างตามระนาบข้างไม่สมมาตรกัน (asymmetric) บริเวณรอบจุดกำเนิดแฟลกเจลลาของแผ่นเปลือกขวามีลักษณะเป็นรูปร่างตัววี และมีโครงสร้างคล้ายปีก (apical wing – shaped spine) ยื่นออกมา ผิวเปลือกเรียบและมีรูไทรโคซิสต์ขนาดใหญ่เรียงเป็นแถวตามแนวรัศมี แต่ไม่มีรูไทรโคซิสต์บริเวณกลางแผ่นเปลือก ขนาดเซลล์กว้าง  $25.09 \pm 1.48$  ไมโครเมตร ยาว  $39.82 \pm 1.95$  ไมโครเมตร (จำนวนเซลล์เท่ากับ 25 เซลล์)



รูปที่ 22A *Prorocentrum rathymum* โดย A แสดงรูปร่างเส้นของ *Prorocentrum rathymum* (Hoppenrath et al., 2013) B และ C คือ รูปถ่าย light microscope โดย B แสดงด้านท้องซึ่งคือแผ่นเปลือกขวา C แสดงผิวแผ่นเปลือกเรียบและมีรูไทรโคซิสต์ขนาดใหญ่เรียงเป็นแถวตามแนวรัศมี



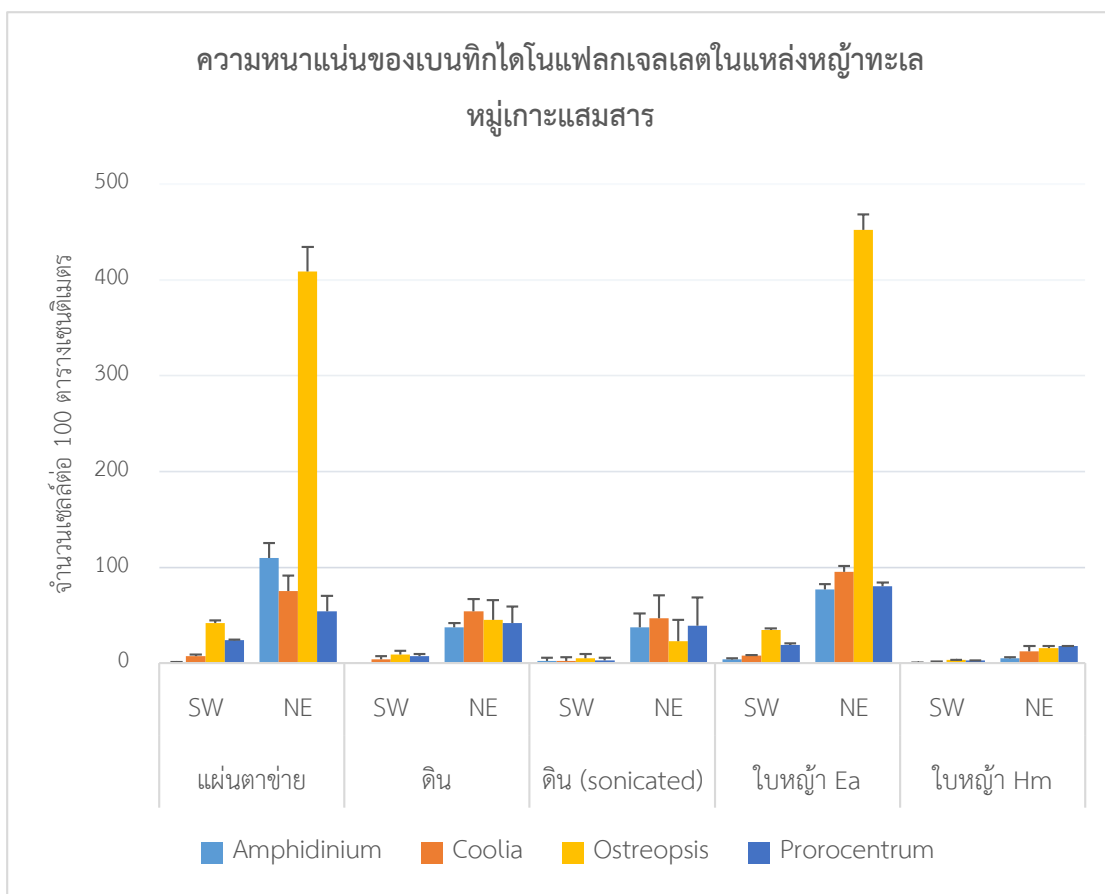
รูปที่ 22B *Prorocentrum rathymum* โดย D คือ รูปถ่าย light microscope แสดงซึ่งคือแผ่นเปลือกซ้าย โดยปลายหัวศรน้ำเงินแสดงแฟลกเจลลัม และปลายหัวศรดำแสดงโครงสร้างคล้ายปีกยื่นออกมา

#### 4.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

##### 4.3.1 หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี

ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล คือ *Amphidinium* spp., *Coolia* spp., *Ostreopsis* spp., และ *Prorocentrum* spp. โดยมีสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่น รองลงมาคือสกุล *Prorocentrum* spp., สกุล *Coolia* spp. และสกุล *Amphidinium* spp. ซึ่งมีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่ายเป็น 42, 24, 7 และ 1 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล คือ *Amphidinium* spp., *Coolia* spp., *Ostreopsis* spp., และ *Prorocentrum* spp. โดยมีสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่นซึ่งมีความหนาแน่นสูงสุดบนใบหญ้าคาทะเลเป็น 452 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือสกุล *Amphidinium* spp. มีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่ายเป็น 110 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร สกุล *Coolia* spp. และ *Prorocentrum* spp. มีความหนาแน่นสูงสุดบนใบหญ้าคาทะเลเป็น 95 และ 80 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 23



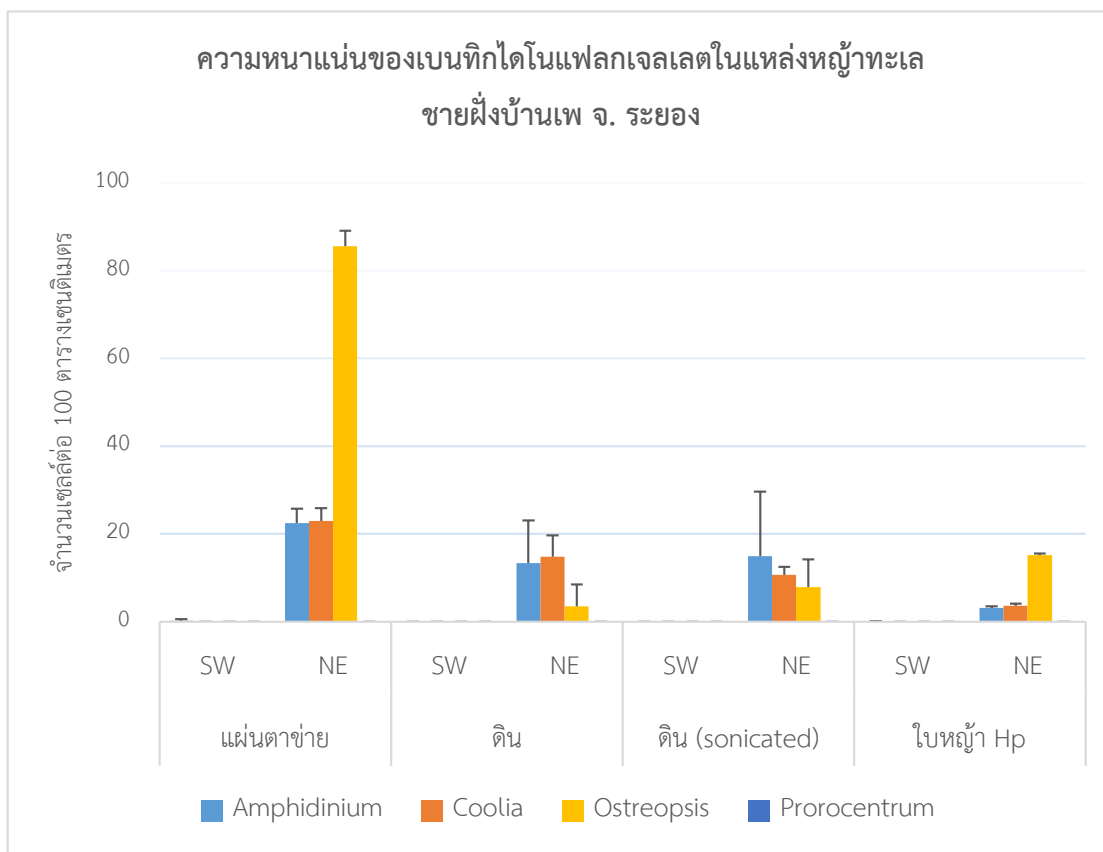
**รูปที่ 23** ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะเสมสาร จังหวัดชลบุรี โดย SW คือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ NE คือ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ใบหญ้า Ea คือ ใบหญ้าคาทะเล และ ใบหญ้า Hm คือ ใบหญ้าใบมะกรูดแคระ

#### 4.3.2 ชายฝั่งบ้านแพ ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง

ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 1 สกุล คือ *Amphidinium* spp. ซึ่งพบบน substrate สองชนิดคือ แผ่นตาข่ายกับใบหญ้ากุยช่ายเข็ม โดยมีความหนาแน่นบนแผ่นตาข่าย 2 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และมีความหนาแน่นบนใบหญ้ากุยช่ายเข็ม 4 เซลล์ต่อ 10,000 ตารางเซนติเมตร

ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 3 สกุล คือ *Amphidinium* spp., *Coolia* spp. และ *Ostreopsis* spp. โดยมีสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่น ซึ่งมีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่ายเป็น 86 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือสกุล

*Amphidinium* spp. และ *Coolia* spp. มีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่ายเป็น 23 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 24



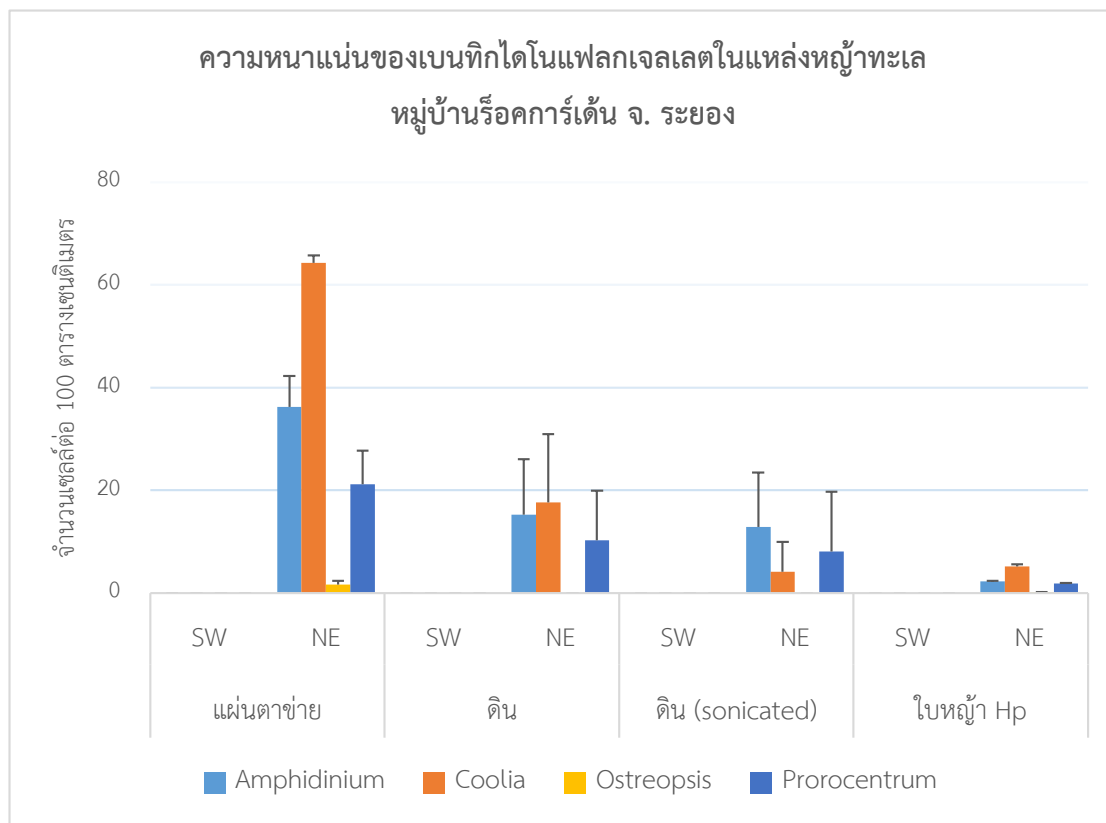
**รูปที่ 24** ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพ จังหวัดระยอง โดย SW คือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ NE คือ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ใบหญ้า Hp คือ ใบหญ้ากุยช่ายเข็ม

#### 4.3.3 หมู่บ้านรือคการ์เด็น อ่าวเพ จังหวัดระยอง

ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไม่พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล คือ *Amphidinium* spp., *Coolia* spp., *Ostreopsis* spp. และ *Prorocentrum* spp. ซึ่งมีความหนาแน่นบน substrate ที่เป็นแผ่นตาข่ายมากที่สุด โดยมีสกุล *Coolia* spp. เป็นสกุลเด่น รองลงมาคือ *Amphidinium* spp., *Prorocentrum* spp. และ *Ostreopsis* spp. ซึ่งมีความหนาแน่นเป็น 64, 36, 21 และ 2 เซลล์ต่อ

100 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือสกุล *Amphidinium* spp. และ *Coolia* spp. มีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่ายเป็น 23 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้านรือคการ์เด็น จังหวัดระยอง โดย SW คือ ถดุมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ NE คือ ถดุมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ใบหญ้า Hp คือ ใบหญ้ากุยช่ายเข็ม

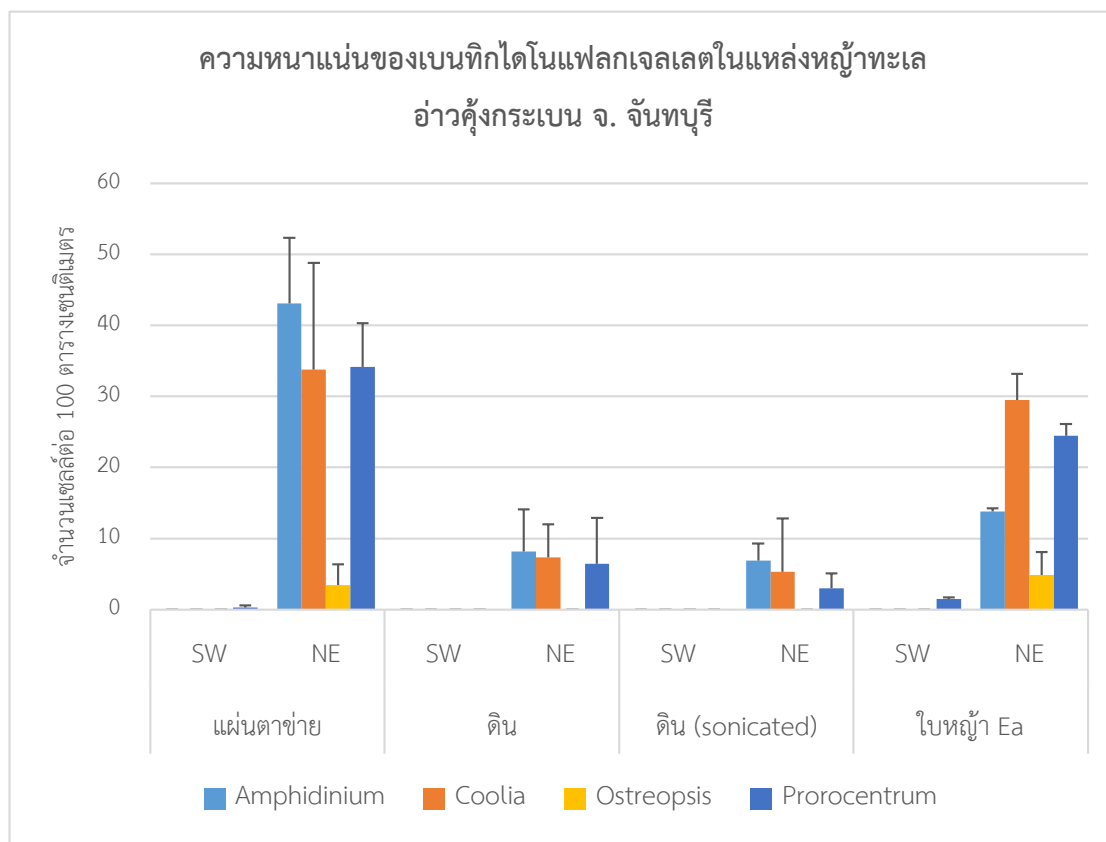
#### 4.3.4 อ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี

ถดุมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 1 สกุล คือ *Prorocentrum* spp. ซึ่งพบบน substrate สองชนิดคือ แผ่นตาข่ายกับใบหญ้าคาทะเล โดยมีความหนาแน่นบนแผ่นตาข่าย 2 เซลล์ต่อ 1000 ตารางเซนติเมตร และมีความหนาแน่นบนใบหญ้าคาทะเล 1 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร

ถดุมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 4 สกุล คือ *Amphidinium* spp., *Coolia* spp., *Ostreopsis* spp., และ *Prorocentrum* spp. โดยมีความหนาแน่นสูงสุดบนแผ่นตาข่าย ซึ่งสกุล *Amphidinium* spp. เป็นสกุลที่มีความหนาแน่นสูงสุด 43 เซลล์ต่อ 100 ตาราง

เซนติเมตร รองลงมาคือ *Prorocentrum* spp. และ *Coolia* spp. มีความหนาแน่น 34 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร สุดท้ายคือสกุล *Ostreopsis* spp. โดยมีความหนาแน่น 3 เซลล์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 26

จากการวิเคราะห์ความชุกชุมเชิงคุณภาพด้วยดัชนีความหลากหลายชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอในระดับสกุล พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้บริเวณแหล่งหญ้าทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด 1.028 และดัชนีความสม่ำเสมอ 0.742 ในขณะที่บริเวณแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพกับอ่าวคู้กระเบนมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0 และบริเวณหมู่บ้านรือคการ์เด็นไม่พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต ทำให้ไม่มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอสูงกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่ศึกษา โดยบริเวณแหล่งหญ้าทะเลหมู่เกาะแสมสารชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคู้กระเบน มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดเท่ากับ 1.168, 0.940, 1.015 และ 1.160 ตามลำดับ และมีดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.842, 0.678, 0.732 และ 0.836 ตามลำดับ



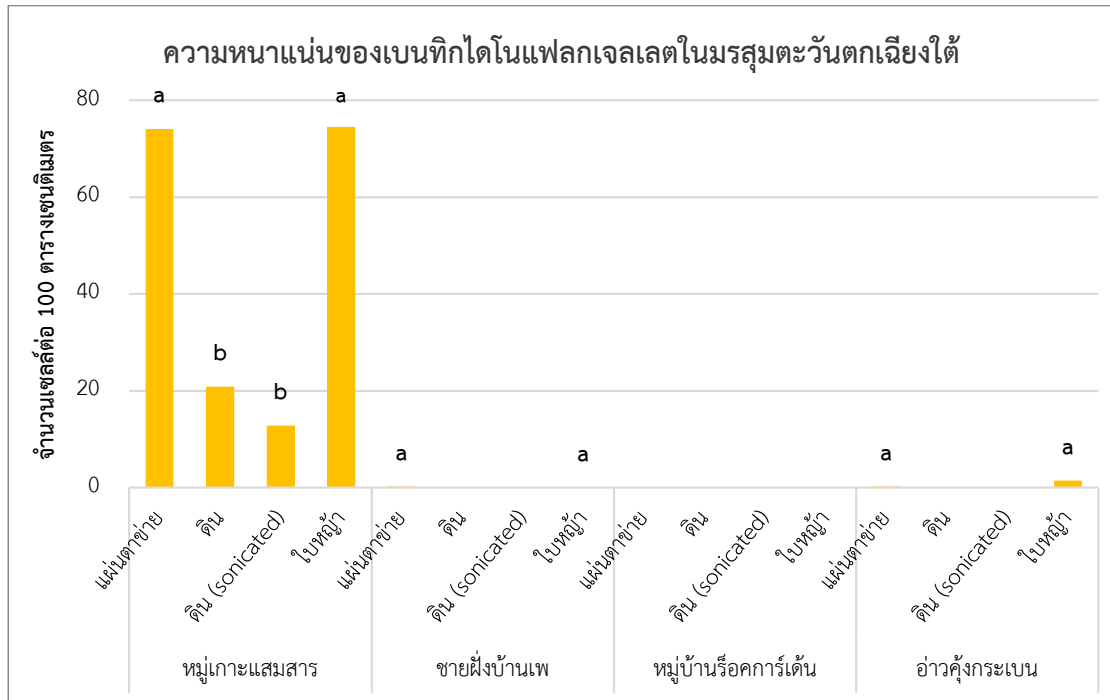
**รูปที่ 26** ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี โดย SW คือ ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ NE คือ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ใบหญ้า Ea คือ ใบหญ้าว้าทะเล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

#### 4.4 Substrate

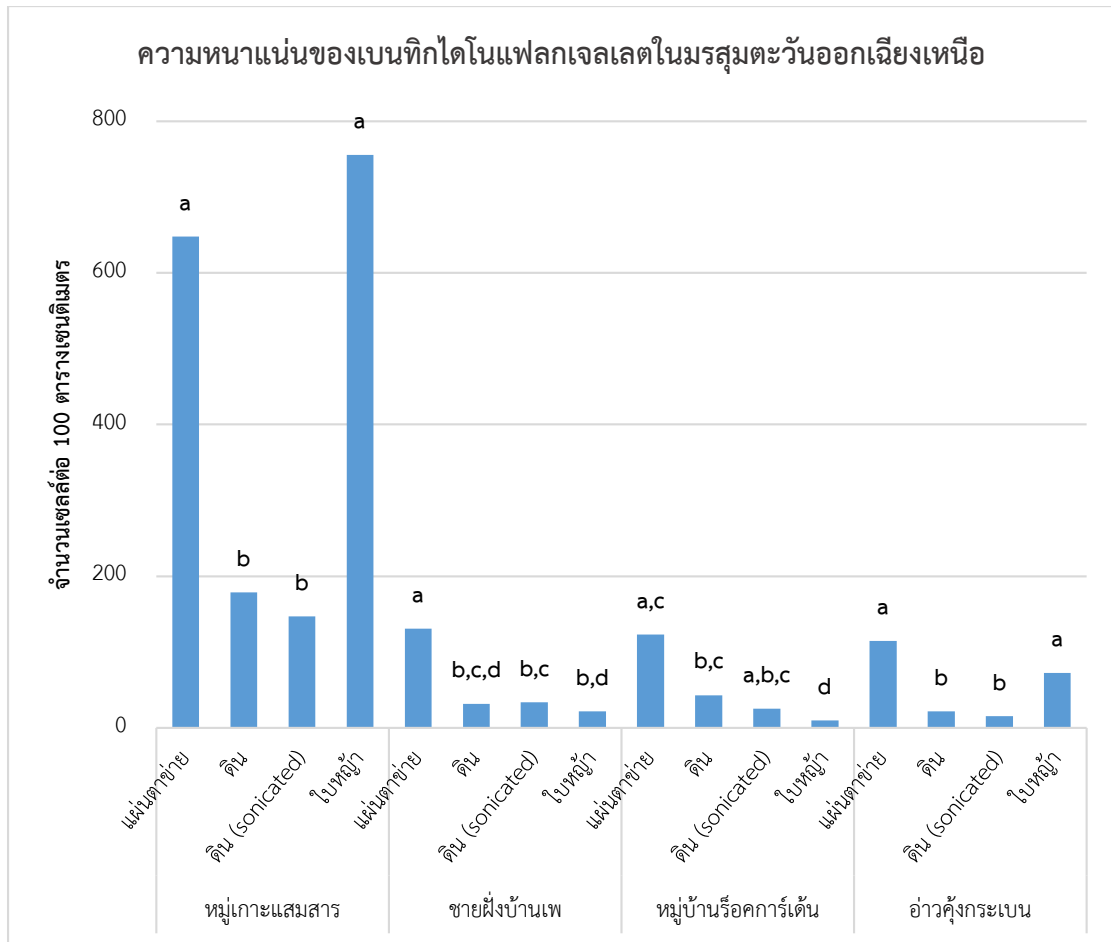
การเก็บตัวอย่างจาก substrate ต่างๆ ได้แก่ แผ่นตาข่าย ใบหญ้าว้าทะเล และ ดินตะกอน พบว่าในทั้งฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มความชุกชุมของ เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากที่สุดบนใบหญ้าว้าทะเล รองลงมาคือแผ่นตาข่าย ดินตะกอนที่ใช้วิธีการ เขย่า และดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator และจากการศึกษาความชุกชุมของเบนทิก- ไดโนแฟลกเจลเลตบนใบหญ้าว้าทะเลทั้ง 3 ชนิด พบว่าหญ้าว้าทะเลมีความหนาแน่นของเบนทิก- ไดโนแฟลกเจลเลตสูงที่สุด การแยกเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตออกจากดินตะกอนในการศึกษานี้ได้ใช้ วิธีการเขย่า และวิธีการใช้เครื่อง sonicator ซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านน้ำเป็นตัวกลางแล้วทำให้

เกิดการสั่นสะเทือนที่ชั้นผิวดินตะกอน จากการศึกษาพบว่าวิธีการเขย่าทำให้สามารถพบแบคทีเรียไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่าวิธีการใช้เครื่อง sonicator ดังรูปที่ 27 และ 28



รูปที่ 27 ความหนาแน่นของแบคทีเรียไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ต่างๆ ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้





รูปที่ 28 ความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate ต่างๆ ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบทางสถิติพบว่าข้อมูลความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate แต่ละชนิดมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (หน้า 84) จึงทำการแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วย one way ANOVA ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (หน้า 85) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบน substrate แต่ละชนิดด้วย Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (หน้าที่ 87-89) พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสาร มีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเล และดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับวิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคังกระเบน มีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพมีจำนวนตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่สุ่มเก็บ

ได้ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย one way ANOVA จึงวิเคราะห์ด้วยวิธี independent sample t-test ดังแสดงไว้ในภาคผนวก (หน้า 86) พบว่ามีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 27

ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเล และในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับวิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพมีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับในดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับวิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับบนใบหญ้าทะเลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator กับบนใบหญ้าทะเลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้านเรือकार์เด็นมีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่า และบนใบหญ้าทะเล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับในดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับในดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับบนใบหญ้าทะเลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator กับบนใบหญ้าทะเลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคังกระเบนมีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเล และในดินตะกอนที่ใช้วิธีการเขย่ากับวิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 28

## บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา

### 5.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ

จากผลการศึกษาพบว่าชนิดของหญ้าทะเลที่พบทั้ง 4 บริเวณที่ทำการศึกษาสอดคล้องกับรายงานการศึกษาหญ้าทะเลก่อนหน้า โดยเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wutthaivorawong และคณะ (2010) ที่ศึกษาการกระจายของหญ้าทะเลในบริเวณชายฝั่งและบางหมู่เกาะในอ่าวสัตหีบ ได้รายงานว่หลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีความหนาแน่นและการกระจายของหญ้าทะเลสูงสุด แต่การกระจายของหญ้าใบมะกรูดแคระในบริเวณหมู่เกาะแสมสารในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามความหลากหลายการกระจาย และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกมีการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยตามธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การกัดเซาะชายฝั่งจากคลื่นลมที่รุนแรง เป็นต้น และปัจจัยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การพัฒนาชายฝั่งซึ่งทำให้เกิดตะกอนในน้ำทะเลมากขึ้น การปล่อยน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ชุมชน และแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำประมงอวนลากอวนรุนในแหล่งหญ้าทะเล เป็นต้น (Wutthaivorawong et al., 2010; กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

ลักษณะดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีลักษณะเป็นทราย ซึ่งต่างจากบริเวณแหล่งหญ้าทะเลตามชายฝั่ง ได้แก่ ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคังกระเบน ซึ่งมีลักษณะเป็นโคลนปนทราย สอดคล้องกับรายงานของ Sanguansin (1991) ที่ทำการศึกษาลักษณะตะกอนในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก เนื่องจากแหล่งหญ้าทะเลตามชายฝั่งจะได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่ถูกน้ำท่าพัดพามาทับถมบริเวณปากแม่น้ำ (Borum et al., 2004; Fabricius et al., 2014)

ฤดูมรสุมส่งผลต่อปัจจัยทางกายภาพอย่างมาก เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม น้ำทะเล ธาตุอาหาร (Yanagi et al., 2001; Tang et al., 2006) เนื่องจากอิทธิพลของฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาความร้อนและความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียทำให้อุณหภูมิ น้ำทะเลในแหล่งหญ้าทะเลสูงกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และทำให้ชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยมีฝนตกชุก ประกอบกับอิทธิพลของน้ำท่าจากแม่น้ำทำให้บริเวณแหล่งหญ้าทะเลตามชายฝั่ง ได้แก่ ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคังกระเบน มีความเค็ม น้ำทะเลต่ำกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้านรือคการ์เด็นซึ่งอยู่ห่างจากแม่น้ำประแสร์ประมาณ

7 กิโลเมตร ทำให้บริเวณแหล่งหญ้าทะเลนั้นมีความเค็มน้ำทะเลในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ต่ำเพียง  $5 \pm 0$  psu ขณะที่หมู่เกาะแสมสารตั้งอยู่ห่างจากชายฝั่ง 2 กิโลเมตร ทำให้ได้รับอิทธิพลจากน้ำตื้นน้อย

## 5.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาครั้งนี้พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 9 ชนิด คือ *Amphidinium carterae*, *Amphidinium operculatum*, *Coolia* cf. *malayensis*, *Coolia tropicalis*, *Ostreopsis fattorussoi*, *Ostreopsis ovata*, *Prorocentrum concavum*, *Prorocentrum lima* และ *Prorocentrum rathymum* ซึ่งทุกชนิดเคยมีรายงานว่ามีความสามารถในการสร้างสารชีวพิษ (Hu et al., 1992; Murray et al., 2004; Foden et al., 2005; Leaw et al., 2010; Hoppenrath et al., 2013; Mohammad-Noor et al., 2013; Tawong et al., 2014; Murray et al., 2015; Accoroni et al., 2016) โดยบริเวณแหล่งหญ้าทะเลหมู่เกาะแสมสาร หมู่บ้านรือคการ์ตัน และอ่าวคู้งกระเบน พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตทั้ง 4 สกุล ซึ่งแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารพบสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่นในทั้งสองฤดูมรสุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tawong และคณะ (2014) ที่ทำการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis*, *Coolia* และ *Gambierdiscus* กับการศึกษาของ โสภา สมบูรณ์ และคณะ (2559) ที่ทำการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis*, *Prorocentrum* และ *Gambierdiscus* ในบริเวณหมู่เกาะแสมสาร แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้านรือคการ์ตันพบสกุล *Coolia* spp. เป็นสกุลเด่น แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคู้งกระเบนพบสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบเพียงสกุล *Prorocentrum* spp. ซึ่งอาจเป็นเพราะสกุล *Prorocentrum* เป็นสกุลเด่นในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาสำหรับน้ำดินขนาดเล็กในป่าชายเลนและระบบนิเวศชายฝั่งในประเทศไทยของ อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ (2545) ที่บริเวณอ่าวคู้งกระเบนเมื่อเดือนเมษายน 2543 ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม (inter monsoon) มาเป็นตะวันตกเฉียงใต้ ได้รายงานว่าพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 1 ชนิด คือ *Prorocentrum lima* บริเวณแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 3 สกุล โดยพบสกุล *Ostreopsis* spp. เป็นสกุลเด่น แต่ไม่พบสกุล *Prorocentrum* อาจเป็นเพราะสกุล *Prorocentrum* ไม่มีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณนี้ หรืออาจเนื่องมาจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์ร่วมกับปัจจัยทางชีวภาพที่ไม่เหมาะสมต่อสกุล *Prorocentrum* อย่างไรก็ตาม การศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพกับบริเวณหมู่บ้านรือคการ์ตันยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน

*Coolia cf. malayensis* ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะของแผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปห้าเหลี่ยม และติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 5'' ซึ่งแตกต่างจากรายงานการค้นพบชนิดนี้ครั้งแรกของ Leaw และคณะ (2010) อย่างไรก็ตามลักษณะของแผ่นเปลือกย่อย 3' บริเวณที่อยู่ใกล้กับแผ่นเปลือกย่อย 5'' จากรูปลายเส้นของ Leaw และคณะ (2010) มีลักษณะเป็นปลายแหลมซึ่งยากจะระบุได้ว่าแผ่นเปลือกย่อย 3' กับ 5'' อยู่ติดต่อกันหรือไม่ แต่ขนาดของเซลล์และแผ่นเปลือกย่อยอื่นๆ มีลักษณะตรงตามที่ Leaw และคณะ (2010) และ *Coolia cf. malayensis* ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะของแผ่นเปลือกย่อย 3' สอดคล้องกับรายงานการศึกษา *Coolia malayensis* ของ Jeong และคณะ (2012) กับ Wakeman และคณะ (2015) ที่เคยรายงานไว้

*Ostreopsis* sp. 29 เป็น strain ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคาบเกี่ยวอยู่ระหว่าง *O. ovata* กับ *O. fattorussoi* และพบในบริเวณหมู่เกาะแสมสารที่พบทั้ง *O. ovata* กับ *O. fattorussoi* เนื่องด้วยเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสามารถมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ จึงมีความเป็นไปได้ว่า *Ostreopsis* sp. 29 เกิดจากการถ่ายทอดพันธุกรรมในแนวราบ (lateral gene transfer) ระหว่าง *O. ovata* กับ *O. fattorussoi* จึงทำให้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Ostreopsis* sp. 29 ความคาบเกี่ยวอยู่ระหว่าง *O. ovata* กับ *O. fattorussoi* ในปัจจุบันสกุล *Ostreopsis* มีรายงานทั้งหมด 11 ชนิด ได้แก่ *Ostreopsis siamensis* (Schmidt, 1902), *Ostreopsis ovata*, *Ostreopsis lenticularis* (Fukuyo, 1981), *Ostreopsis heptagona* (Norris et al., 1985), *Ostreopsis mascarensis* (Quod, 1994), *Ostreopsis labens* (Faust and Morton, 1995), *Ostreopsis marinus*, *Ostreopsis belizeanus*, *Ostreopsis caribbeanus* (Faust, 1999), *Ostreopsis fattorussoi* (Accoroni et al., 2016) และ *Ostreopsis rhodesae* (Verma et al., 2016) อย่างไรก็ตามสกุล *Ostreopsis* เป็นสกุลที่จำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยามาก เนื่องจากทุกชนิดมีรูปร่างคล้ายหยดน้ำเหมือนกัน มีสูตรการเรียงตัวของแผ่นเปลือกเหมือนกัน (ยกเว้น *O. heptagona*) อีกทั้งยังมีความแปรปรวนในลักษณะทางสัณฐานวิทยาสูงทั้งเซลล์ที่พบในธรรมชาติและเซลล์ในการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (Penna et al., 2005; Accoroni et al., 2016; Verma et al., 2016) นอกจากนี้ยังอาจพบว่าเซลล์ *Ostreopsis* จากการเพาะเลี้ยงมีขนาดเล็กกว่าเซลล์ที่พบในธรรมชาติ (Laza-Martinez et al., 2011) ดังนั้นจึงมีหลายการศึกษาที่ใช้วิธีการศึกษาทางอณูพันธุศาสตร์ (molecular genetics) มาเปรียบเทียบกับการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกชนิดในสกุลนี้ (Tawong et al., 2014; Accoroni and Totti, 2016)

### 5.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

#### 5.3.1 อิทธิพลของปัจจัยฤดูมรสุม

ฤดูมรสุมส่งผลต่อปัจจัยทางกายภาพหลายอย่าง (Morton et al., 1992; Okolodkov et al., 2007; Mounir et al., 2013) เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ ทิศทางลม ทิศทางน้ำ ความรุนแรงคลื่น น้ำท่า ธาตุอาหารจากแผ่นดินที่มากับน้ำท่า (runoff) ซึ่งส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหาร ทำให้ทั้งสองฤดูมรสุมมีปริมาณธาตุอาหารไม่เท่ากัน (Yanagi et al., 2001; Tang et al., 2006) จากการศึกษาของ Tang และคณะ (2006) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของฤดูมรสุมและสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีด้วยรีโมทเซนซิง (remote - sensing) ได้รายงานว่าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกในช่วงเดือนธันวาคม และมกราคม มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีความชุกชุมมากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในทุกพื้นที่ศึกษา ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบว่ามีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสูงที่สุด แต่ถึงแม้แต่ละพื้นที่ศึกษามีความชุกชุมต่างกัน แต่องค์ประกอบของชนิดเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในพื้นที่ศึกษาไม่ต่างกัน (Vila et al., 2001)

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ทั้งสองฤดูมรสุม เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความเค็มน้ำทะเลสูงทั้งสองฤดูมรสุม ( $31 \pm 0$  ถึง  $34 \pm 0$  psu) จึงเหมาะแก่การเติบโตของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต (Morton et al., 1992; Pistocchi et al., 2011; Yamaguchi et al., 2012; Sparrow et al., 2017) ในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพมีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ต่ำกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีความเค็มน้ำทะเลต่ำ  $16 \pm 0$  psu โดยพบสกุล *Amphidinium* spp. เพียงสกุลเดียว ซึ่งเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Amphidinium* สามารถอาศัยอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้าง โดยสามารถเติบโตได้ในช่วงความเค็ม 14 ถึง 50 psu (Murray et al., 2015) ในขณะที่บริเวณแหล่งหญ้าทะเลหมู่บ้านเรือคการ์เด็นไม่พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เนื่องจากในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลมีความเค็มน้ำทะเลต่ำเพียง  $5 \pm 0$  psu จึงไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยหรือเติบโตของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

แม้ว่าเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหลายชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (Yamaguchi et al., 2012) แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมยังเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการเติบโต การกระจาย และความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่สามารถสร้างสารชีวพิษกลุ่ม ciguatera (Tester et al., 2010; Kibler et al., 2015) จากการศึกษาในครั้งนี้อุณหภูมิน้ำบริเวณแหล่งหญ้าทะเลทั้ง 4 บริเวณในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ( $30.4 \pm 0.6$  ถึง  $32.2 \pm 0.3$  องศาเซลเซียส) สูงกว่า

ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ( $26.5 \pm 0.1$  ถึง  $28.5 \pm 0.1$  องศาเซลเซียส) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา มีรายงานว่า *Amphidinium* cf. *carterae* มีการเติบโตดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส (Aquino-Cruz and Okolodkov, 2016) *Coolia tropicalis* และ *Coolia malayensis* มีการเติบโตดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Mohammad-Noor et al., 2013) *Ostreopsis* cf. *ovata* subclade ประเทศไทย มีการเติบโตดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Morton et al., 1992; Tawong et al., 2016) สกุล *Prorocentrum* มีการเติบโตดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 26 ถึง 28 องศาเซลเซียส (Morton et al., 1992) ดังจะเห็นได้ว่าช่วงอุณหภูมิในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโตของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่พบในการศึกษานี้

ธาตุอาหารในมวลน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อการเติบโต และการกระจายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ธาตุอาหารจะถูกพัดพามาพร้อมกับน้ำท่าแล้วสะสมอยู่ในดินตะกอน ซึ่งธาตุอาหารในดินจะถูกปลดปล่อยที่อุณหภูมิอันเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะถูกเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตนำไปใช้ในการเติบโตแม้ในช่วงที่มีธาตุอาหารในมวลน้ำน้อย จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสามารถเติบโตได้ดีแม้ในมวลน้ำมีธาตุอาหารน้อย (Tindall and Morton, 1998; Shears and Ross, 2009; Pistocchi et al., 2011)

### 5.3.2 อิทธิพลของปัจจัยทางภูมิศาสตร์

นอกจากอิทธิพลของปัจจัยฤดูมรสุมแล้วยังมีอิทธิพลของปัจจัยทางภูมิศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการกระจายและความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตเช่นกัน โดยบริเวณรอบอ่าวคังกระเบน มีกิจกรรมเพาะเลี้ยงกุ้ง และเลี้ยงปลาด้วยกระชัง ซึ่งอาจมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่อ่าวทำให้มีการสะสมของเสีย ประกอบกับด้วยลักษณะทางภูมิศาสตร์ของอ่าวคังกระเบนเป็นอ่าวกึ่งปิด (semi-enclosed bay) จึงอาจทำให้มีการถ่ายเทมวลน้ำไม่ดี (Mohammad-Noor et al., 2016) ในการศึกษาครั้งนี้ เวลานั้นน้ำลงต่ำสุดจะมีความลึกเพียง  $0.16 \pm 0.0$  เมตร ซึ่งทำให้มีความเข้มแสงสูง และเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมักจะหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความเข้มแสงสูง (Ballantine et al., 1985; Fraga et al., 2012) ทำให้ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีน้อย ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Mohammad-Noor และคณะ (2016) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในบริเวณชายฝั่งเปิดกับทะเลสาบกึ่งปิด (semi-enclosed lagoon) แล้วพบว่า เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีความชุกชุมในบริเวณทะเลสาบกึ่งปิดมากกว่าบริเวณชายฝั่งเปิด อย่างไรก็ตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลง และการกระจาย ทำให้มีความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชทะเลแตกต่างกัน (Gracia-Escobar et al., 2014; Mohammad-Noor et al., 2016) นอกจากนี้ลักษณะทางภูมิศาสตร์ยังมีผลต่อความรุนแรงของคลื่นซึ่งส่งผลต่อความชุกชุมของเบนทิก-

ไดโนแฟลกเจลเลต (Vila et al., 2001) โดยเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตต่างชนิดกันมักเลือกอาศัยในสภาพแวดล้อมต่างกัน เช่น สกุล *Ostreopsis* มักชอบบริเวณที่มีคลื่นปานกลางจนถึงคลื่นเบาขณะที่ *Coolia monotis* ชอบบริเวณคลื่นเบาจนถึงน้ำนิ่ง (Vila et al., 2001) แหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพและหมู่บ้านรือคการ์ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งใกล้ปากแม่น้ำระยองและแม่น้ำประแสร์ จึงได้รับอิทธิพลจากคลื่นและน้ำท่า โดยอิทธิพลดังกล่าวมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณแสงที่ส่องลงมาในแหล่งหญ้าทะเลจึงลดลง ซึ่งแสงที่ลดลงนั้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การเติบโตและการกระจายของไดโนแฟลกเจลเลตลดลง (D'Costa et al., 2008; Fraga et al., 2012)

หมู่เกาะแสมสารมีลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นหมู่เกาะที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยมีทั้งแหล่งหญ้าทะเล แนวปะการัง และแนวสาหร่ายขนาดใหญ่ ประกอบกับในการศึกษานี้พบสาหร่ายสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (*Padina* sp.) เติบโตอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล ดังรูปที่ 29 ซึ่งอาจเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตยึดเกาะมากขึ้น ทำให้แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีความหลากหลายและชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่าบริเวณที่ทำการศึกษานอื่น ๆ สอดคล้องกับรายงานของ Mabrouk และคณะ (2014) ที่กล่าวว่าบริเวณที่มีความหลากหลายชนิดของหญ้าทะเลและชนิดหญ้าทะเลที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีแนวโน้มที่จะพบความหลากหลายชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากเช่นกัน





รูปที่ 29 สาหร่ายสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (*Padina sp.*) ที่พบในแหล่งหญ้าทะเลหมู่เกาะแสมสาร

### 5.3.3 อิทธิพลของปัจจัยทางชีวภาพ

เนื่องจากแหล่งหญ้าทะเลเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อนหลายชนิด รวมทั้งสัตว์ครูดกิน (Fortes, 1993) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าบริเวณแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือค-การ์เด็น และอ่าวคู้งกระเบน พบหอยฝาเดียวขนาดเล็กซึ่งเป็นผู้ล่าอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก โดยหอยฝาเดียวเหล่านี้อาจครูดกินเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่เกาะติดบนใบหญ้า หรือแม้แต่บนพื้นดินตะกอน ดังรูปที่ 30 ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคู้งกระเบนน้อย อย่างไรก็ตามยังมีข้อมูลน้อยมากเกี่ยวอิทธิพลของผู้ล่าที่ควบคุมประชากรของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต (Fraga et al., 2012)



รูปที่ 30 หอยฝาเดี่ยวขนาดเล็กที่พบในแหล่งหญ้าทะเล โดย A คือ แหล่งหญ้าคาทะเล ในบริเวณอ่าว  
คุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี B คือ แหล่งหญ้ากุยช่ายเข็ม ในบริเวณชายฝั่งบ้านเพ จังหวัด  
ระยอง

ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Weiner และ ดัชนีความสม่ำเสมอของ Pielou's evenness ของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้น้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ยกเว้นแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่บ้านเรือकार์เด็นที่ไม่พบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้ไม่สามารถหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอได้ ซึ่งค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Weiner จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนชนิดมากขึ้นและมีการกระจายตัวของแต่ละชนิดอย่างสม่ำเสมอ และดัชนีความสม่ำเสมอของ Pielou's evenness จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสิ่งมีชีวิตมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอในแต่ละบริเวณที่ทำการศึกษามีแตกต่างกันมาก

#### 5.4 Substrate

ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีความหนาแน่นมากที่สุดบนแผ่นดาข่าย รองลงมาคือใบหญ้าทะเล ดินตะกอนที่ใช้วิธีเขย่า และดินตะกอนที่ใช้วิธีการใช้เครื่อง sonicator ซึ่งชนิดของ substrate ส่งผลต่อความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต (Mohammad-Noor et al., 2016) โดย substrate ที่มีความกว้าง ยาว สูง มีความยืดหยุ่น และมีพื้นที่ผิวมากมักจะเป็น substrate ที่เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตชอบยึดเกาะ (Taylor, 1985; Lobel et al., 1988; Bomber et al., 1989; Vila et al., 2001; Mounir et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษานี้ที่พบว่าหญาทาหะเลมีความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสูงที่สุด เนื่องจากหญาทาหะเลที่มีพื้นที่ผิวใบบมากที่สุด (78.96 ตารางเซนติเมตร) และในการศึกษานี้พบว่าแผ่นตาข่ายเป็น substrate ที่มีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตใกล้เคียงกับใบบหญาทาหะเล ซึ่งมีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกพื้นที่การศึกษาทั้งสองฤดูมรสุม (ยกเว้นบริเวณหมู่บ้านรือคการ์เด็นในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) จึงกล่าวได้ว่าแผ่นตาข่ายเป็น substrate ที่ดีสำหรับการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

วิธีแยกเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตออกจากดินตะกอนด้วยการเขย่าทำให้สามารถพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่า อาจเนื่องมาจากวิธีการเขย่าทำให้เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตหลุดออกจากดินตะกอนได้มากกว่า ในขณะที่วิธีการใช้เครื่อง sonicator ทำให้มีแต่เพียงตะกอนใบบนผิวน้ำดินตะกอนฟุ้งขึ้นมาในมวลน้ำได้เท่านั้น ประกอบกับเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมักจะสร้างเมือกเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับ substrate ทำให้หลุดออกมาจาก substrate ได้ยาก และอาจเป็นเพราะวิธีการใช้เครื่อง sonicator ทำให้เซลล์เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตกลุ่มที่มีเปลือกแตกเสียหาย อย่างไรก็ตามความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนดินตะกอนวิธีการเขย่ากับวิธีการใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกพื้นที่การศึกษาทั้งสองฤดูมรสุม

แหล่งหญาทาหะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารกับบริเวณอ่าวคังกระเบน มีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับใบบหญาทาหะเล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tester และคณะ (2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตพืชโดยใช้แผ่นตาข่าย (black fiberglass screen) กับการเก็บจากสาหร่ายขนาดใหญ่ และรายงานไว้ในบริเวณเดียวกันพบความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายสัมพันธ์กับเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่เป็นชนิดเดียวกันบนสาหร่ายขนาดใหญ่ ในขณะที่แหล่งหญาทาหะเลบริเวณชายฝั่งบ้านเพกับบริเวณหมู่บ้านรือคการ์เด็น มีความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับใบบหญาทาหะเลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งความแตกต่างของความซุกซุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในบริเวณศึกษาเนื่องมาจากชนิดของหญาทาหะเลหรืออาจเนื่องมาจากปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพอื่นๆ

## บทที่ 6

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 องค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเล ประเภทของดินตะกอน และปัจจัยทางกายภาพ

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกที่ทำการศึกษาทั้ง 4 บริเวณ พบหญ้าทะเลทั้งหมด 3 ชนิด คือ หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าใบมะกรูดแคระ (*Halophila minor*) และหญ้ากุยช่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) โดยเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลในมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่ามรสุมตะวันออกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่การศึกษา ลักษณะดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีลักษณะเป็นทราย ซึ่งต่างจากบริเวณแหล่งหญ้าทะเลตามชายฝั่ง (ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านเรือकार์เด็น และอ่าวคู้กระเบน) โดยมีลักษณะเป็นโคลนปนทราย เนื่องจากหมู่เกาะแสมสารตั้งอยู่ห่างจากแผ่นดินทำให้ได้รับอิทธิพลของตะกอนจากน้ำทำนน้อย ฤดูมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปัจจัยทางกายภาพต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเค็มน้ำทะเล ธาตุอาหาร ความรุนแรงคลื่น น้ำท่า ลักษณะดินตะกอน และการกระจายหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

#### 6.2 ชนิดของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 9 ชนิด ซึ่งทุกชนิดเคยมีรายงานว่ามีความสามารถในการสร้างสารชีวพิษ สำหรับ *Coolia cf. malayensis* ที่พบในการศึกษานี้มีลักษณะของแผ่นเปลือกย่อย 3' เป็นรูปห้าเหลี่ยมและติดต่อกับแผ่นเปลือกย่อย 5'' ซึ่งแตกต่างจากรายงานการค้นพบชนิดนี้ครั้งแรกของ Leaw และคณะ (2010) อย่างไรก็ตามลักษณะของแผ่นเปลือกย่อย 3' บริเวณที่อยู่ใกล้กับแผ่นเปลือกย่อย 5'' จากรูปลายเส้นของ Leaw และคณะ (2010) มีลักษณะเป็นปลายแหลมซึ่งยากจะระบุได้ว่าแผ่นเปลือกย่อย 3' กับ 5'' อยู่ติดต่อกันหรือไม่ แต่ขนาดของเซลล์และแผ่นเปลือกย่อยอื่นๆ มีลักษณะตรงตามที่ Leaw และคณะ (2010) และรายงานการศึกษา *Coolia malayensis* ของ Jeong และคณะ (2012) กับ Wakeman และคณะ (2015) เคยรายงานไว้ และยังพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต 1 strain ในสกุล *Ostreopsis* ที่มีลักษณะคาบเกี่ยวอยู่ระหว่าง *Ostreopsis fattorussoi* และ *Ostreopsis ovata* โดยมีลักษณะแผ่นเปลือกย่อย 1' กว้าง และตั้งอยู่ตรงกลางของ epitheca เมื่อมองจากด้านบน เหมือนชนิด *O. ovata* รอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกย่อย 1' กับแผ่นเปลือกย่อย 3' มีลักษณะโค้งเว้าเข้ามาทาง

แผ่นเปลือกย่อย 1' แผ่นเปลือกย่อย 2' แคบ ยาว โค้งล้อมรอบแผ่นเปลือกย่อย Po จากทางด้านหลัง และยาวไปจนติดกับแผ่นเปลือกย่อย 4'' เหมือนชนิด *O. fattorussoi* อย่างไรก็ตามเบนทิก-ไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ostreopsis* เป็นสกุลที่มีความแปรปรวนในลักษณะทางสัณฐานวิทยาสูงทั้งเซลล์ที่พบในธรรมชาติและเซลล์จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

### 6.3 ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

ความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปัจจัยจากฤดูมรสุม ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ (ซึ่งส่งผลต่อปัจจัยทางกายภาพต่างๆ) และปัจจัยทางชีวภาพ ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมีความชุกชุมในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในทุกพื้นที่ศึกษา โดยแหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตสูงที่สุด รองลงมาคือ บริเวณอ่าวคู้กระเบน ชายฝั่งบ้านเพ และหมู่บ้านรือคการ์เด็น ตามลำดับ เนื่องจากแหล่งหญ้าทะเลตามแนวชายฝั่ง (ชายฝั่งบ้านเพ หมู่บ้านรือคการ์เด็น และอ่าวคู้กระเบน) ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าและตะกอนทำให้มีความเค็มต่ำ ( $5 \pm 0$  ถึง  $17 \pm 0$  psu) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อีกทั้งพบหอยฝาเดียวขนาดเล็กอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งหอยฝาเดียวขนาดเล็กเหล่านี้อาจครูดกินเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่เกาะติดบนใบหญ้าหรือแม้แต่บนพื้นดินตะกอนได้ จึงพบความชุกชุมเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลตามแนวชายฝั่งน้อย ขณะที่แหล่งหญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสารเป็นบริเวณที่มีความเค็มสูงตลอดปี ( $34 \pm 0$  psu) มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยพบหญ้าทะเล 2 ชนิด (หญ้าคาทะเลกับหญ้าใบมะกรูดแคระ) และพบสาหร่ายสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (*Padina* sp.) เติบโตอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล ซึ่งอาจเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตยึดเกาะมากขึ้น จึงเหมาะแก่การเติบโตของเบนทิก-ไดโนแฟลกเจลเลต อีกทั้งดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Weiner และ ดัชนีความสม่ำเสมอของ Pielou's evenness ยังบ่งชี้ถึงความชุกชุมเชิงคุณภาพของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ซึ่งในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0 ถึง 1.028, ดัชนีความสม่ำเสมอ เท่ากับ 0 ถึง 0.742) มีค่าดัชนีน้อยกว่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 0.940 ถึง 1.168, ดัชนีความสม่ำเสมอ เท่ากับ 0.678 ถึง 0.842) โดยบริเวณหมู่เกาะแสมสารเป็นบริเวณที่มีดัชนีความหลากหลายชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ สูงที่สุดในทุกพื้นที่การศึกษา

### 6.4 Substrate

ในการศึกษานี้พบว่าในทุกพื้นที่การศึกษาทั้งสองฤดูมรสุม หญ้าคาทะเลเป็นชนิดหญ้าทะเลที่มีความหนาแน่นของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่าหญ้ากุยช่ายเข็มและหญ้าใบมะกรูดแคระ

เนื่องจากหญ้าคาทะเลมีพื้นที่ผิวใบมากที่สุด (78.96 ตารางเซนติเมตร) วิธีการแยกเบนทิกไดโน-แฟลกเจลเลตออกจากดินตะกอนด้วยการเขย่า ทำให้สามารถพบเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตมากกว่าการใช้เครื่อง sonicator แต่อย่างไรก็ตามความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนดินตะกอน วิธีการเขย่ากับใช้เครื่อง sonicator ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษาพบว่าแผ่นตาข่ายเป็น substrate ที่มีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตใกล้เคียงกับใบหญ้าทะเล และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติบ่งชี้ว่าความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนแผ่นตาข่ายกับบนใบหญ้าทะเล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกพื้นที่การศึกษาทั้งสองฤดูมรสุม จึงกล่าวได้ว่าแผ่นตาข่ายเป็น substrate ที่ดีสำหรับการศึกษาเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต

## ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อทราบการกระจายและความชุกชุมของเบนทิกไดโน-แฟลกเจลเลตในแหล่งหญ้าทะเลในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก โดยสามารถใช้ในการประเมินความเสี่ยงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี หรือประเมินคุณภาพอาหารทะเลที่อาจปนเปื้อนสารชีวพิษจากบริเวณที่มีความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตที่มีศักยภาพในการสร้างสารชีวพิษ และควรมีการศึกษาการกระจายและความชุกชุมของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในบริเวณอื่นๆ ควรมีการศึกษาทางอนุพันธุศาสตร์เพิ่มเติมเพื่อเป็นฐานข้อมูลและเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกชนิดเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต รวมทั้งควรมีการทดสอบความเป็นพิษของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี และการสะสมสารชีวพิษจากเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตในอาหารทะเลต่อไป

## รายการอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2556. รายงานการสำรวจและประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง : ปะการังและหญ้าทะเล ปี 2556. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2558. คัมภีร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของไทย. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- พรศิลป์ ผลพันธ์. 2530. อนุกรมวิธานและการกระจายของไดโนแฟลกเจลเลตในครอบครัว Dinophysaceae, Gonyaulacaceae และ Peridiniaceae ในอ่าวไทย. มหาวิทยาลัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรศิลป์ ผลพันธ์. 2536. อนุกรมวิธานของไดโนแฟลกเจลเลต. ใน: สุนีย์ สุวภีพันธ์ และ ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์. น้ำเปลี่ยนสี. กองประมง ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน.
- ภาณุ จารุลักขณา และ รุจิณาจศรีวุ่น. 2555. ความหลากหลายของเบนทิกไดโนแฟลกเจลเลตบนใบหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides* (L.f.) Royle) บริเวณแหลม หงษ์หล้า อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง. ใน การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6. 28-30 มีนาคม 2555. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิญญู คันดิวิชยะ. 2552. ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตในแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภูบริเวณอ่าวท่าแฉลบ-สวี จังหวัดชุมพร. ปริญญาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- โสภา สมบูรณ์, ถันนยพัส ศิริชัยเศรษฐ์, วรณศิริ ชีอนิยม, รชยา สายสหัส, ธเนตร วรณรังษี และ นฤมล กรณิตนันท์. 2559. เบนทิกไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ostreopsis*, *Prorocentrum* และ *Gambierdiscus* บริเวณเกาะรีน และเกาะจาม จังหวัดชลบุรี. ใน การประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่ 5. 1-3 มิถุนายน 2559. โรงแรมรามการ์เด้น กรุงเทพมหานคร.
- อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, ชลธยา ทรงรูป และ ชูวงศ์ ตมิทานนท์. 2545. รายงานการวิจัยสาหร่ายหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนและระบบบึงเวศชายฝั่ง. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- Accoroni, S. 2013. Ecology, morphological variability and life cycle stages of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata*. Doctoral dissertation, Department

of Life and Environmental Sciences, Faculty of Science, Università Politecnica Delle Marche.

- Accoroni, S., Romagnoli, T., Penna, A., Capellacci, S., Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Tartaglione, L., Abboud-Abi Saab, M., Giussani, V. and Asnaghi, V. 2016. *Ostreopsis fattorussoi* sp. nov.(Dinophyceae), a new benthic toxic *Ostreopsis* species from the eastern Mediterranean Sea. Journal of phycology 52(6): 1064-1084.
- Accoroni, S. and Totti, C. 2016. The toxic benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis* in temperate areas: a review. Advances in Oceanography and Limnology 7(1): 1-15.
- Alcala, A.C., Alcala, L.C., Garth, J.S., Yasumura, D. and Yasumoto, T. 1988. Human fatality due to ingestion of the crab *Demania reynaudii* that contained a palytoxin-like toxin. Toxicon 26(1): 105-107.
- Anderson, D.M. 2009. Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). Ocean and coastal management 52(7): 342-347.
- Aquino-Cruz, A. and Okolodkov, Y.B. 2016. Impact of increasing water temperature on growth, photosynthetic efficiency, nutrient consumption, and potential toxicity of *Amphidinium* cf. *carterae* and *Coolia monotis* (Dinoflagellata). Revista de Biología Marina y Oceanografía 51(3): 565-580.
- Ballantine, D., Bardales, A., Tosteson, T. and Durst, H. 1985. Seasonal abundance of *Gambierdiscus toxicus* and *Ostreopsis* sp. in coastal waters of southwest Puerto Rico. In Proceedings of The Fifth International Coral Reef Congress, 417-422. Tahiti.
- Bergholtz, T., Daugbjerg, N., Moestrup, O. and Fernández-Tejedor, M. 2006. On the identity of *Karlodinium veneficum* and description of *Karlodinium armiger* sp. nov.(dinophyceae), based on light and electron microscopy, nuclear-encoded LSU rDNA, and pigment composition. Journal of Phycology 42(1): 170-193.
- Bomber, J.W., Rubio, M.G. and Norris, D.R. 1989. Epiphytism of dinoflagellates associated with the disease ciguatera: substrate specificity and nutrition. Phycologia 28(3): 360-368.



- Borum, J., Duarte, C.M., Greve, T.M. and Krause-Jensen, D. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. Department of Marine Ecology: The EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses
- Botana, L., Rodriguez-Vieytes, M., Alfonso, A. and Louzao, M. 1996. Phycotoxins: paralytic shellfish poisoning and diarrhetic shellfish poisoning. In: Nollet, L.M.L. (eds.), Handbook of Food Analysis. New York: Marcel Dekker; p. 1147-1170.
- Burgess, V. and Shaw, G. 2001. Pectenotoxins - an issue for public health: a review of their comparative toxicology and metabolism. Environment International 27(4): 275-283.
- Catania, D., Richlen, M.L., Mak, Y.L., Morton, S.L., Laban, E.H., Xu, Y., Anderson, D.M., Chan, L.L. and Berumen, M.L. 2017. The prevalence of benthic dinoflagellates associated with ciguatera fish poisoning in the central Red Sea. Harmful Algae 68: 206-216.
- Chinain, M., Faust, M.A. and Pauillac, S. 1999. Morphology and molecular analyses of three toxic species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae): *G. pacificus*, sp. nov., *G. australes*, sp. nov., and *G. polynesiensis*, sp. nov. Journal of Phycology 35(6): 1282-1296.
- D'Costa, P.M., Anil, A.C., Patil, J.S., Hegde, S., D'Silva, M.S. and Chourasia, M. 2008. Dinoflagellates in a mesotrophic, tropical environment influenced by monsoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science 77(1): 77-90.
- Fabricius, K., Logan, M., Weeks, S. and Brodie, J. 2014. The effects of river run-off on water clarity across the central Great Barrier Reef. Marine Pollution Bulletin 84(1): 191-200.
- Faust, M.A. 1999. Three new *Ostreopsis* species (Dinophyceae): *O. marinus* sp. nov., *O. belizeanus* sp. nov., and *O. caribbeanus* sp. nov. Phycologia 38(2): 92-99.
- Faust, M.A. and Gullett, R.A. 2002. Identifying harmful marine dinoflagellates. Contributions from the United States National Herbarium 42: 1-144.
- Faust, M.A. and Morton, S.L. 1995. Morphology and ecology of the marine dinoflagellate *Ostreopsis labens* sp. nov. (Dinophyceae). Journal of Phycology 31(3): 456-463.

- Foden, J., Purdie, D.A., Morris, S. and Nascimento, S. 2005. Epiphytic abundance and toxicity of *Prorocentrum lima* populations in the Fleet Lagoon, UK. Harmful Algae 4(6): 1063-1074.
- Fortes, M.D. 1993. Seagrass: Their role in marine ranching,. In: Arnulfo N. Marasigan, Armando F. Tamse and Fukuyo, Y. (eds.), Prorocentrum (Prorocentrales: Dinophyceae) populations on seagrass-blade surface in Taklong Island, Guimaras Province, Philippines. Plankton Biology and Ecology p. 79-84.
- Fraga, S., Rodríguez, F., Bravo, I., Zapata, M. and Marañón, E. 2012. Review of the main ecological features affecting benthic dinoflagellate blooms. Cryptogamie, Algologie 33(2): 171-179.
- Fritz, L. and Triemer, R.E. 1985. A rapid simple technique utilizing calcofluor white M2R for the visualization of dinoflagellate thecal plates. Journal of Phycology 21(4): 662-664.
- Fukuyo, Y. 1981. Taxonomical study on benthic dinoflagellates collected in coral reefs. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 47(8): 967-978.
- Garcia, C., Truan, D., Lagos, M., Santelices, J.P., Diaz, J.C. and Lagos, N. 2005. Metabolic transformation of dinophysistoxin-3 into dinophysistoxin-1 causes human intoxication by consumption of O-acyl-derivatives dinophysistoxins contaminated shellfish. The Journal of Toxicological Sciences 30(4): 287-296.
- Gracia-Escobar, M.F., Millan-Nunez, R., Gonzalez-Silvera, A., Santamaria-del-Angel, E., Camacho-Ibar, V.F. and Trees, C.C. 2014. Changes in the abundance and composition of phytoplankton in a coastal lagoon during neap-spring tide conditions. Open Journal of Marine Science 4(2): 80.
- Hallegraeff, G., Munday, B., Baden, D. and Whitney, P. 1998. *Chattonella marina* raphidophyte bloom associated with mortality of cultured bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in South Australia. In Harmful Microalgae, 1-5. Vigo, Spain.
- Hallegraeff, G.M. 1995. Harmful algal blooms: a global overview. In: Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella A.D., Enevoldsen H. (eds.), Manual on Harmful Marine Microalgal Blooms. IOC Manuals and Guides. France: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; p. 25-49.

- Hallegraeff, G.M. 2010. Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. Journal of Phycology 46(2): 220-235.
- Halstead, B. 1988. Poisonous and Venomous Marine Animals of the World. 1988. Princeton, New Jersey: The Darwin Press.
- Heisler, J., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., Anderson, D.M., Cochlan, W., Dennison, W.C., Dortch, Q., Gobler, C.J., Heil, C.A. and Humphries, E. 2008. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. Harmful Algae 8(1): 3-13.
- Holloway-Adkins, K.G. and Ehrhart, L.M. 2002. Mosquito lagoon green turtles (*Chelonia mydas*): potential ingestion of toxic dinoflagellates based on feeding ecology. In Third Biennial Mosquito Lagoon Conference, 13. 6-7 August 2002. Titusville, Florida, USA.
- Holmes, M.J., Lewis, R.J., Jones, A. and Hoy, A.W.W. 1995. Cooliatoxin, the first toxin from *Coolia monotis* (Dinophyceae). Natural Toxins 3(5): 355-362.
- Hoppenrath, M., Chomérat, N., Horiguchi, T., Schweikert, M., Nagahama, Y. and Murray, S. 2013. Taxonomy and phylogeny of the benthic *Prorocentrum* species (Dinophyceae) - A proposal and review. Harmful Algae 27: 1-28.
- Hu, T., Marr, J., De Freitas, A., Quilliam, M., Wright, J. and Pleasance, S. 1992. New diol esters (of okadaic acid) isolated from cultures of the dinoflagellates *P. lima* and *P. concavum*. Journal of Natural Products 55: 1631-1637.
- Jackson, E.L., Rowden, A.A., Attrill, M.J., Bossey, S.J. and Jones, M.B. 2001. The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. Oceanography and Marine Biology 39: 269-304.
- Jeong, H.J., Yih, W., Kang, N.S., Lee, S.Y., Yoon, E.Y., Yoo, Y.D., Kim, H.S. and Kim, J.H. 2012. First report of the epiphytic benthic dinoflagellates *Coolia canariensis* and *Coolia malayensis* in the waters off Jeju Island, Korea: morphology and rDNA sequences. Journal of Eukaryotic Microbiology 59(2): 114-133.
- Khan, S., Arakawa, O. and Onoue, Y. 1997. Neurotoxins in a toxic red tide of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) in Kagoshima Bay, Japan. Aquaculture Research 28(1): 9-14.

- Kibler, S.R., Tester, P.A., Kunkel, K.E., Moore, S.K. and Litaker, R.W. 2015. Effects of ocean warming on growth and distribution of dinoflagellates associated with ciguatera fish poisoning in the Caribbean. Ecological Modelling 316: 194-210.
- Lamb, J.B., van de Water, J.A., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Fiorenza, E.A., Abu, N., Jompa, J. and Harvell, C.D. 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. Science 355(6326): 731-733.
- Larsen, J. 2002. Dinoflagelados atecados potencialmente toxígenos en el cono sur Americano. In: Sar, E.A., M.E. Ferrario and Reguera, B. (eds.), Free-living marine planktonic unarmoured dinoflagellates from the Gulf of Mexico and the Mexican Pacific.
- Lawrence, J., Grant, J., Quilliam, M., Bauder, A. and Cembella, A. 2000. Colonization and growth of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* and associated fouling macroalgae on mussels in suspended culture. Marine Ecology Progress Series 201: 147-154.
- Laza-Martinez, A., Orive, E. and Miguel, I. 2011. Morphological and genetic characterization of benthic dinoflagellates of the genera *Coolia*, *Ostreopsis* and *Prorocentrum* from the south-eastern Bay of Biscay. European Journal of Phycology 46(1): 45-65.
- Leaw, C.P., Lim, P.T., Cheng, K.W., Ng, B.K. and Usup, G. 2010. Morphology and molecular characterization of a new species of thecate benthic dinoflagellate, *Coolia malayensis* sp. nov.(Dinophyceae). Journal of Phycology 46(1): 162-171.
- Lehane, L. and Lewis, R.J. 2000. Ciguatera: recent advances but the risk remains. International Journal of Food Microbiology 61(2): 91-125.
- Lirdwitayaprasit, T. 1997. Distribution of dinoflagellate cysts in the surface sediment of the South China Sea, Area I: Gulf of Thailand and East Coast of Peninsular Malaysia. In Proceedings of the first technical seminar on marine fishery resources survey in the South China Sea, 294-309.
- Litaker, R.W., Vandersea, M.W., Faust, M.A., Kibler, S.R., Nau, A.W., Holland, W.C., Chinain, M., Holmes, M.J. and Tester, P.A. 2010. Global distribution of ciguatera causing dinoflagellates in the genus *Gambierdiscus*. Toxicon 56(5): 711-730.

- Lobel, P.S., Anderson, D.M. and Durand-Clement, M. 1988. Assessment of ciguatera dinoflagellate populations: sample variability and algal substrate selection. The Biological Bulletin 175(1): 94-101.
- Mabrouk, L., Ben Brahim, M., Hamza, A., Mahfoudhi, M. and Bradai, M.N. 2014. A comparison of abundance and diversity of epiphytic microalgal assemblages on the leaves of the seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) and *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch in Eastern Tunisia. Journal of Marine Biology 2014.
- Maranda, L., Corwin, S., Dover, S. and Morton, S.L. 2007. *Prorocentrum lima* (Dinophyceae) in northeastern USA coastal waters: II: Toxin load in the epibiota and in shellfish. Harmful Algae 6(5): 632-641.
- Marasigan, A.N., Tamse, A.F. and Fukuyo, Y. 2001. *Prorocentrum* (Prorocentrales: Dinophyceae) populations on seagrass-blade surface in Taklong Island, Guimaras Province, Philippines. Plankton Biology and Ecology (Japan).
- McRoy, C.P. and Helfferich, C. 1980. Applied aspects of seagrass. In: Phillips, R.C. and McRoy, C.P. (eds.), Handbook of Seagrass Biology. New York: Garland STPM Press; p. 297-343.
- McRoy, C.P. and McMillan, C. 1977. Production ecology and physiology of seagrass. In: McRoy, C.P. and Helfferich, C. (eds.), Seagrass Ecosystem: A Scientific Perspective. New York: Marcel Dekker; p. 53-87.
- Mohammad-Noor, N., Al-Has, A., Saad, S. and Aung, T. 2016. Comparison on the cell abundance of benthic dinoflagellates in macrophytes and water column collected from open coastal waters and semi-enclosed lagoon. Sains Malaysiana 45(4): 595-599.
- Mohammad-Noor, N., Daugbjerg, N., Moestrup, Ø. and Anton, A. 2004. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia—a study of live cultures and preserved samples based on light and scanning electron microscopy. Nordic Journal of Botany 24(6): 629-690.
- Mohammad-Noor, N., Moestrup, O., Lundholm, N., Fraga, S., Adam, A., Holmes, M.J. and Saleh, E. 2013. Autecology and phylogeny of *Coolia tropicalis* and *Coolia malayensis* (Dinophyceae), with emphasis on taxonomy of *C. tropicalis* based

- on light microscopy, scanning electron microscopy and LSU rDNA1. Journal of Phycology 49(3): 536-545.
- Morton, S.L., Norris, D.R. and Bomber, J.W. 1992. Effect of temperature, salinity and light intensity on the growth and seasonality of toxic dinoflagellates associated with ciguatera. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 157(1): 79-90.
- Mounir, B.B., Asma, H., Sana, B.I., Lotfi, M., Abderrahmen, B. and Lotfi, A. 2013. What factors drive seasonal variation of phytoplankton, protozoans and metazoans on leaves of *Posidonia oceanica* and in the water column along the coast of the Kerkennah Islands, Tunisia? Marine Pollution Bulletin 71(1): 286-298.
- Murray, S., Jorgensen, M.F., Daugbjerg, N. and Rhodes, L. 2004. *Amphidinium* revisited. II. Resolving species boundaries in the *Amphidinium operculatum* species complex (Dinophyceae), including the descriptions of *Amphidinium trulla* sp. nov. and *Amphidinium gibbosum*. comb. nov. Journal of Phycology 40(2): 366-382.
- Murray, S.A., Kohli, G.S., Farrell, H., Spiers, Z.B., Place, A.R., Dorantes-Aranda, J.J. and Ruszczyk, J. 2015. A fish kill associated with a bloom of *Amphidinium carterae* in a coastal lagoon in Sydney, Australia. Harmful Algae 49: 19-28.
- Nagelkerken, I., Roberts, C., Van Der Velde, G., Dorenbosch, M., Van Riel, M., De La Moriniere, E.C. and Nienhuis, P. 2002. How important are mangroves and seagrass beds for coral-reef fish? The nursery hypothesis tested on an island scale. Marine Ecology Progress Series 244: 299-305.
- Nakajima, I., Oshima, Y. and Yasumoto, T. 1981. Toxicity of benthic dinoflagellates found in coral reef-II. Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 47(8): 1029-1033.
- Nezan, E. and Chomerat, N. 2011. *Vulcanodinium rugosum* gen. Nov., sp. Nov.(dinophyceae): A new marine dinoflagellate from the French mediterranean coast. Cryptogamie Algologie 32(1): 3-18.
- Nguyen, V.X., Detcharoen, M., Tuntiprapas, P., Soe-Htun, U., Sidik, J.B., Harah, M.Z., Prathep, A. and Papenbrock, J. 2014. Genetic species identification and

- population structure of *Halophila* (Hydrocharitaceae) from the Western Pacific to the Eastern Indian Ocean. BMC Evolutionary Biology 14(1): 92.
- Nielsen, L.T., Hansen, P.J., Krock, B. and Vismann, B. 2016. Accumulation, transformation and breakdown of DSP toxins from the toxic dinoflagellate *Dinophysis acuta* in blue mussels, *Mytilus edulis*. Toxicon 117: 84-93.
- Noguchi, T., Hwang, D.-F., Arakawa, O., Daigo, K., Sato, S., Ozaki, H., Kawai, N., Ito, M. and Hashimoto, K. 1987. Palytoxin as the causative agent in the parrotfish poisoning. In: Tubaro, A., *et al.* (eds.), Case definitions for human poisonings postulated to palytoxins exposure. Toxicon; p. 478-495.
- Noguchi, T., Hwang, D., Arakawa, O., Daigo, K., Sato, S., Ozaki, H., Kawai, N., Ito, M. and Hashimoto, K. 1988. Palytoxin as the causative agent in parrotfish poisoning. In Toxicon, 34-34.
- Norris, D., Bomber, J. and Balech, E. 1985. Benthic dinoflagellates associated with ciguatera from the Florida Keys. I. *Ostreopsis heptagona* sp. nov. In: White, D.M.a.B., D.G. (eds.), Toxic Dinoflagellates. New York: Elsevier; p. 39-44.
- Ogata, S., Kanamori, M., Yamaguchi, H. and Taguchi, H. 1986. Properties of a protein antigen common to *Yersinia enterocolitica* and other gram-negative bacteria. Contributions to Microbiology and Immunology 9: 201-212.
- Okolodkov, Y.B., Campos-Bautista, G., Gárate-Lizárraga, I., González-González, J.A.G., Hoppenrath, M. and Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico. Aquatic Microbial Ecology 47(3): 223-237.
- Orth, R.J. and Montfrans, J.V. 1984. Epiphyte-seagrass relationships with an emphasis on the role of micrograzing: a review. Aquatic Botany 18(1-2): 43-69.
- Penna, A., Vila, M., Fraga, S., Giacobbe, M.G., Andreoni, F., Riobó, P. and Vernesi, C. 2005. Characterization of *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates in the Western Mediterranean Sea based on morphology, toxicity and internal transcribed spacer 5.8 S rDNA sequences. Journal of Phycology 41(1): 212-225.
- Pistocchi, R., Pezzolesi, L., Guerrini, F., Vanucci, S., Dell'Aversano, C. and Fattorusso, E. 2011. A review on the effects of environmental conditions on growth and toxin production of *Ostreopsis ovata*. Toxicon 57(3): 421-428.

- Quod, J.P. 1994. *Ostreopsis mascarensis* sp. nov. (Dinophyceae), dinoflagellates toxiques associes a la ciguatera dans l'Ocean Indien. Cryptogamie Algologie 15: 243-251.
- Rhodes, L., Smith, K., Selwood, A., McNabb, P., Munday, R., Suda, S., Molenaar, S. and Hallegraeff, G. 2011. Dinoflagellate *Vulcanodinium rugosum* identified as the causative organism of pinnatoxins in Australia, New Zealand and Japan. Phycologia 50(6): 624-628.
- Rodriguez, E.A., Pineda, J.E.M. and Gavio, B. 2010. Survey of benthic dinoflagellates associated to beds of *Thalassia testudinum* in San Andres island, seaflower biosphere reserve, caribbean colombia. Acta Biológica Colombiana 15(2): 229-246.
- Sanguansin, J. 1991. Bottom sediments in the eastern coast of the gulf of Thailand (Samae San Strait-Trat). In Seminar on Fisheries 1991, Bangkok (Thailand), 16-18 Sep 1991.
- Saraya, A., Sintunawa, C., Wacharapluesadee, S., Swangpun, K., Dumrongchua, S., Wilde, H. and Hemachudha, T. 2014. Marine fish toxins in Thailand: Report of 6 suspected ciguatera cases. Case Reports in Clinical Medicine 3(05): 286.
- Schmidt, J. 1902. Flora of Koh Chang. Contribution to the Knowledge of the Vegetation in the Gulf of Siam. Cornell University.
- Shah, M., Mahfuzur, R., An, S.-J. and Lee, J.-B. 2013. Presence of benthic dinoflagellates around coastal waters of Jeju Island including newly recorded species. Journal of Ecology and Environment 36(4): 347-370.
- Shears, N.T. and Ross, P.M. 2009. Blooms of benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*; an increasing and ecologically important phenomenon on temperate reefs in New Zealand and worldwide. Harmful Algae 8(6): 916-925.
- Skinner, M.P., Brewer, T.D., Johnstone, R., Fleming, L.E. and Lewis, R.J. 2011. Ciguatera fish poisoning in the Pacific Islands (1998 to 2008). PLOS Neglected Tropical Diseases 5(12): 1416.
- Sozzi, G., Marotta, P., Aldeghi, D., Tredici, G. and Calvi, L. 1988. Polyneuropathy secondary to ciguatoxin poisoning. The Italian Journal of Neurological Sciences 9(5): 491-495.



- Sparrow, L., Momigliano, P., Russ, G.R. and Heimann, K. 2017. Effects of temperature, salinity and composition of the dinoflagellate assemblage on the growth of *Gambierdiscus carpenteri* isolated from the Great Barrier Reef. Harmful Algae 65: 52-60.
- Steidinger, K.A.T., K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas, C.R. (eds.), Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. New York: Academic Press; p. 387-598.
- Tang, D.L., Kawamura, H., Shi, P., Takahashi, W., Guan, L., Shimada, T., Sakaida, F. and Isoguchi, O. 2006. Seasonal phytoplankton blooms associated with monsoonal influences and coastal environments in the sea areas either side of the Indochina Peninsula. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 111(G1).
- Taniyama, S., Arakawa, O., Terada, M., Nishio, S., Takatani, T., Mahmud, Y. and Noguchi, T. 2003. *Ostreopsis* sp., a possible origin of palytoxin (PTX) in parrotfish *Scarus ovifrons*. Toxicon 42(1): 29-33.
- Tawong, W. 2014. Studies on toxic benthic dinoflagellates from Thailand. Doctoral dissertation, Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University.
- Tawong, W., Nishimura, T., Sakanari, H., Sato, S., Yamaguchi, H. and Adachi, M. 2014. Distribution and molecular phylogeny of the dinoflagellate genus *Ostreopsis* in Thailand. Harmful Algae 37: 160-171.
- Tawong, W., Yoshimatsu, T., Yamaguchi, H. and Adachi, M. 2016. Temperature and salinity effects and toxicity of *Gambierdiscus caribaeus* (Dinophyceae) from Thailand. Phycologia 55(3): 274-278.
- Taylor, F.J.R. 1985. The distribution of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in the Eastern Caribbean. In Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, 423-428.
- Tester, P.A., Feldman, R.L., Nau, A.W., Kibler, S.R. and Litaker, R.W. 2010. Ciguatera fish poisoning and sea surface temperatures in the Caribbean Sea and the West Indies. Toxicon 56(5): 698-710.
- Tester, P.A., Kibler, S.R., Holland, W.C., Usup, G., Vandersea, M.W., Leaw, C.P., Teen, L.P., Larsen, J., Mohammad-Noor, N. and Faust, M.A. 2014. Sampling harmful benthic dinoflagellates: comparison of artificial and natural substrate methods. Harmful Algae 39: 8-25.

- Tindall, D.R. and Morton, S.L. 1998. Community dynamics and physiology of epiphytic/benthic dinoflagellates associated with ciguatera. NATO ASI Series G. Ecological Sciences 41: 293-314.
- Totti, C., Accoroni, S., Cerino, F., Cucchiari, E. and Romagnoli, T. 2010. *Ostreopsis ovata* bloom along the Conero Riviera (northern Adriatic Sea): relationships with environmental conditions and substrata. Harmful Algae 9(2): 233-239.
- Tubaro, A., Durando, P., Del Favero, G., Ansaldi, F., Icardi, G., Deeds, J. and Sosa, S. 2011. Case definitions for human poisonings postulated to palytoxins exposure. Toxicon 57(3): 478-495.
- Vale, C. and Ares, I.R. 2007. Biochemistry of palytoxins and ostreocins. Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry: 95-118.
- Verma, A., Hoppenrath, M., Dorantes-Aranda, J.J., Harwood, D.T. and Murray, S.A. 2016. Molecular and phylogenetic characterization of *Ostreopsis* (Dinophyceae) and the description of a new species, *Ostreopsis rhodesae* sp. nov., from a subtropical Australian lagoon. Harmful Algae 60: 116-130.
- Vila, M., Garcés, E. and Masó, M. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. Aquatic Microbial Ecology 26(1): 51-60.
- Viviani, R. 1992. Eutrophication, marine biotoxins, human health. The Science of the Total Environment: 631-662.
- Wakeman, K.C., Yamaguchi, A., Roy, M.C. and Jenke-Kodama, H. 2015. Morphology, phylogeny and novel chemical compounds from *Coolia malayensis* (Dinophyceae) from Okinawa, Japan. Harmful Algae 44: 8-19.
- Walker, D.I. 1989. Regional studies- seagrass in Shark Bay, the foundations of an ecosystem. In: Larkum, A.W.D., McComb, A.J. and Shepherd, S.A. (eds.), Biology of Seagrasses. Amsterdam: Elsevier; p. 182-210.
- Wutthaivorawong, C., Kakhai, N. and Polpool, S. 2010. Seasonal changes and distribution of seagrass along the coasts and some Islands in Sattahip District, Thailand. Proceedings of the 5th International Symposium on SEASTAR2000 and Asian Bio-logging Science (The 9th SEASTAR2000 workshop): 85-90.

- Yamaguchi, H., Tanimoto, Y., Yoshimatsu, T., Sato, S., Nishimura, T., Uehara, K. and Adachi, M. 2012. Culture method and growth characteristics of marine benthic dinoflagellate *Ostreopsis* spp. isolated from Japanese coastal waters. Fisheries Science 78(5): 993-1000.
- Yanagi, T., Onitsuka, G., Hirose, N. and Yoon, J.-H. 2001. A numerical simulation on the mesoscale dynamics of the spring bloom in the Sea of Japan. Journal of Oceanography 57(6): 617-630.
- Yasumoto, T., Seino, N., Murakami, Y. and Murata, M. 1987. Toxins produced by benthic dinoflagellates. The Biological Bulletin 172(1): 128-131.



รายการอ้างอิง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

### อาหารเลี้ยงเพลงก์ตอนพืชสูตร T1

		ปริมาณ
1. NaNO <sub>3</sub>	1.0M	0.5 มิลลิลิตร/ลิตร
2. NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.1M	0.5 มิลลิลิตร/ลิตร
3. Fe - EDTA	5mM	0.5 มิลลิลิตร/ลิตร
4. H <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	0.01mM	0.5 มิลลิลิตร/ลิตร
5. Na <sub>2</sub> - EDTA	100mM	1.0 มิลลิลิตร/ลิตร
6. Tris - HCl buffer	2.5M	4.0 มิลลิลิตร/ลิตร
7. Trace metal solution		0.5 มิลลิลิตร/ลิตร
8. Vitamin mixed solution		0.5 มิลลิลิตร/ลิตร

#### Trace metal solution

ZnSO <sub>4</sub>	1.0	mM
MnCl <sub>2</sub>	10	mM
NaMoO <sub>4</sub>	0.5	mM
CoCl <sub>2</sub>	0.2	mM
CuSO <sub>4</sub>	0.01	mM
Na <sub>2</sub> EDTA	48	mM

เตรียมเป็น stock แล้วจึง dilute ให้เป็นปริมาตรที่ต้องการ

ZnSO <sub>4</sub>	1.0	mM	ชั่งสาร	2.8754	กรัม/100 มิลลิลิตร
MnCl <sub>2</sub>	10	mM	ชั่งสาร	13.8534	กรัม/100 มิลลิลิตร
NaMoO <sub>4</sub>	50	mM	ชั่งสาร	1.2098	กรัม/100 มิลลิลิตร
CoCl <sub>2</sub>	20	mM	ชั่งสาร	0.4759	กรัม/100 มิลลิลิตร
CuSO <sub>4</sub>	10	mM	ชั่งสาร	0.2496	กรัม/100 มิลลิลิตร
Na <sub>2</sub> EDTA	48	mM			

สารแต่ละตัวละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใน Volumetric flask

การทำ Trace metal solution จะต้องเตรียม Na<sub>2</sub> EDTA 48 mM โดยการชั่งสาร 1.7868 กรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วตูดมา 50 มิลลิลิตร แล้วเติมด้วย stock solution ที่เตรียมไว้

ZnSO <sub>4</sub>	1.0	มิลลิลิตร
MnCl <sub>2</sub>	1.0	มิลลิลิตร

NaMoO<sub>4</sub> 1.0 มิลลิลิตร

CoCl<sub>2</sub> 1.0 มิลลิลิตร

CuSO<sub>4</sub> 0.1 มิลลิลิตร

ปรับ pH ให้อยู่ประมาณ 10 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วย Volumetric flask จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษ GF/C

#### Vitamin mixed solution

Biotin 1 มิลลิลิตร/ลิตร

Vitamin B<sub>12</sub> 1 มิลลิลิตร/ลิตร

Vitamin B<sub>1</sub> 200 ไมโครกรัม/ลิตร

#### วิธีเตรียม

- Biotin Stock 100 มิลลิลิตร/ลิตร (0.1 กรัม/ลิตร) ชั่งสาร 10 มิลลิกรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) เวลา mixed นำมา 1 มิลลิกรัม
- Vitamin B<sub>12</sub> Stock 100 มิลลิลิตร/ลิตร (0.1 กรัม/ลิตร) ชั่งสาร 10 มิลลิกรัม ละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) เวลา mixed นำมา 1 มิลลิกรัม
- Vitamin B<sub>1</sub> ชั่งสาร 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เวลา mixed นำมา 0.2 มิลลิลิตร

#### การ mixed ทำดังนี้

Biotin Stock 1 มิลลิลิตร

Vitamin B<sub>12</sub> 1 มิลลิลิตร

Vitamin B<sub>1</sub> 0.2 มิลลิลิตร

ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 4 ด้วย HCl แล้วกรองด้วยกระดาษ GF/C

## ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

## Tests of Normality

substrate	Shapiro-Wilk มรสุมตะวันตกเฉียงใต้			Shapiro-Wilk มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
หมู่เกาะเสมสาร	screen	.809	9	.026	.989	9	.995
	sediment	.836	9	.052	.826	9	.041
	sed sonicated	.970	9	.891	.866	9	.111
	Seagrass leaves	.884	9	.172	.950	9	.688
ชายฝั่งบ้านเพ	screen	.390	9	.000	.928	9	.465
	sediment	-	9	-	.813	9	.028
	sed sonicated	-	9	-	.745	9	.005
	Seagrass leaves	.390	9	.000	.945	9	.633
หมู่บ้านรีอ็อค - การเดิน	screen	-	9	-	.883	9	.168
	sediment	-	9	-	.844	9	.064
	sed sonicated	-	9	-	.565	9	.000
	Seagrass leaves	-	9	-	.768	9	.009
อ่าวคู้กระเบน	screen	.390	9	.000	.841	9	.060
	sediment	-	9	-	.882	9	.164
	sed sonicated	-	9	-	.764	9	.008
	Seagrass leaves	.907	9	.200	.746	9	.005



## ANOVA ฤตุมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
หมู่เกาะ แสมสาร	Between Groups	3.285	3	1.095	23.953	.000
	Within Groups	1.417	31	.046		
	Total	4.703	34			
ชายฝั่งบ้านเพ	Between Groups	.673	1	.673	.	.
	Within Groups	.000	0	.		
	Total	.673	1			
อ่าวคู้กระเบน	Between Groups	.028	1	.028	1.047	.346
	Within Groups	.162	6	.027		
	Total	.190	7			

## ANOVA ฤตุมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
หมู่เกาะ แสมสาร	Between Groups	3.910	3	1.303	26.301	.000
	Within Groups	1.586	32	.050		
	Total	5.496	35			
ชายฝั่งบ้านเพ	Between Groups	2.214	3	.738	25.811	.000
	Within Groups	.658	23	.029		
	Total	2.871	26			
หมู่บ้านรีอิด - การ์ตัน	Between Groups	4.550	3	1.517	56.682	.000
	Within Groups	.562	21	.027		
	Total	5.112	24			
อ่าวคู้กระเบน	Between Groups	1.946	3	.649	29.097	.000
	Within Groups	.490	22	.022		
	Total	2.436	25			

## Independent Samples Test ฤศุมรสุมตะวันตคเคียงใต้

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Equal variances assumed	4.506	.050	.929	16	.367	.21544444	.23199683	-.27636687	.70725576	
Equal variances assumed	1.069	.317	-2.614	16	.019	-.90122222	.34473021	-1.63201763	-.17042682	

Post Hoc Tests: Homogeneous subsets

หมู่เกาะแสมสารในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

Tukey

substrate	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ดิน (sonocated)	8	1.1273	
ดิน	9	1.3139	
แผ่นตาข่าย	9		1.8100
ใบหญ้าทะเล	9		1.8396

หมู่เกาะแสมสารในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

Tukey

substrate	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ดิน (sonocated)	9	2.0870	
ดิน	9	2.1708	
ใบหญ้าทะเล	9		2.7671
แผ่นตาข่าย	9		2.8027

ชายฝั่งบ้านเพในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

Tukey

substrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ใบหญ้าทะเล	9	1.3126		
ดิน	5	1.5199	1.5199	
ดิน (sonocated)	4		1.6163	
แผ่นตาข่าย	9			2.0021

หมู่บ้านร็อคการ์ดั้นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

Tukey

substrate	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
ใบหญ้าทะเล	9	.9484		
ดิน	5		1.6168	
ดิน (sonocated)	2		1.7190	1.7190
แผ่นตาข่าย	9			1.9279

อ่าวคั้งกระเบนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

Tukey

substrate	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
ดิน (sonocated)	4	1.2522	
ดิน	6	1.3106	
แผ่นตาข่าย	9		1.8294
ใบหญ้าทะเล	7		1.8705



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนนท์ภัก โปธิสาร เกิดเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2533 จังหวัดอุดรธานี สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนสตรีราชินูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะ วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

Nantapak Potisarn, Thaithaworn Lirdwitayaprasit and Ingon Thongcomdee. Distribution of benthic dinoflagellates in seagrass areas during the Southwest monsoon of the eastern coast of the Upper Gulf of Thailand. First CCore- RENSEA Seminar on Coastal Ecosystems in Southeast Asia. 14-16 March 2017, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia. (Oral Presentation)

Nantapak Potisarn, Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Pornsilp Pholpunthin and Mitsunori Iwataki. Distribution of benthic dinoflagellates during the northeast monsoon in seagrass areas of the eastern coast of the Upper Gulf of Thailand. The 10th WESTPAC International Scientific Conference, 17-20 April 2017, Qingdao, China. (Oral Presentation)

Nantapak Potisarn, Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Pornsilp Pholpunthin and Mitsunori Iwataki. Distribution and abundance of benthic dinoflagellates in seagrass areas of the eastern coast of the upper Gulf of Thailand. BioD4: Towards Science and Emerging Technology for Biodiversity Management Conference, 21-23 June 2017 Udonthani, Thailand. (Poster Presentation)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**