

ผลของอุณหภูมิน้ำทะเลต่ออัตราการลงเกาะและพฤติกรรมหลังการลงเกาะ
ของตัวอ่อนเพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*)
ที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

Effect of sea water temperatures on settlement rate and
post-settlement behavior of barnacle larvae
(*Amphibalanus amphitrite*) culture in the laboratory



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AG-M-081-441

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF SEA WATER TEMPERATURES ON SETTLEMENT RATE
AND POST-SETTLEMENT BEHAVIOR OF BARNACLE LARVAE
(*AMPHIBALANUS AMPHITRITE*) CULTURE IN THE LABORATORY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024
KMITL-2024-AG-M-081-441

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิ น้ำทะเลต่ออัตราการลงเกาะและพฤติกรรมหลังการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน (<i>Amphibalanus amphitrite</i>) ที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
ชื่อนักศึกษา	นายมัคคุเทศก์ หมวดทองอ่อน
รหัสประจำตัว	63604051
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. มณฑล แก่นมณี

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนเป็นภัยคุกคามที่ร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลที่ส่วนใหญ่เป็นสัตว์เลือดเย็น โดยเฉพาะระยะวัยอ่อนที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเป็นพิเศษ การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินอัตราการรอด ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะ ระยะเวลาที่ใช้ในการลงเกาะและพฤติกรรมการกินอาหารในห้องปฏิบัติการของตัวอ่อนเพรียงหินชนิด *Amphibalanus amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึง Juvenile ภายใต้อุณหภูมิ น้ำทะเล 3 ระดับคือ (1) 30°C (อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2560 หรือ ค.ศ. 2003 ถึง 2017) (2) 32°C (อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยจากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2601 หรือ ค.ศ. 2058) และ 35°C (อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยจากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2651 หรือ ค.ศ. 2108) ผลการศึกษาพบว่าอัตราการรอดของตัวอ่อนเพรียงหิน (*A. amphitrite*) ระยะ Nauplius V ที่อุณหภูมิ 30°C เท่ากับ $96.36 \pm 2.35\%$ สูงกว่าที่อุณหภูมิ 32°C ซึ่งมีค่าเท่ากับ $94.27 \pm 5.38\%$ ส่วนที่อุณหภูมิ 35°C ตัวอ่อนตายทั้งหมดภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อตัวอ่อนเพรียงหินเข้าสู่ระยะ Nauplius VI อัตรารอดที่อุณหภูมิ 30°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 32°C อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) ในทางกลับกันอัตราการรอดของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprid และ Juvenile ที่อุณหภูมิ 32°C กลับสูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C ส่วนในระยะ Juvenile มีอัตราการรอดที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C ผลการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนระยะพบว่าร้อยละของตัวอ่อนเพรียงหินที่เปลี่ยนระยะจาก Nauplius V ถึง Nauplius VI ทั้งในอุณหภูมิ 30°C และ 32°C สูงกว่า 90% แต่เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนร้อยละการเปลี่ยนระยะ Nauplius VI ถึง Cyprids ที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะในทุกๆระยะที่อุณหภูมิ 32°C เร็วกว่าอุณหภูมิ 30°C อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p = 0.014$) ร้อยละการลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprid แบบชั่วคราวและแบบ

ถาวรที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีร้อยละเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงเกาะแบบชั่วคราวที่อุณหภูมิ 32°C เท่ากับ 14.07±4.74% และ 7.82±1.71% ที่อุณหภูมิ 30°C ส่วนการลงเกาะแบบถาวรที่อุณหภูมิ 32°C เท่ากับ 26.57±7.59% และที่อุณหภูมิ 30°C เท่ากับ 8.34±2.55% ตามลำดับ ผลจากการบันทึกอัตราการโบกพัด Cirri ซึ่งเป็นรอยง่าที่ใช้ดักจับอาหารในเพรียงหินตัวเต็มวัยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ($p>0.05$) ส่วนความถี่การเปิด-ปิดฝา Operculum มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอุณหภูมิ 3 ระดับ ($p<0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 32°C มีค่าสูงสุด ผลจากการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าหากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยของอ่าวไทยที่คาดการณ์ว่าจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 32°C ในอีกประมาณ 30 ปีข้างหน้าตัวอ่อนเพรียงหิน (*A. amphitrite*) ตั้งแต่ระยะ Nauplius ถึงระยะ Juvenile ยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และมีพัฒนาการเข้าสู่ระยะต่าง ๆ ได้ตามปกติ และในอีกประมาณ 80 ปีข้างหน้าซึ่งได้คาดการณ์อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 35°C ตัวอ่อนของเพรียงหิน (*A. amphitrite*) จะไม่สามารถรอดชีวิตภายใต้อุณหภูมิระดับดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมินี้เกินขีดจำกัดสูงสุดที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (Maximum thermal limit) ซึ่งหากไม่มีการปรับตัวทั้งในทางพฤติกรรม สรีระ และพันธุกรรม ก็อาจจะทำให้เพรียงหินสูญพันธุ์และโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยเปลี่ยนแปลงไปในที่สุด

คำสำคัญ: ภาวะโลกร้อน, อุณหภูมิผิวน้ำทะเล, อ่าวไทย, อัตรารอด, การเปลี่ยนระยะ, การกินอาหาร, ตัวอ่อนเพรียงหิน

Thesis Title	Effect of sea water temperatures on settlement rate and post-settlement behavior of barnacle larvae (<i>Amphibalanus amphitrite</i>) culture in the laboratory
Student Name	Mr. Makkuttedd Hmodtongoon
Student ID	63604051
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2567
Thesis Advisor	Associate Professor Monthon Ganmanee, Ph.D.

Abstract

Global warming poses a severe threat to marine organisms, particularly ectothermic species. The larval stages, which are highly sensitive to environmental temperature changes, are especially at risk. This study evaluated the survival rate, developmental period, settlement behavior, and feeding activity of the rock barnacle *Amphibalanus amphitrite* larvae under laboratory conditions from the Nauplius V to Juvenile stages at three seawater temperatures: (1) 30°C (the average sea surface temperature in the Gulf of Thailand between 2003–2017), (2) 32°C (the predicted average temperature in 2058), and (3) 35°C (the predicted average temperature in 2108). The results showed that the survival rate of *A. amphitrite* Nauplius V larvae at 30°C was $96.36 \pm 2.35\%$, higher than at 32°C ($94.27 \pm 5.38\%$). At 35°C, all larvae died within 24 hours. In the Nauplius VI stage, the survival rate at 30°C was significantly higher than at 32°C ($p < 0.001$). Conversely, survival rates of the Cyprid and Juvenile stages were higher at 32°C than at 30°C. The Juvenile survival rate at 32°C exceeded that at 30°C. For developmental transitions, more than 90% of larvae successfully developed from Nauplius V to Nauplius VI at both 30°C and 32°C. However, the time required for the development was significantly different ($p < 0.001$). The percentage of larvae developing from Nauplius VI to Cyprid was significantly higher at 32°C than at 30°C ($p < 0.001$). Developed times at 32°C were shorter than at 30°C for all stages ($p = 0.014$). Regarding settlement, temporary and permanent settlement rates of Cyprid larvae at 32°C were significantly higher than at 30°C ($p < 0.01$). Temporary settlement rates were $14.07 \pm 4.74\%$ at 32°C and $7.82 \pm 1.71\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

at 30°C, while permanent settlement rates were 26.57±7.59% at 32°C and 8.34±2.55% at 30°C. Analysis of cirri beating rates in adult barnacles showed no significant differences across the three temperature levels ($p>0.05$). However, the frequency of operculum opening and closing was significantly different ($p<0.05$), with the highest rate observed at 32°C. This study highlights that if the average sea surface temperature in the Gulf of Thailand increases to the predicted 32°C in approximately 30 years, *A. amphitrite* larvae from Nauplius to Juvenile stages can survive and develop normally. However, at the predicted 35°C in approximately 80 years, larvae will not survive, indicating that this temperature exceeds their maximum thermal limit. Without behavioral, physiological, or genetic adaptation, *A. amphitrite* populations may face extinction, leading to alterations in the coastal marine community structure in the Gulf of Thailand.

Keywords: Global warming, sea surface temperature, The Gulf of Thailand, survival rate, development, settlement, feeding, acorn barnacle, *Amphibalanus amphitrite*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. มณฑล แก่นมณี ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการแก้ไขและตรวจสอบรูปเล่มวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้ประสบการณ์ในการทำงานในทุกขั้นตอนตลอดระยะเวลาการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร. ธรรมศักดิ์ ยี่มิน ศ.ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบุญ และ ผศ.ดร. วัลย์ธดา กลางนุรักษ์ อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้ศึกษา งานวิจัยนี้ต่อไป

ขอขอบคุณ ผศ. แหวลี วิบูลย์กิจ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและที่พักระหว่างทำการทดลองและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการของหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนถึงครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

นายมีคุเทศก์ หมวดทองอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญตัวย่อ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ชีวิตวิทยาของเพรียงหิน.....	5
2.1.1 ลำดับอนุกรมวิธาน.....	5
2.1.2 ลักษณะทั่วไปของเพรียงหิน.....	5
2.1.3 การสืบพันธุ์ของเพรียงหิน.....	12
2.1.4 วงจรชีวิตของเพรียงหิน.....	13
2.1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนระยะ Nauplius- Juvenile.....	16
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids.....	19
2.2.1 รอยเท้าของ Cyprids (Cyprids footprint) และ Settlement- Inducing Protein Complex (SIPC).....	20
2.2.2 ไบโอฟิล์ม.....	21
2.2.3 ลักษณะพื้นผิวของวัตถุ.....	23
2.2.4 ความเค็ม.....	23
2.2.5 ความเป็นกรด-เบส (pH).....	25
2.2.6 แสง.....	26
2.2.7 อาหาร.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการดำรงชีวิตของเพรียงหิน	30
2.3.1 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อพฤติกรรมของเพรียงหินระยะ Nauplius-Juvenile	31
2.3.2 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการสืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของเพรียงหิน	32
2.3.3 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการลงเกาะของเพรียงหิน	34
2.4 อิทธิพลจากภาวะโลกร้อนต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล	36
2.4.1 สาเหตุของภาวะโลกร้อน	36
2.4.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล	37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	39
3.1 อุปกรณ์	39
3.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเพรียงหิน	39
3.1.2 อุปกรณ์เพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา (<i>Chlorella salina</i>)	39
3.1.3 อุปกรณ์เพาะเลี้ยงและเก็บตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i>	40
3.1.4 อุปกรณ์เตรียมวัสดุลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids	41
3.1.5 อุปกรณ์สำหรับหน่วยทดลอง	41
3.2 วิธีการ	42
3.2.1 สถานที่และการเก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์เพรียงหิน (<i>Amphibalanus amphitrite</i>)	42
3.2.2 การดูแลพ่อแม่พันธุ์เพรียงหินในห้องปฏิบัติการ	43
3.2.3 การเหนี่ยวนำพ่อแม่พันธุ์เพื่อให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	43
3.2.4 การเตรียมอาหารสำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์และอนุบาลตัวอ่อน	44
3.2.5 การเพาะอนุบาลตัวอ่อนตั้งแต่ระยะ Nauplius-Cyprids	44
3.2.6 ขั้นตอนการทดลองผลของอุณหภูมิต่ออัตราการรอด การเปลี่ยนระยะการลงเกาะของตัวอ่อน (จากระยะ Nauplius V-Juvenile) และพฤติกรรมการกินอาหารของตัวเต็มวัย	45
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	48
4.1 อัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile	48
4.2 การเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile	49
4.3 พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Cyprids	51
4.4 ผลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตัวเต็มวัย	53
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา.....	55
5.1 อัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile	55
5.2 การเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile	56
5.3 พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Cyprids.....	58
5.4 พฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตัวเต็มวัย.....	59
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	61
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	61
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก.....	74
ภาคผนวก ก.....	75
ประวัติผู้เขียน	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน Nauplius-Juvenile..... 17
2.2	สภาวะทางเคมีในน้ำที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน Nauplius-Juvenile 18
2.3	การเปรียบเทียบพื้นผิวที่มี SIPC และพื้นผิวที่ไม่มี SIPC สำหรับการลงเกาะ ของตัวอ่อน ระยะ Cyprids 21
2.4	ความเค็มที่เหมาะสมต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids..... 25
3.1	สถานที่เก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์เพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> 42
5.1	ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Nauplius V-Juvenile ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C..... 57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของแผ่นเปลือกเพรียงหิน (Balanomorpha), C=Carina, CL=Carinal latus, L=Latus และ R=Rostrum	6
2.2 กายวิภาคในตัวของเพรียงหิน.....	7
2.3 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> , a=ด้านบน, b=ด้านข้าง, c=ด้านใต้, d=ลักษณะภายนอกของ Scutum และ Tergum, e=ลักษณะภายในของ Scutum และ Tergum, f=Maxilla, g=Mandible และ h=labrum	8
2.4 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน <i>Amphibalanus reticulatus</i> , a=ด้านบน, b=มุมมอง ด้านข้างของ Parietes, c=ด้านนอก และ d=ด้านในของ Scutum และ Tergum	9
2.5 (1) สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน <i>Chthamalus malayensis</i> และ (2) สัณฐานวิทยาของ เพรียงหิน <i>Euraphia hembeli</i> , A=ด้านบนและด้านล่างของเปลือก ด้านนอก, B=ด้านนอก (ซ้าย) และด้านใน (ขวา) ของ Tergum (บน) และ Scutum (ล่าง), C=ด้านนอก (บน) และด้านใน (ล่าง) ของแผ่นเปลือก, c=Carina, cl=Carinal latus, l=Latus และ r=Rostrum	10
2.6 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน <i>Tetraclita kuroshioensis</i> , a, b=มุมมองในสภาพแวดล้อมจริง, c=มุมมองด้านในของ Scutum และ Tergum, d=มุมมองด้านนอกของ Scutum และ Tergum.....	11
2.7 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน <i>Tetraclita squamosa</i> , a-c=มุมมองในสภาพแวดล้อมจริง, และ d=Scutum และ Tergum.....	12
2.8 อวัยวะสำหรับจับอาหาร Cirri และอวัยวะสืบพันธุ์ Penis, f=Cirri I, g=Cirri II, h=Cirri III, i=Cirri IV, j=Cirri V, k=Cirri VI และ l=Penis (0.25 มิลลิเมตร).....	12
2.9 พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของเพรียงหินโดยการยื่น Penis ที่ยาวมากเข้าไปผสมกับตัวอื่น	13
2.10 วงจรชีวิตของเพรียงหิน <i>Austrominius psittacus</i> ประกอบด้วยระยะ NI=Nauplius I, NII=Nauplius II, NV=Nauplius V, NVI=Nauplius VI, NMC=Newly molted Cyprids และ NMJ=Newly metamorphosed juvenile.. ..	14
2.11 ระดับความเค็มต่อการลงเกาะของเพรียงหิน <i>Balanus improvisus</i> ระยะ Cyprids	24
2.12 Ocellus ของเพรียงหิน <i>Fistulobalanus albicostatus</i> ระยะ Nauplius I-Cyprids.....	27
2.13 ระยะเวลาการให้แสงสว่างต่อการลงเกาะของเพรียงหิน <i>Balanus improvisus</i> ระยะ Cyprids, L=ให้แสงสว่าง และ D=ปิดแสงสว่าง.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญ

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.14	ผลของความเข้มข้นอาหาร (<i>Chlorella calcitrans</i>) ต่อการลงเกาะของเพรียงหิน <i>Balanus improvises</i> ระยะ Cyprids.....	29
2.15	ค่าเฉลี่ยอัตราการปฏิสนธิในอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 10, 13, 16 และ 19°C ของเพรียงหิน <i>Semibalanus balanoides</i> ตัวเต็มวัย	33
2.16	ผลของการทดลองด้วยอุณหภูมิในระดับต่าง ๆ ต่อการขยายพันธุ์ของเพรียงหิน <i>Chthamalus malayensis</i>	33
2.17	พฤติกรรมกรรมการสำรวจพื้นผิวของเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Cyprids, a=การสัมผัสครั้งแรกกับพื้นผิวและการยึดเกาะชั่วคราว, i=อวัยวะที่ช่วยนำน้ำบริเวณทรงอก, ii=Attachment disc 1 คู่ที่ใช้ยึดติดกับพื้นผิว, b=พฤติกรรมกรรมการตรวจสอบพื้นผิว และ c=หลุดออกจากพื้นผิวและเคลื่อนที่สู่มวลน้ำ	34
2.18	พฤติกรรมกรรมการยึดติดถาวรของเพรียงหิน <i>Mitra rosa</i> , A=Cyprids ยึดกับฐานโดยใช้ปลาย Antennules (หัวลูกศร), B=Cyprids แยกออกจากหนึ่งกำพร้าว้าทั้งด้านหน้า และด้านหลัง, C=ร่างกายของ Cyprids ยกสูงขึ้น, D=การยกตัวของ Cyprids, E=การหลุดออกของหนึ่งกำพร้าว้ารวมทั้ง Antennules และตาประกอบ (หัวลูกศร), และ F=เปลี่ยนเป็น Juvenile.....	35
3.1	จุดเก็บตัวอย่าง (หาดทุ่งวัวแล่น หาดพระจอมเกล้าฯ จังหวัดชุมพร และหาดเจ้าสำราญจังหวัดเพชรบุรี).....	43
4.1	อัตราการรอด (%±SE) ของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ในระยะต่าง ๆ ได้แก่ Nauplius V, Nauplius VI, Cyprids และ Juvenile ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	48
4.2	อัตราการรอด (%±SE) ของตัวอ่อนภายใน 24 ชั่วโมง ของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Nauplius V ในระดับอุณหภูมิ 35°C.....	49
4.3	อัตราการเปลี่ยนระยะ (%±SE) ของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Nauplius V-Juvenile ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
4.4	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะ (ชั่วโมง \pm SE) ของตัวอ่อน เพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Nauplius V-Juvenile ของ ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือ แท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	51
4.5	อัตราการลงเกาะ (%) แบบชั่วคราว (Temporary Settlement: แถบสีน้ำเงิน) และการลงเกาะแบบถาวร (Permanent Settlement: แถบสีส้ม) ตามช่วงเวลา ของตัวอ่อนเพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Cyprids ที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C.....	52
4.6	ร้อยละการลงเกาะ (\pm SE) แบบชั่วคราว (Temporary Settlement) และแบบถาวร (Permanent Settlement) ของตัวอ่อน เพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ระยะ Cyprids ของชุดการทดลองที่ อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่ง กราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	53
4.7	ความถี่การโบกพัด Cirri และความถี่การเปิด-ปิด Operculum ของชุดการทดลองระดับ อุณหภูมิ 30°C, 32°C และ 35°C ของ เพรียงหิน <i>Amphibalanus amphitrite</i> ตัวเต็มวัย ตัวอักษรที่แตกต่างกัน เหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....	54

สารบัญย่อ

อักษรย่อ	ชื่อเต็ม
<i>A. amphitrite</i>	<i>Amphibalanus amphitrite</i>
ATP	Adenosine Triphosphate
<i>B. balanoides</i>	<i>Balanus balanoides</i>
<i>C. malayensis</i>	<i>Chthamalus malayensis</i>
Ca ²⁺	Calcium ion
CaCO ₃	Calcium carbonate
CCS	Carbon Capture and Storage
CRD	Completely Randomized Design
CH ₄	Methane
CO	Carbon Monoxide
CO ₂	Carbon Dioxide
Cy	Cyprids
DHA	Docosahexaenoic Acid
DNA	Deoxyribonucleic Acid
EPA	Eicosapentaenoic Acid
Fe ²⁺ / Fe ³⁺	Iron ion
H ₂ CO ₃	Carbonic acid
H ₂ O	Water
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Ju	Juvenile
K ⁺	Potassium ion
LED	Light Emitting Diode
Lux	Luminous Flux per Unit Area
Mg ²⁺	Magnesium ion
MPa	Megapascal
N5	Nauplius V
N6	Nauplius VI
Na ⁺	Sodium ion
NO _x	Nitrogen Oxides

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตัวย่อ (ต่อ)

อักษรย่อ	ชื่อเต็ม
pH	Potential of Hydrogen
PS	Permanent Settlement,
RNA	Ribonucleic Acid
R.O.	Reverse Osmosis
ppt	parts per trillion
<i>S. balanoides</i>	<i>Semibalanus balanoides</i>
SIPC	Settlement-Inducing Protein Complex
SST	Sea surface temperature:
ST	Sterol
TAG	Triacylglycerols
TS	Temporary Settlement
w	Watt
Zn ²⁺	Zinc ion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับหลายศตวรรษที่ผ่านมาก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) สาเหตุมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเกิดจากการสะสมของกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ก๊าซมีเทน (CH₄), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไอน้ำ (H₂O) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) และสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะจากซากพืช ก๊าซเรือนกระจกทำให้การสะท้อนกลับของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่ผิวหน้าของโลกลดลงจึงเกิดการสะสมความร้อนไว้ในชั้นบรรยากาศและบริเวณผิวหน้าของโลก (মননগা তেপসুদ, 2561)

ตามธรรมชาติสิ่งมีชีวิตสามารถจะดำรงชีวิตภายใต้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของตนเองเท่านั้น เมื่ออุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นเกินระดับที่เหมาะสมทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ต้องเผชิญกับความท้าทายเพื่อการดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ภายใต้สภาวะดังกล่าว อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่สูงเกินไปส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีระของสิ่งมีชีวิต (physiological processes) ซึ่งอาจทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด โดยเฉพาะสัตว์ทะเลส่วนใหญ่ที่เป็นสัตว์เลือดเย็น (ectothermic animals) ซึ่งต้องปรับอุณหภูมิของร่างกายตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก ด้วยเหตุนี้จึงเกิดคำถามว่าในอนาคตเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สัตว์ทะเลจะสามารถอยู่รอดได้หรือไม่หากสัตว์เหล่านี้อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมใกล้เคียงขีดจำกัดอุณหภูมิสูงสุด (maximum thermal limit) อยู่แล้ว นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับแนวทางการปรับตัวไว้ 2 ประการ คือ 1) สิ่งมีชีวิตอาจย้ายแหล่งที่อยู่อาศัยไปยังพื้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าซึ่งหมายถึงอพยพไปอยู่บริเวณละติจูดที่สูงขึ้น และ 2) สร้างกลไกในการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสภาวะที่อุณหภูมิสูงกว่าขีดจำกัดทั้งทางสรีระและทางพันธุกรรม ส่วนกลุ่มที่ไม่สามารถอยู่รอดได้ก็จะสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ดังกล่าวทำให้โครงสร้างของชุมชนในระบบนิเวศนั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างถาวร (Seebacher *et al.*, 2014)

เขตน้ำขึ้น-น้ำลงของหาดหิน (intertidal rocky shore) เป็นระบบนิเวศชายฝั่งแบบหนึ่งที่มีสภาพแวดล้อมแบบสุดขั้ว สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวต้องประสบกับความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal stress) เกือบตลอดเวลาจากอิทธิพลของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงทั้งในรอบวันและตามฤดูกาล สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จึงต้องมีการปรับตัวที่ดีทั้งในเชิงพฤติกรรมและทางสรีระเพื่อให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง มีการศึกษาพบว่าสัตว์หน้าดินในบริเวณหาดหินที่อาศัยอยู่ในแนวน้ำขึ้นสูงสุดและแนวน้ำลงปานกลางสามารถที่จะปรับตัวให้ทนต่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับขีดจำกัดสูงสุดได้ สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้จึงมักใช้เป็นตัวแทนในการคาดการณ์ผลจากภาวะโลกร้อนต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในทะเล (อชิตพล พอใจ, 2559)

มีรายงานว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.027°C ต่อทศวรรษหรือสูงขึ้น 1.3°C ในช่วงเวลา 48 ปีที่ผ่านมา (Kachenchart *et al.*, 2021) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศในทะเลและชายฝั่งของประเทศไทยและมีความเป็นไปได้ที่สัตว์ทะเลในประเทศไทยอาจจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากภาวะโลกร้อนเช่นกัน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตตามการคาดการณ์ต่อ อัตราการรอดชีวิต ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะหรือพัฒนาการและพฤติกรรมหลังการลงเกาะของเพรียงหิน (*Acorn barnacle*) ชนิด *Amphibalanus amphitrite* ซึ่งเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่ม ครัสเตเชียน (Crustaceans) ที่พบได้ทั่วไปในเขตน้้ำขึ้น-น้ำลงบริเวณหาดหินของประเทศไทย ข้อเท็จจริงที่ได้รับจากการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อพัฒนาการ การรอดชีวิตและพฤติกรรมของเพรียงหิน *A. amphitrite* มีบทบาทสำคัญในการใช้คาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้นกับสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในอ่าวไทยในอนาคตหากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และอาจนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ชัดเจน รวมถึงการเสริมสร้างความเข้าใจของชุมชนที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเกี่ยวกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากภาวะโลกร้อนในระยะยาว (Pochai *et al.*, 2017; Yu and Chan, 2020)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 1) 30°C (ข้อมูลระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทย ค.ศ. 2003-2017) 2) 32°C (ข้อมูลระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยในอ่าวไทยที่จะเพิ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2058) และ 3) 35°C (ข้อมูลระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทย ค.ศ. 2108) ที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของเพรียงหินชนิด *Amphibalanus amphitrite* ในประเทศไทยในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 อัตราการรอดของตัวอ่อนเพรียงหินตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึง Juvenile

1.2.2 ระยะเวลาการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหินตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

1.2.3 การลงเกาะแบบชั่วคราวและแบบถาวรของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids

1.2.4 พฤติกรรมการกินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

อุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้นจากการคาดการณ์ในอนาคตส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิต การเปลี่ยนระยะ พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile รวมถึงพฤติกรรมการกินอาหารเมื่อเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกจากภาวะโลกร้อนเป็นประเด็นสำคัญที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชีวิตมนุษย์ โดยตั้งแต่ก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม (ประมาณปี ค.ศ. 1800) อุณหภูมิโลกค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 18 และ 19 การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิโลกเริ่มสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 20 และ 21 โดยอุณหภูมิอาจเพิ่มขึ้นถึง 1.5°C ภายในปี 2040 ซึ่งผลกระทบนี้ยังส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (IPCC, 2021) จากรายงานในปัจจุบันพบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5°C ต่อทศวรรษในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ในปี 2019 ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 30.5°C (Tammadid *et al.*, 2023) หากอุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มถึงระดับที่เกินขีดจำกัดสูงสุดของสิ่งมีชีวิตที่สามารถทนต่อสภาวะที่เลวร้ายที่สุดและยังคงมีชีวิตอยู่ได้ (maximum survival) สิ่งมีชีวิตในทะเลคือกลุ่มแรกที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง โดยเฉพาะประชากรวัยอ่อนที่มีความเปราะบางเป็นพิเศษต่อการแปรปรวนของอุณหภูมิอย่างผิดปกติทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศทางทะเลอย่างรุนแรง เช่น เกิดการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ การสูญเสียความสมดุลของระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การกระจายตัวของประชากรสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่ของสารอาหาร เป็นต้น สำหรับในระยะยาวการวิวัฒนาการทางพันธุกรรมอาจเกิดขึ้นผ่านการคัดเลือกทางธรรมชาติซึ่งจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการทนทานต่ออุณหภูมิที่เกินขีดจำกัดในแหล่งอาศัยหรือเกิดการสูญพันธุ์อย่างถาวรของสิ่งมีชีวิตบางสายพันธุ์ (Parmesan and Yohe, 2003; Seebacher *et al.*, 2014)

เพรียงหิน ชนิด *Amphibalanus amphitrite* เป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่พบได้ทั่วไปในเขตน้ำขึ้น-น้ำลงของหาดหินของอินโดแปซิฟิกรวมถึงประเทศไทย วงจรชีวิตมีปฏิสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตั้งแต่การสืบพันธุ์ พัฒนาการของคัพภะและตัวอ่อน การลงเกาะ รวมถึงพฤติกรรมการกินอาหารในระยะตัวเต็มวัย (Høeg *et al.*, 2012; Nasrolahi *et al.*, 2016) เพรียงหินชนิดนี้ถูกคัดเลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาของอุณหภูมิ 3 ระดับ (30°C, 32°C และ 35°C) โดยอ้างอิงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลตั้งแต่อดีตและมีความเป็นไปได้ที่อาจจะเพิ่มขึ้นในอนาคตเนื่องจากภาวะโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 30°C, 32°C และ 35°C ต่อการรอดชีวิต การเปลี่ยนระยะ การลงเกาะและพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหินชนิด *Amphibalanus amphitrite* ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ โดยวัดจากร้อยละอัตราการรอดชีวิต ระยะเวลาที่ใช้เปลี่ยนระยะของตัวอ่อนระยะตั้งแต่ Nauplius V ถึง Juvenile ร้อยละการลงเกาะแบบชั่วคราวและแบบถาวรของตัวอ่อนระยะ Cyprids ความถี่ในการโบกพัด Cirri และความถี่ในการเปิด-ปิด Operculum



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของเพรียงหิน

2.1.1 ลำดับอนุกรมวิธาน

เพรียงหินจำแนกลำดับอนุกรมวิธานตาม Martin and Davis (2001) ดังนี้

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Class: Maxillopoda

Subclass: Cirripedia

Superorder: Thoracica

Order: Sessilia

Superfamily: Balanoidea

Family: Balanidae

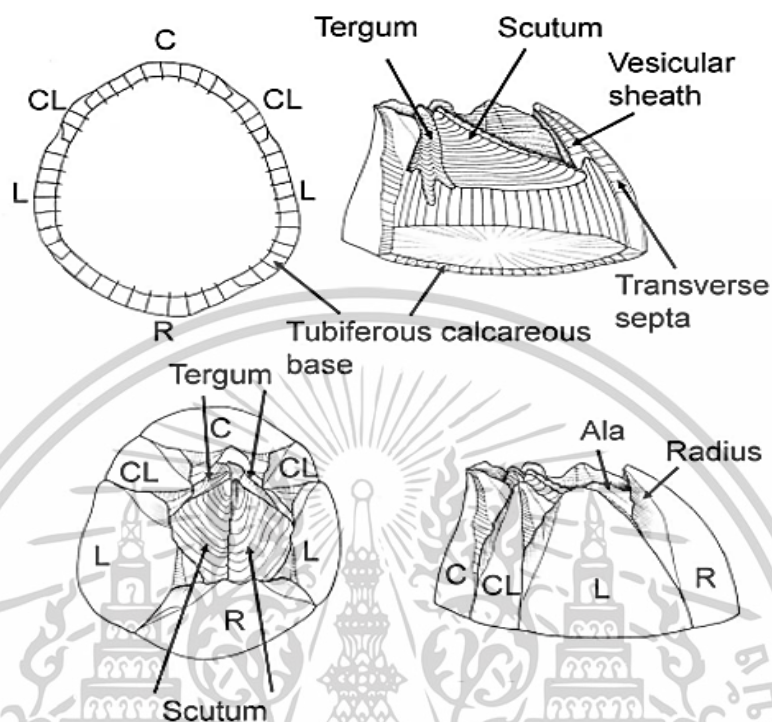
Genus: *Amphibalanus*

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของเพรียงหิน

เพรียงหิน (Acorn barnacle) เป็นครัสเตเชียนที่อยู่เฉพาะในทะเล ดำรงชีวิตแบบเกาะติดอยู่กับที่ (sessile organism) ในระยะตัวเต็มวัย พบได้ทั่วไปในระบบนิเวศในทะเลเกือบทุกแห่งตั้งแต่เขตน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นต้นไปจนถึงทะเลลึก (deep sea) ยึดเกาะตัวอยู่กับวัตถุแข็งต่าง ๆ โดยเฉพาะผิวหิน และยังพบอาศัยอยู่บนผิวของสิ่งมีชีวิตอื่น (epibiotic) เช่น ปะการังแข็ง กระจดองเต่าทะเลและวาฬ (อชิตพล พอใจ, 2559) โดยใช้ส่วนฐาน (basis) ด้านล่างยึดตัวกับวัตถุยึดเกาะโดยหลังสารประกอบหินปูนเพื่อเชื่อมติด เปลือกที่ล้อมรอบตัวเพรียงหินเป็นแผ่นหินปูนหลายชิ้นเชื่อมซ้อนกัน (fixed plates) ชิ้นที่อยู่ด้านหลัง (posterior dorsal plate) เรียกว่า “Carina” ชิ้นที่อยู่ด้านท้ายของตัว เรียกว่า “Rostrum” ส่วนด้านข้างอยู่เป็นคู่ในแนวซ้าย ขวา คู่แรกเรียกว่า “Carinal latus” คู่ที่สอง เรียกว่า “Latus” บริเวณฐาน (ด้านล่าง) ของ Plate ส่วนติดเชื่อมติดกับวัตถุ มีความแตกต่างกันไปในเพรียงหินในแต่ละวงศ์ ในวงศ์ Balanidae มีท่อเล็ก ๆ เรียงตัวแบบเตี้ยอยู่ตามขอบด้านนอกของฐาน (single tubiferous) ในวงศ์ Tetraclitidae มีท่อเป็นจำนวนมากบริเวณฐานดูเหมือนเป็นรูพรุน (multi tubiferous) ส่วนเพรียงหินในวงศ์ Chthamalidae ฐานของ Plate บางและไม่มีท่อ (solid) ด้านบนของตัวเพรียงหินมีแผ่นหินปูนอีก 1 ชุด ซึ่งสามารถเลื่อนเข้าออกได้ (movable plates หรือ operculum) ชิ้นที่อยู่ด้านบน (dorsal plate) เรียกว่า “Tergum” และชิ้นด้านล่าง (ventral plate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า “Scutum” เมื่อ Tergum และ Scutum เลื่อนเข้ามาชิดกันจะเป็นการลดการสูญเสียในตัวช่วงน้ำลงหรือป้องกันตัวเองจากศัตรู (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของแผ่นเปลือกเพรียงหิน (Balanomorpha), C=Carina, CL=Carinal latus, L=Latus และ R=Rostrum

ที่มา: Chan *et al.* (2009)

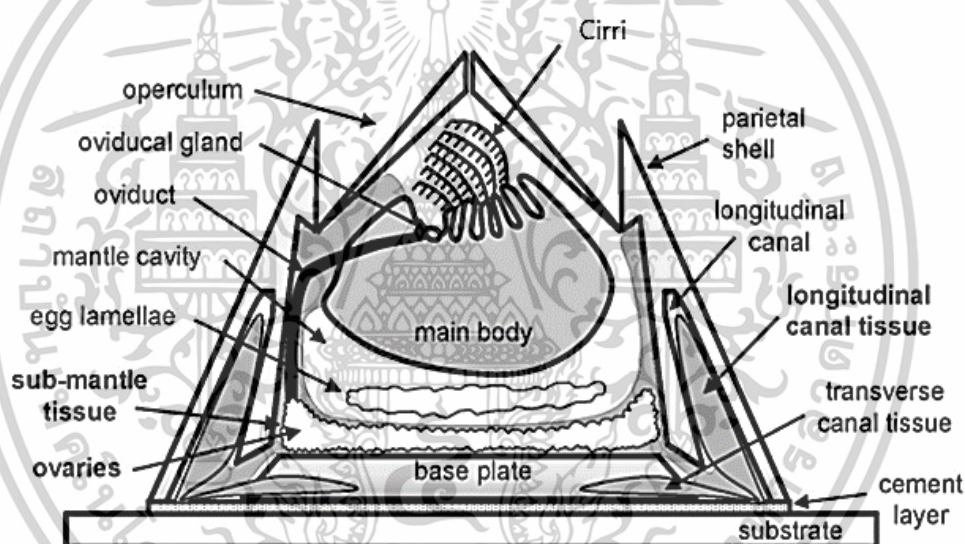
ตัวของเพรียงหินสามารถยึดได้ แบ่งเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนหัว (cephalic region) และ ตัว (thoracic หรือ trunk region) หนวดคู่แรก (first antennae) ลดรูปลงไป ในขณะที่หนวดคู่ที่สอง จะพบในช่วงวัยอ่อนเท่านั้น รยางค์ส่วนปากเป็นเส้นยาวมีจำนวน 6 คู่ แต่ละเส้นแตกแขนงคล้ายขนนกเรียกว่า “Cirri” ทำหน้าที่โบกพัดให้มวลน้ำใกล้ปากเคลื่อนตัวและดักจับสารแขวนลอยและอินทรีย์สารในมวลน้ำเป็นอาหารจึงจัดว่าเพรียงหินมีรูปแบบการกินอาหารแบบ Suspension feeder

เพรียงหินมี Oviducal Gland เป็นต่อมขนาดเล็กอยู่ติดกับ Oviduct ทำหน้าที่ผลิตสารคัดหลั่งที่ช่วยในการขับไข่ออกจากรังไข่ให้ปลอดภัย, Oviduct เป็นท่อยาวทำหน้าที่ขนส่งไข่ที่ถูกผลิตจากรังไข่ไปยังช่องเปิด-ปิด Operculum เพื่อให้ไข่ถูกปล่อยออกจากร่างกายไปยังภายนอก, Mantle Cavity เป็นโพรงภายในที่มีขนาดใหญ่และครอบคลุมอวัยวะสำคัญ ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์) เพื่อการหายใจและช่วยในกระบวนการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย, Egg Lamellae มีลักษณะเป็นแผ่นบางของเนื้อเยื่อที่เรียงตัวเป็นชั้นตั้งอยู่ภายใน Mantle Cavity ใกล้กับรังไข่ ทำหน้าที่เก็บไข่ที่ถูกผลิตจากรังไข่ก่อนที่จะถูกปล่อยออกไปยังภายนอก, Sub-

mantle Tissue เป็นเนื้อเยื่อที่หนาและแข็งแรงอยู่ใต้ Mantle Cavity เชื่อมต่อระหว่าง Main Body

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแผ่นฐาน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรองรับและป้องกันเนื้อเยื่อที่อ่อนกว่าในส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย, Ovaries เป็นอวัยวะรูปทรงรีขนาดเล็กอยู่ใกล้กับส่วนฐาน ทำหน้าที่สร้างไข่ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสืบพันธุ์, Main Body โครงสร้างขนาดใหญ่ที่ล้อมรอบด้วยเปลือกแข็งทำหน้าที่บรรจุและป้องกันอวัยวะภายในที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต, Cement Layer เป็นชั้นของสารเหนียวที่มีความหนืดสูงอยู่ใต้แผ่นฐานทำหน้าที่ผลิตสารยึดติดที่ช่วยให้เพรียงหินสามารถเกาะติดพื้นผิวแข็ง, Longitudinal Canal เป็นท่อหรือช่องยาวภายในเปลือกที่มีลักษณะเป็นทางเดินของสารโดยทอดตัวตามแนวยาวของร่างกายทำหน้าที่เป็นทางเดินของของเหลวภายในตัวร่างกายช่วยในการขนส่งสารสำคัญที่ใช้ในการดำรงชีวิต และ Transverse Canal Tissue เป็นเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเชื่อมต่อกับ Longitudinal canal อยู่ภายในลำตัวในแนวขวางทำหน้าที่เชื่อมต่อและส่งผ่านของเหลวระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบขนส่งภายในร่างกาย (ภาพที่ 2.2) (Faimali *et al.*, 2004; Chan *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2018)

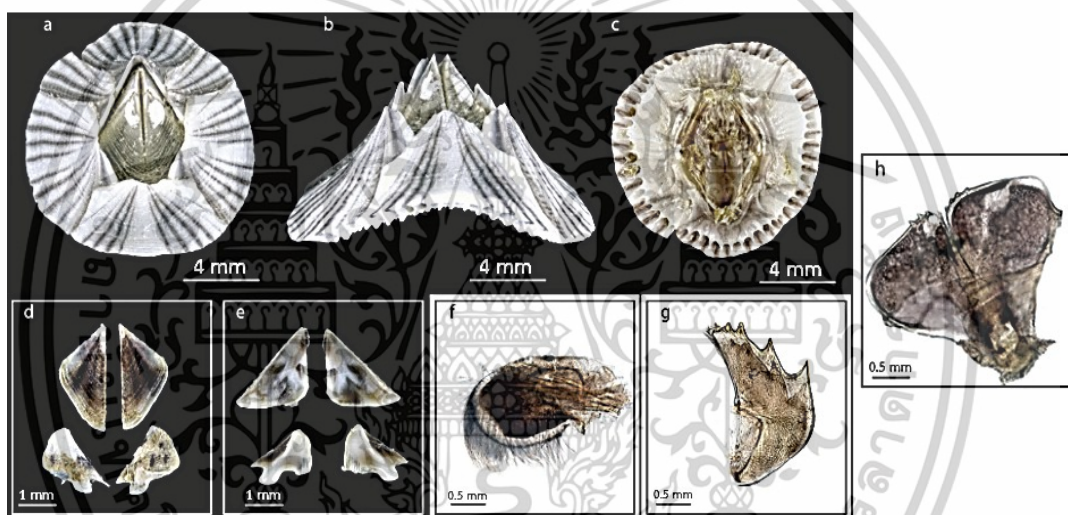


ภาพที่ 2.2 กายวิภาคในตัวของเพรียงหิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wang *et al.* (2018)

การจำแนกชนิดเพรียงหินพิจารณาจาก 1) จำนวนและลักษณะการเรียงตัวของเปลือก (plate) 2) ลักษณะของแผ่น Operculum 3) ลวดลายเฉพาะและรูปร่างเปลือก ในประเทศไทยมีรายงานว่าพบเพรียงหิน 3 วงศ์ ประกอบด้วย 1) วงศ์ Balanidae หรือ Sessile barnacles มีเปลือก (plate) จำนวน 4 หรือ 6 แผ่น ที่พบมากคือเพรียงหินชนิด *Amphibalanus amphitrite* ซึ่งเปลือกเป็นทรงกรวยแหลม ผิวด้านนอกเรียบมีแถบสีแดงจนถึงม่วงเข้มในแนวตั้ง 3-4 แถบของแต่ละแผ่นเปลือกย่อย ลักษณะผิวด้านในเปลือกเรียบลื่น มีขนยาวและมีสีขาวครีม มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกประมาณ 16 มิลลิเมตร มีเปลือก 6 แผ่นประกอบด้วย Carina 1 แผ่น, Carinal latus 2 แผ่น, Latus 2 แผ่น และ Rostrum 1 แผ่น ด้านบนมี Operculum 4 แผ่น ประกอบด้วย Tergum 2 แผ่นมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

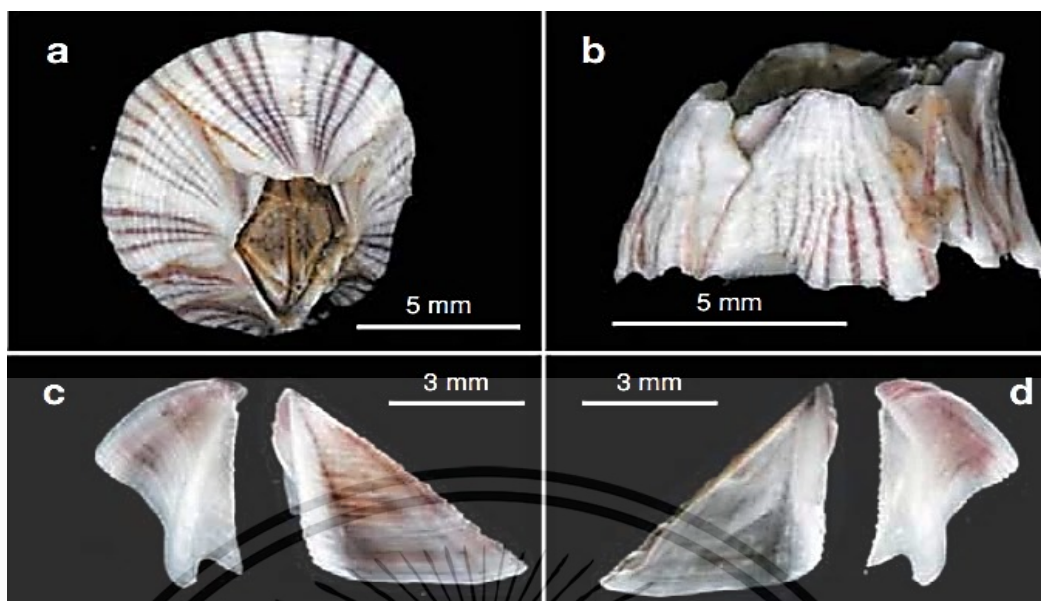
ลักษณะเป็นสันแหลมชี้ไปด้านหน้า และ Scutum 2 แผ่นรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมมีขนาดใหญ่กว่าแผ่น Tergum ส่วน Maxilla มีลักษณะเป็นแผ่นยาวและแบนช่วยในการจับอาหาร ส่วน Mandible มีรูปร่างคล้ายกรงเล็บทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารที่มีขนาดใหญ่ โดยมีขอบที่คมสำหรับบดอาหารให้ละเอียด และ Labrum อยู่ด้านหน้าของปาก ช่วยเก็บอาหารให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและป้องกันไม่ให้อาหารหลุดออกไป (ภาพที่ 2.3) และเพรียงหินชนิด *A. reticulatus* มีเปลือกเป็นทรงกรวย พื้นผิวเรียบมีลายทางยาวสีม่วง ชมพู และขาวตัดกันกับลายขวาง รัศมีของเปลือกแคบ ยอดเอียงและผนังภายในมีท่อเพียงแถวเดียว ส่วนของ Scutum มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ด้านในมี Adductor Ridge ที่เด่นชัด ขอบด้านบนและขอบปิดตรง Tergum มีปีกสั้นมุมฐานของ Scutal Angle แหลมและขอบของ Scutum เป็นแนวตรง ส่วนของ Maxilla มีลักษณะเป็นสองแฉกพร้อมขนหนาแน่นที่ขอบและ Mandible มีฟัน 4 ซี่ (ไม่รวมมุมล่าง) โดยฟันที่ 2-4 มีลักษณะเป็นฟันสองแฉก (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.3 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite*, a=ด้านบน, b=ด้านข้าง, c=ด้านใต้, d=ลักษณะภายนอกของ Scutum และ Tergum, e=ลักษณะภายในของ Scutum และ Tergum, f=Maxilla, g=Mandible และ h=labrum

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pitriana *et al.* (2020)

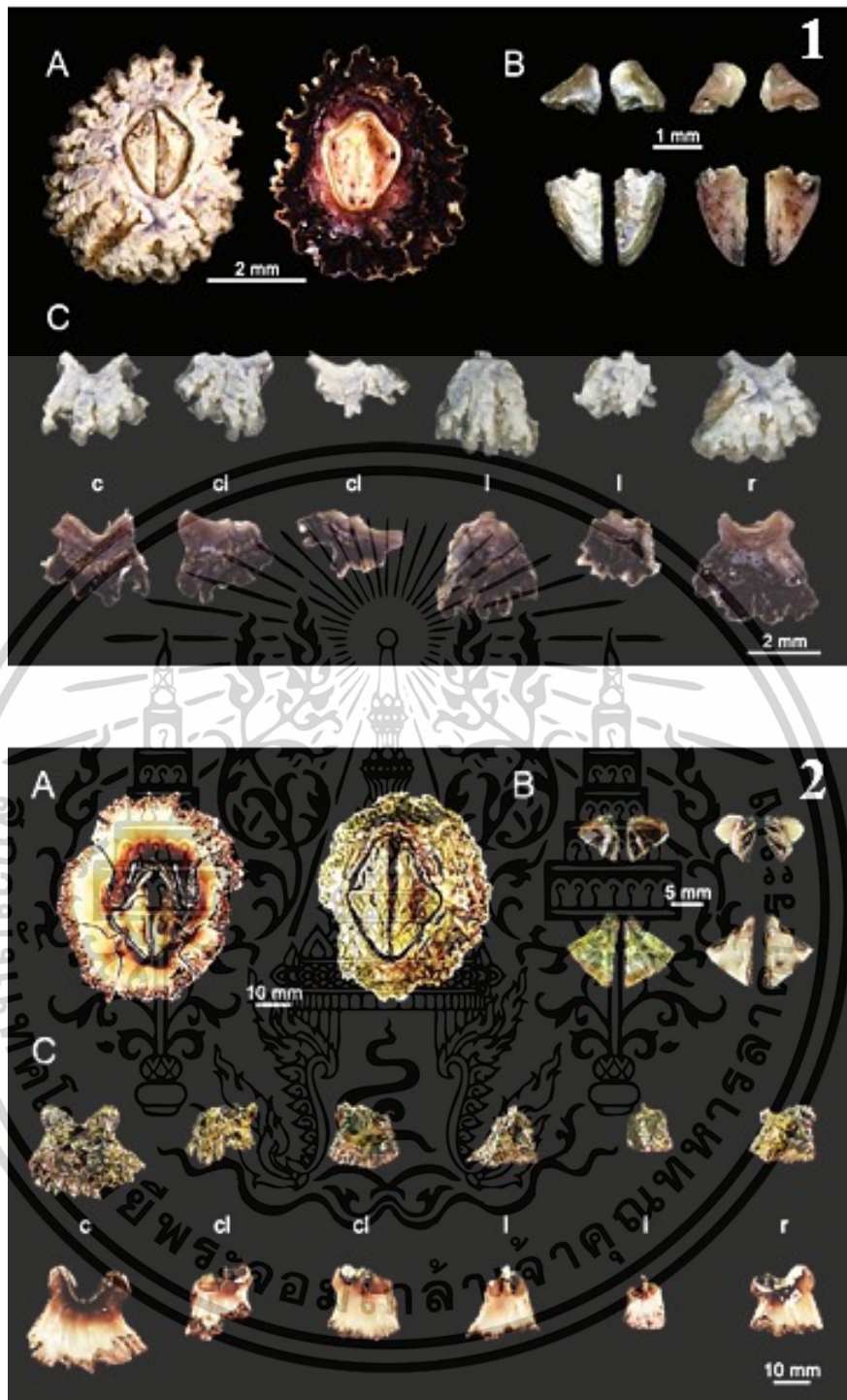
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Amphibalanus reticulatus*, a=ด้านบน, b=มุมมองด้านข้างของ Parietes, c=ด้านนอก และ d=ด้านในของ Scutum และ Tergum ที่มา: ดัดแปลงจาก Chan *et al.* (2009)

2) วงศ์ Chthamalidae หรือ Euraphia มีเปลือก 6 แผ่น ที่พบมากคือเพรียงหินชนิด *Chthamalus malayensis* เปลือกมีลักษณะเป็นสันสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปร่างคล้ายกับทรงกรวยหรือทรงสูงแคบแผ่นเปลือก ความกว้างเปลือกระหว่าง 3-10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 มิลลิเมตร เปลือกประกอบด้วย Carina 1 แผ่น, Carinal latus 2 แผ่น, Latus 2 แผ่น และ Rostrum 1 แผ่น มี Operculum 4 แผ่น ประกอบด้วย Scutum 2 แผ่น มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมยาว และ Tergum 2 แผ่น มีความหนากว่าด้านกว้างและแผ่นเปลือกที่อยู่ด้านหน้าจะถูกเปลือกแผ่นอื่นปิดไว้ (ภาพที่ 2.5 (1)) ส่วนเพรียงหิน *Euraphia hembeli* มีลักษณะเฉพาะคือไม่มี Peduncle ฐานเป็นเยื่อบาง (membranous) และมีความยาวของลำตัวใหญ่กว่า *Chthamalus* มีขนาดตั้งแต่ 10-30 มิลลิเมตร เปลือกมีสันสี่เหลี่ยมจำนวน 6 แผ่น (carina 1 แผ่น, carinal latus 2 แผ่น, latus 2 แผ่น, และ rostrum 1 แผ่น) โดย Carina จะมีขนาดใหญ่กว่า Rostrum และ Carinal latus จะใหญ่กว่า Latus ส่วนด้านนอกของเปลือกมีลักษณะสมมาตรรอบขอบฐาน ขณะที่ด้านในของผนังเปลือก (Parietes) เรียบและมีสีขาวพร้อมด้วยลายขีดสีน้ำตาลเข้มและสีม่วงอ่อนที่ล้อมรอบช่องเปิด (Aperture) เป็นแบบสมมาตรสามารถแยกได้ โดยมีรอยต่อที่เป็นพื้นหยาบหรือมีโครงสร้างฟันที่เกี่ยวกัน Orifice มีลักษณะเป็นรูปข้าวหลามตัด, Operculum สมมาตร โดย Tergum จะมีขนาดเล็กกว่า Scutum และสามารถแยกได้, Scutum มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมขอบที่ปิดของ Scutum มีพื้นที่แข็งแรงและ Tergum มีรอยย่นด้านข้าง 10-12 รอย เป็นต้น (ภาพที่ 2.5 (2))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

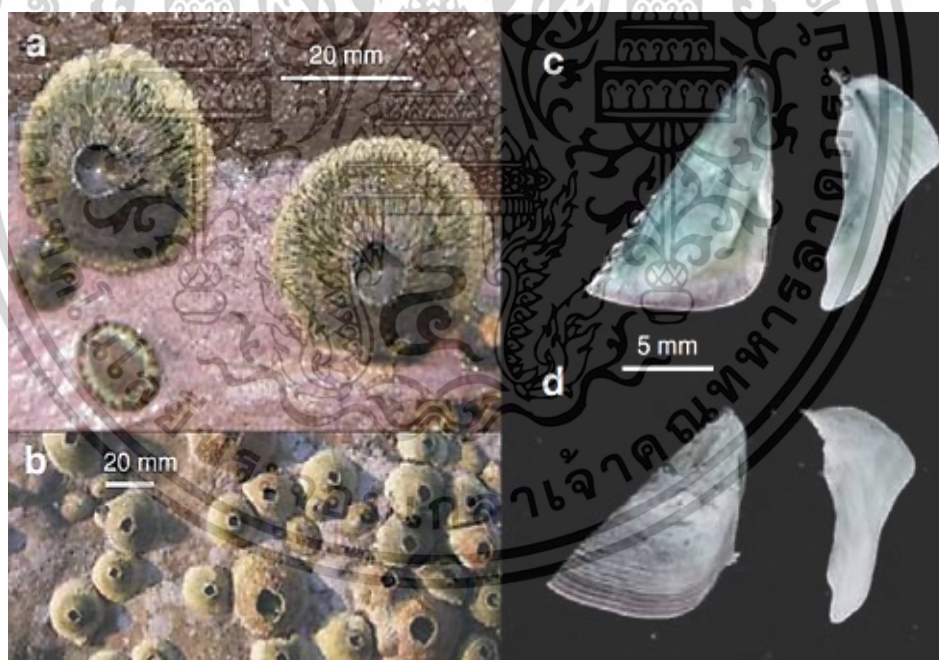


ภาพที่ 2.5 (1) สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Chthamalus malayensis* และ (2) สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Euraphia hembeli*, A=ด้านบนและด้านล่างของเปลือกด้านนอก, B=ด้านนอก (ซ้าย) และด้านใน (ขวา) ของ Tergum (บน) และ Scutum (ล่าง), C=ด้านนอก (บน) และด้านใน (ล่าง) ของแผ่นเปลือก, c=Carina, cl=Carinal latus, l=Latus และ r=Rostrum

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pochai *et al.* (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

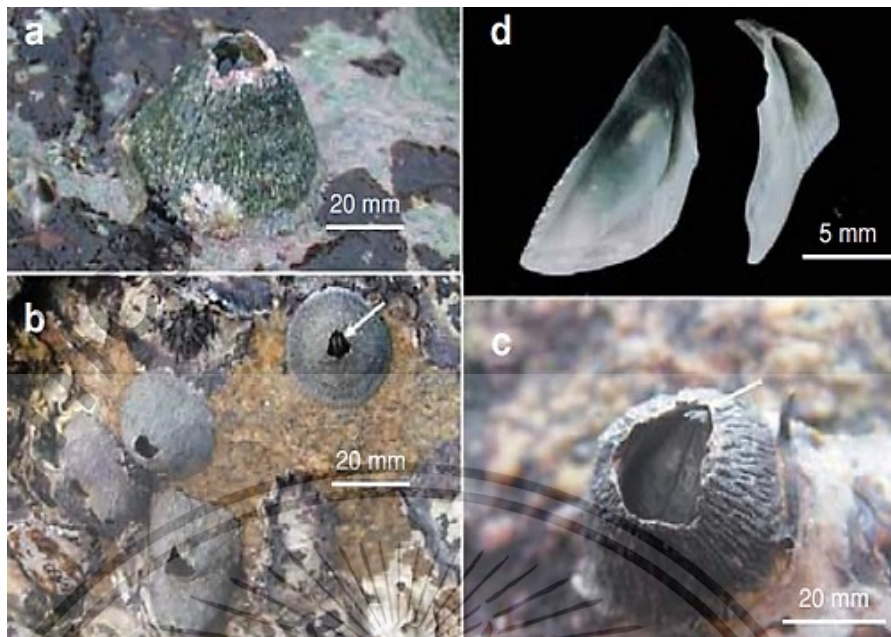
3) วงศ์ Tetracitidae มีลักษณะสำคัญคือฐานและผนังของเปลือกประกอบด้วยท่อเรียงตัวไม่สม่ำเสมอ การเรียงตัวของท่อมีทั้งแบบชั้นเดียวหรือหลายชั้น เช่น เพรียงหิน *Tetracita kuroshioensis* ส่วนฐานมีสีเขียวและประกอบด้วยเปลือก 4 แผ่น ส่วนฐานมีท่อ (Tubiferous) Scutum มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม โดยขอบ Occludent ประกอบด้วยฟันละเอียด (fine teeth) ขณะที่ Tergum มีความกว้างมากกว่าความสูง ยอดของเปลือกไม่ยืดออกเป็นรูปจะงอย (apex not produced as a beak) (ภาพที่ 2.6) และเพรียงหิน *T. squamosa* ลักษณะเฉพาะคือมี Parietes และ Operculum สีชมพู ประกอบด้วย 4 แผ่นที่มีลักษณะเป็นท่อ (Tubiferous) และฐานเป็นเยื่อบาง (membranous), Scutum มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ในขณะที่ Tergum มีความกว้างน้อยกว่าความสูง มุมฐานยื่นออกมาและมีปีกที่แหลม นอกจากนี้ยังมีขน Serrulate Setae บน Cirri 1 และ Cirri 2, ขนหลายปลาย (Multicuspidate Setae) บน Cirri 3 (ภาพที่ 2.8), Labrum มีขอบเรียบและฟันเล็กกระจาย ส่วนของ Mandible มีฟัน 4 ซี่ โดยฟันซี่ 2 และ 3 มีฟันคู่ (double teeth) โดยมีหนาม 10-12 ซี่ที่มุมล่าง และมีขนขนาดใหญ่ในส่วนบนและขนอีก 10-13 เส้น ในส่วนล่าง ขณะที่ Mandibulatory Palps และ Maxilla มีขนแบบ Fine Serrulate Setae เป็นต้น (ภาพที่ 2.7) (Chan *et al.*, 2009; Pochai *et al.*, 2017; Pitriana *et al.*, 2020)



ภาพที่ 2.6 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Tetracita kuroshioensis*, a, b=มุมมองในสภาพแวดล้อมจริง, c=มุมมองด้านในของ Scutum และ Tergum, d=มุมมองด้านนอกของ Scutum และ Tergum

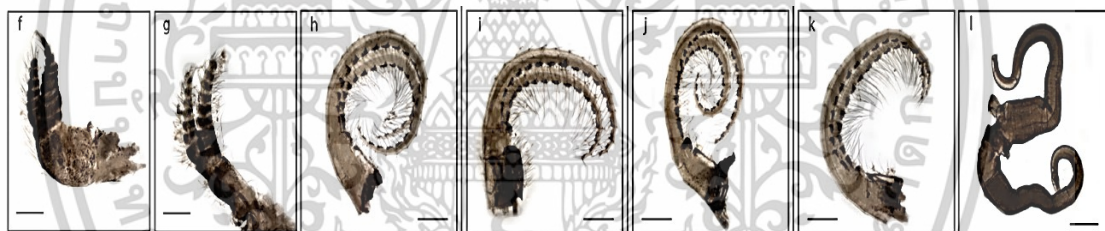
ที่มา: ดัดแปลงจาก Chan *et al.* (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 สัณฐานวิทยาของเพรียงหิน *Tetraclita squamosa*, a-c=มุมมองในสภาพแวดล้อมจริง, และ d=Scutum และ Tergum

ที่มา: ดัดแปลงจาก Chan *et al.* (2009)



ภาพที่ 2.8 อวัยวะสำหรับจับอาหาร Cirri และอวัยวะสืบพันธุ์ Penis, f=Cirri I, g=Cirri II, h=Cirri III, i=Cirri IV, j=Cirri V, k=Cirri VI และ l=Penis (0.25 มิลลิเมตร)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pitriana *et al.* (2020)

2.1.3 การสืบพันธุ์ของเพรียงหิน

เพรียงหินเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีทั้งสองเพศอยู่ในตัวเดียวกัน (hermaphrodite) หมายถึงสามารถผลิตเซลล์ไข่และสเปิร์มได้ ซึ่งอาจจะพบส่วนของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (penis) อยู่ติดกับ Cirri คู่ที่ 6 (ภาพที่ 2.8) และมีรังไข่ (ovary) ที่ฐานของลำตัวส่วนหลังระบบทางเดินอาหารกับปากอยู่ติดกับ Cirri คู่ที่ 1 และติดกับส่วนลำตัวด้านหน้า (Prosoma) (นงนุช ตั้งเกรกโอหาร, 2550) เพรียงหินบางชนิดสามารถผสมพันธุ์ภายในตัวเองได้ (self-fertilization) เช่น *Chthamalus stellatus*, *Balanus perforatus* และ *Venerupis stroemia* (Barnes and Crisp, 1956) อย่างไรก็ตามการผสมพันธุ์ของเพรียงหินมักเกิดขึ้นระหว่างตัวที่มีเพศตรงข้าม (Cross fertilization) เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากขึ้น เช่น *Semibalanus balanoides*, *Balanus crenatus* และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Elminius modestus เมื่อเพรียงหินลงเกาะอย่างถาวรจะอาศัยอยู่ที่เดียวและไม่สามารถย้ายแหล่งที่อยู่อาศัยได้ ดังนั้นจึงมีวิวัฒนาการอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ให้มีขนาดยาวถึง 8 เท่าของขนาดลำตัวเพื่อใช้ผสมพันธุ์กับเพรียงหินตัวอื่นที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน (ภาพที่ 2.9) หลังจากฤดูผสมพันธุ์อวัยวะเพศผู้จะถูกสลัดทิ้งและสร้างขึ้นใหม่ในปีถัดไปโดยไข่และน้ำเชื้อจะถูกเก็บแยกออกจากกันภายในลำตัว หลังจากเกิดการปฏิสนธิไข่จะฟักเป็นตัวและตัวอ่อนจะอยู่กับแม่พันธุ์จนกว่าจะมีแพลงก์ตอนเพียงพอในฤดูใบไม้ผลิ (Gerlach and Atema, 2015) รูปแบบและอวัยวะสืบพันธุ์ของเพรียงหินแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดตั้งแต่ออกลูกครั้งละมาก ๆ 1-2 หมื่นตัว/ปี และบางชนิดไม่ถึง 30 ตัว/ปี ด้วยข้อจำกัดในด้านของอายุขัย (El-Komi and Kajihara, 1991) เช่น *Lepas anatifera* และ *Sacculina scalpellum* จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศผู้เล็กกว่าของเพศเมีย (Dioecy or androdioecy) และเพรียงหินแบบ Scalpellid จะมีอวัยวะเพศผู้ที่ไม่เจริญเติบโต (Svane, 1986)

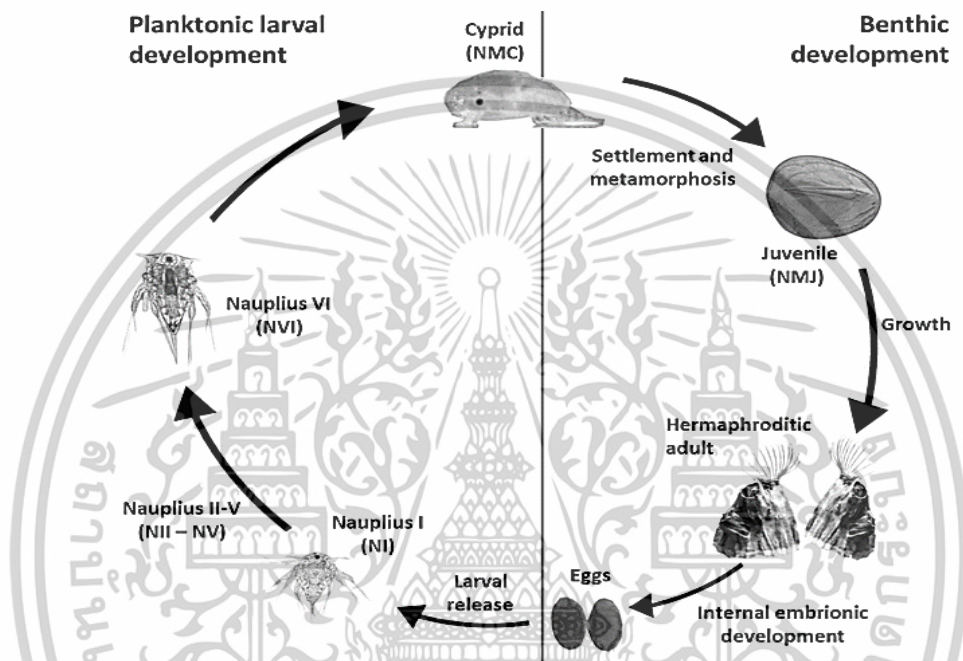


ภาพที่ 2.9 พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของเพรียงหินโดยการยื่น Penis ที่ยาวมากเข้าไปผสมกับตัวอื่น
ที่มา: Gerlach and Atema (2015)

2.1.4 วงจรชีวิตของเพรียงหิน

กระบวนการลอกคราบและการเปลี่ยนระยะ (Metamorphosis) ของสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรพอดา (Arthropoda) ถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนหลักสองกลุ่มคือ Ecdysteroids และ Sesquiterpenoids ซึ่งในเพรียงหินพบว่ามียาพิษในการควบคุมกระบวนการเปลี่ยนระยะเช่นกัน (Ecdysone และ Methyl farnesoate) แต่ยังไม่มียารายงานการศึกษาที่ชัดเจนในเรื่องดังกล่าว (Denny *et al.*, 2007; Maruzzo *et al.*, 2012) โดยวงจรชีวิตของเพรียงหินช่วงแรกเป็นช่วงที่ตัวอ่อนล่องลอยในมวลน้ำ เรียกว่า “Planktonic stages” (ตั้งแต่ระยะ Nauplius I ถึงระยะ Cyprids) จัดเป็นแพลงก์ตอนชั่วคราว (Meroplankton) โดยไข่ที่อยู่ในช่องท้องจะฟักเป็นตัวอ่อนระยะแรก เรียกว่า “Cirripede nauplius” ตัวอ่อน Nauplius จะมีลักษณะพิเศษ คือ เปลือกนอก (Carapace) เป็นรูปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เหลี่ยมและมีฐานอยู่ด้านหน้า (Anterior) ตัวอ่อนระยะ Nauplius ของเพรียงหินทุกชนิดจะมีมุมทั้ง 2 ข้างของเปลือกนอกแหลมคล้ายเขา (horn) ต่อมาหลังจากลอกคราบ 6-7 ครั้ง ตัวอ่อน Nauplius จะเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนในระยะ Cyprids ซึ่งมีเปลือกนอก 2 ฝาหุ้มลำตัวโดยตัวอ่อนในระยะนี้จะใช้ หนวดคู่ที่ 1 (Attachment disc) เพื่อใช้เกาะยึดกับพื้นที่ยึดและเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย หลังจากนั้นก็จมตัวยึดเกาะตัวเองกับวัตถุ “Sessile” (ตั้งแต่ระยะ Early settled Cyprids, Juvenile ถึงระยะ Adult) (ลัดดา วงศ์รัตน์ และ โสภณา บุญญาภิวัฒน์, 2541) (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 วงจรชีวิตของเพรียงหิน *Austrominius psittacus* ประกอบด้วยระยะ NI=Nauplius I, NII=Nauplius II, NV=Nauplius V, NVI=Nauplius VI, NMC=Newly molted Cyprids และ NMJ=Newly metamorphosed juvenile.

ที่มา: Pineda *et al.* (2021)

วงจรชีวิตของเพรียงหินมีรายละเอียดของตัวอ่อนแต่ละระยะ ดังนี้

2.1.4.1 ระยะ Nauplius I: การพัฒนาตั้งแต่ระยะ Nauplius I-VI เป็นกระบวนการที่ใช้เวลาประมาณ 10-15 วัน ระยะเวลาอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของเพรียงหินและปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยระยะ Nauplius I ใช้เวลา 1-2 วัน เมื่อฟักออกจากไข่ตัวอ่อนมีรูปร่างคล้ายวงรีหรือทรงกลม มีหนวด (Naupliar Antennae) และเส้นขน (Setae) ที่ช่วยในการเคลื่อนที่ในน้ำ ช่วยกรองอนุภาคอาหารขนาดเล็กและการรับรู้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รอบตัว

2.1.4.2 ระยะ Nauplius II-III: มีลักษณะคล้ายกับระยะ Nauplius ระยะแรก แต่มีการพัฒนาขึ้นเล็กน้อยจากการลอกคราบครั้งแรก มีตาดวงเดียวที่ชัดเจนตรงกลางหัว หนวดมีความยาวและจำนวนข้อต่อเพิ่มขึ้นซึ่งช่วยให้ตัวอ่อนสามารถเคลื่อนที่ในน้ำและร่างกายของตัวอ่อนเริ่มมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาความซับซ้อนของโครงสร้างต่าง ๆ เช่น ส่วนหัว (Cephalon) และลำตัว (Thorax) (Pineda *et al.*, 2021)

2.1.4.3 ระยะเวลา Nauplius IV: มีการพัฒนาของขาจับเหยื่อ (Mandibles) แต่ยังไม่สมบูรณ์และเปลือกนอกค่อนข้างบางซึ่งทำหน้าที่ปกป้องตัวอ่อน ในระยะนี้ Nauplius IV เป็นระยะที่ยังคงว่ายน้ำได้อิสระ เป็นช่วงที่อวัยวะที่ใช้ในการจับ การกรองอาหาร และระบบย่อยอาหารเริ่มพัฒนา เช่น หนวด เส้นขนกรองอาหาร ช่องท้อง และการพัฒนาโครงสร้างภายในที่ช่วยในการทำงานของระบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจับเหยื่อและการดูดซึมสารอาหาร (Maruzzo *et al.*, 2012)

2.1.4.4 ระยะเวลา Nauplius V: มีการพัฒนาระบบประสาทและโครงสร้างปากโดยตัวอ่อนจะเริ่มกินฟิโตแพลงก์ตอน (Phytoplankton) คือ กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เป็นโปรโตซัว (Protozoa) หรือสาหร่ายขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในน้ำทะเลทำให้ตัวอ่อนมีพลังงานที่เพียงพอสำหรับการเติบโต

2.1.4.5 ระยะเวลา Nauplius VI: ตัวอ่อนพัฒนาเต็มที่ในทุกโครงสร้างที่จำเป็นโดยเฉพาะในส่วนหัวและลำตัว โดยโครงสร้างต่าง ๆ จะมีการแบ่งแยกอย่างชัดเจนกว่าในระยะก่อนหน้า การพัฒนาของข้อต่อและเซลล์ต่าง ๆ การพัฒนาของระบบประสาทเพื่อช่วยให้การรับรู้ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าช่วยให้ตัวอ่อนสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวอ่อนมีการกินอาหารและสะสมพลังงานเอาไว้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงไปสู่ระยะถัดไป (Yu and Chan, 2020)

2.1.4.6 ระยะเวลา Cyprids: นับเป็นช่วงที่สำคัญในการพัฒนาของตัวอ่อนเพรียงหิน ซึ่งเริ่มมีการพัฒนาเปลือกที่แข็งตัวมากขึ้นเพื่อปกป้องร่างกายจากศัตรูและสภาพแวดล้อม มีลักษณะเป็นแผ่นเปลือกแข็งที่ประกอบด้วยหินปูน (Calcareous plates) ซึ่งจะพัฒนาเป็นเปลือกแข็งที่มีการสะสมแคลเซียม (Calcified shell) ที่แข็งแรงและทนทานในระยะ Juvenile (Nardone *et al.*, 2018) ในระยะ Cyprids ตัวอ่อนจะเริ่มพัฒนาอวัยวะที่ใช้ในการยึดเกาะที่สำคัญ เช่น ขาในส่วนของลำตัว (Thoracic cirri) และรยางค์ที่ยื่นออกมาจากหัว (Antennal lobes) ที่มีการพัฒนาความยาวและความแข็งแรง ขาและหนวดเหล่านี้ทำหน้าที่ในการสำรวจพื้นผิวต่าง ๆ ที่เหมาะสม เช่น ก้อนหิน เปลือกหอย หรือวัตถุอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อมสำหรับการยึดเกาะ ตัวอ่อนระยะ Cyprids เป็นหนึ่งในวงจรชีวิตที่ผ่านการวิวัฒนาการอย่างยาวนานในการเลือกพื้นผิวเพื่อลงเกาะ ทำให้สามารถเผชิญกับสภาพการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงของปัจจัยต่าง ๆ ในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง การค้นหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการยึดเกาะจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในระยะ Cyprids ตัวอ่อนจะใช้เวลาตอบสนองต่อสารเคมี (Chemotaxis) เพื่อระบุพื้นที่ที่มีสารเคมีที่ดึงดูดการยึดเกาะ โดยการใช้ Circumoral zone เพื่อสัมผัสและทดสอบพื้นผิวเป็นวิธีการสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจ เมื่อพบพื้นที่ที่เหมาะสมตัวอ่อนจะเริ่มทำการยึดติดโดยการหลั่งสารจากต่อมหลั่งสารเคมี (Cement glands) ประกอบด้วยกาวที่ประกอบด้วยโปรตีน (Proteinaceous adhesive) ซึ่งทำหน้าที่ในการยึดติดกับพื้นผิวอย่างถาวรและพัฒนาเป็นระยะ Juvenile (Høeg *et al.*, 2012; Alsaab *et al.*, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.7 ระยะ Juvenile: ตัวอ่อนจะเริ่มแสดงลักษณะและพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกับเพรียงหินตัวเต็มวัยโดยมีการพัฒนาเปลือกให้มีช่อง Mantle cavity และแผ่นเปิด-ปิดฝา การขยายขนาดของเปลือกและส่วนฐานเกาะติดกับพื้นผิวมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 400 มิลลิเมตร อีกทั้งการพัฒนาจากขาในส่วนของลำตัวมาเป็น Cirri โดยมีบทบาทสำคัญในการกรองอาหารจากน้ำด้วยการจับและกรองอนุภาคอาหารขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอน และสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วซึ่งช่วยให้เพรียงหินสามารถดักจับอาหารอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้สามารถรองรับการเจริญเติบโตที่ไม่สามารถย้ายแหล่งอาศัยได้อีก (Maruzzo *et al.*, 2012)

2.1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนระยะ Nauplius-Juvenile

2.1.5.1 อาหารและแหล่งพลังงาน: การเจริญเติบโตและการพัฒนาของตัวอ่อนในระยะ Nauplius จำเป็นต้องได้รับสารอาหารที่เหมาะสมจากแพลงก์ตอนชนิดต่าง ๆ เพื่อเติบโตและเตรียมพร้อมสำหรับการเปลี่ยนระยะไปเป็น Cyprids โดยตัวอ่อน Nauplius ส่วนใหญ่กินแพลงก์ตอนพืช เช่น สาหร่ายเซลล์เดียว ไดอะตอม (Diatoms) และไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) เป็นหลัก รวมไปถึงแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กและเศษซากอินทรีย์ในน้ำ โดยความเข้มข้นและคุณภาพของอาหารมีผลโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโตหากแหล่งอาหารกระจายตัวไม่สม่ำเสมอหรือขาดสารอาหารสำคัญอาจทำให้การเจริญเติบโตช้าลงหรือไม่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น การขาดสารอาหารประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Essential fatty acids) อาจทำให้ตัวอ่อน Nauplius ประสบปัญหาในการพัฒนาโครงสร้างเซลล์และระบบประสาทซึ่งทำให้การเจริญเติบโตล่าช้า ส่งผลให้เกิดการสะสมพลังงานไม่เพียงพอและทำให้การเปลี่ยนไปสู่ระยะ Juvenile ไม่สมบูรณ์หรือไม่สำเร็จ (Kanazawa *et al.*, 1985; Thiyagarajan *et al.*, 2003)

2.1.5.2 อุณหภูมิ: อุณหภูมิของน้ำ (ตารางที่ 2.1) มีบทบาทสำคัญในการควบคุมอัตราการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้กระบวนการ Metabolism ผิดปกติส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลงหรืออาจทำให้ตัวอ่อนเกิดภาวะเครียดซึ่งอาจนำไปสู่การตายหรือการพัฒนาที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหรือไม่สม่ำเสมอสามารถส่งผลให้ตัวอ่อนมีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตผิดปกติหรือการเปลี่ยนระยะช้ากว่าปกติซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตโดยรวม ตัวอ่อนที่มีแหล่งอาศัยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนและเขตกึ่งเขตร้อนมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิแต่ละระดับแตกต่างกัน เพรียงหินในเขตร้อนมักมีการพัฒนาและเปลี่ยนระยะได้รวดเร็วเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเร่งกระบวนการ Metabolism แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอหรือสูงเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะเครียดและการพัฒนาที่ผิดปกติ ตัวอ่อนในเขตกึ่งเขตร้อนจะพัฒนาด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าซึ่งทำให้การเปลี่ยนระยะช้าลงและการปรับตัวของตัวอ่อนในสภาพแวดล้อมที่เย็นนี้มักจะช้ากว่าและต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างค่อยเป็นค่อยไป (López *et al.*, 2008; Nasrolahi *et al.*, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน Nauplius-Juvenile

แหล่งอาศัย	ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม	สายพันธุ์	อ้างอิง
ทั่วไป	20-25°C	<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Anderson (1994)
		<i>Chthamalus stellatus</i>	Moore and Kitching (2009)
เขตร้อน	25-30°C	<i>Elminius modestus</i>	Hawkins <i>et al.</i> (2020)
		<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Anderson (1994)
		<i>Chthamalus malayensis</i>	Yan and Chan (2001)
เขตหนาว	15-20°C	<i>Semibalanus balanoides</i>	Walker (2020)
		<i>Cirripedia montagui</i>	O'Riordan <i>et al.</i> (1995)
		<i>Balanus crenatus</i>	Barnes and Powell (1953)

2.1.5.3 ความเข้มแสง: ความเข้มของแสงมีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงระยะของตัวอ่อน โดยตัวอ่อนระยะ Nauplius มักจะมีปฏิกิริยาต่อระดับแสงได้ง่ายโดยการเคลื่อนไหวเพื่อหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แสงยังสามารถกำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวของตัวอ่อนระยะ Cyprids ได้แต่ค่อนข้างน้อย ซึ่งตัวอ่อนใช้หาพื้นผิวที่เหมาะสมสำหรับการยึดเกาะและเปลี่ยนเป็น Juvenile พื้นผิวที่มีแสงน้อยจึงมักจะถูกเลือกมากกว่าเพื่อป้องกันผู้ล่า โดยทั่วไปแล้วความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนระยะอยู่ระหว่างความเข้มประมาณ 500-1000 Lux, 1500-2000 Lux (เพรียงหินเขตร้อน) และ 500 Lux (เพรียงหินเขตหนาว) (Lynn *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2022)

2.1.5.4 สารเคมีและฮอร์โมน: สารเคมีที่ปนเปื้อนในน้ำ เช่น โลหะหนัก (Heavy Metals) สารเคมีจากอุตสาหกรรม ยาฆ่าแมลง (Pesticides) และสารประกอบอินทรีย์ที่คงตัวในสภาพแวดล้อมได้นาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) หากมีปริมาณมากเกินไปสามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของตัวอ่อนเพรียงหินได้ สารเหล่านี้สามารถขัดขวางการทำงานของเอนไซม์และกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญทำให้การเจริญเติบโตช้าลงหรือผิดปกติ สภาวะทางเคมีของน้ำ เช่น pH ระดับออกซิเจน ความเค็มและแร่ธาตุ ก็มีความสำคัญต่อการพัฒนาของตัวอ่อน โดยการเปลี่ยนแปลงในระดับ pH อาจทำให้เกิดความเครียดจากกรดหรือเบส ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบสรีรวิทยา การลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำอาจทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) ส่งผลให้การเจริญเติบโตผิดปกติหรือการพัฒนาไม่สมบูรณ์ ความเค็มของน้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการดำรงชีวิตและการพัฒนา โดยตัวอ่อนเพรียงหินต้องการความเค็มที่อยู่ในช่วงเหมาะสม (Optimal Salinity) เพื่อรักษาสมดุลของน้ำและไอออนภายในร่างกายหากความเค็มต่ำเกินไปหรือสูงเกินไปอาจทำให้ระบบสรีรวิทยาของตัวอ่อนทำงานผิดปกติ เช่น การดูดซึมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงหรือเกิดภาวะเครียดจากการขาดสมดุล ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนระยะไปเป็น Juvenile และการเปลี่ยนแปลงของความเค็มอย่างรวดเร็วอาจทำให้ตัวอ่อนมีความเสี่ยงต่อการตายสูงขึ้น (Hawkins *et al.*, 2020; Yu *et al.*, 2020) แร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลก็มีบทบาทในกระบวนการทางชีวเคมีและการเจริญเติบโตของตัวอ่อน โดยแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และซิลิคอน (Si) ช่วยสร้างเปลือกและโครงสร้างภายนอกที่แข็งแรง แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) และสังกะสีไอออน (Zn^{2+}) สนับสนุนการทำงานของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของเซลล์ โพแทสเซียมไอออน (K^+) และโซเดียมไอออน (Na^+) ช่วยรักษาสมดุลของเซลล์และการส่งสัญญาณประสาท ในขณะที่ไอออนของเหล็ก ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) มีบทบาทสำคัญในการแลกเปลี่ยนก๊าซเพื่อหายใจและสร้างพลังงาน โดยสารประเภทต่าง ๆ ที่กล่าวมาเหล่านี้ต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม (ตารางที่ 2.2) จึงทำให้การเปลี่ยนระยะ Nauplius-Juvenile เป็นไปอย่างปกติและมีประสิทธิภาพ (Pyefinch and Mott, 1948; Qiu *et al.*, 2005; Metzler *et al.*, 2020)

นอกจากนี้สารเคมีจากสิ่งแวดล้อมที่ปล่อยออกมาจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น พืชทะเลหรือสิ่งมีชีวิตพื้นทะเลอาจส่งผลกระทบต่อจิตใจของตัวอ่อนในการเกาะติดกับพื้นผิวนั้นหรือส่งสัญญาณเตือนภัยให้หลีกเลี่ยงพื้นที่ไม่ปลอดภัย ในขณะที่เดียวกันฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น ฮอร์โมน Ecdysteroids เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการลอกคราบและการเปลี่ยนระยะ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของตัวอ่อนหากฮอร์โมนเหล่านี้ไม่สมดุลอาจส่งผลให้การพัฒนาไม่สมบูรณ์หรือผิดปกติ เช่น การลอกคราบไม่สำเร็จ ซึ่งจะทำให้ตัวอ่อนไม่สามารถเข้าสู่ระยะ Juvenile ได้อย่างสมบูรณ์และอาจลดอัตราการรอดชีวิตในระยะยาวของประชากรเพรียงหิน (López *et al.*, 2008; Maruzzo *et al.*, 2012)

ตารางที่ 2.2 สภาวะทางเคมีในน้ำที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน Nauplius-Juvenile

สารเคมี	ค่าที่เหมาะสม	เอกสารอ้างอิง
ความเป็นกรด-เบส	7.5-8.5	Burns <i>et al.</i> (2017)
ความเค็ม	30-35 ppt	Nasrolahi (2007)
ระดับออกซิเจนในน้ำ	>5 มิลลิกรัมต่อลิตร	Campanati <i>et al.</i> (2020)
แคลเซียม	400-450 มิลลิกรัมต่อลิตร	Metzler <i>et al.</i> (2020)
แมกนีเซียม	1,200-1,350 มิลลิกรัมต่อลิตร	Metzler <i>et al.</i> (2020)
โพแทสเซียม	380-400 มิลลิกรัมต่อลิตร	Essock-Burns <i>et al.</i> (2016)
โซเดียม	10,000-11,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	Rao and Lin (2020)
แอมโมเนีย	<0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร	Jonsson <i>et al.</i> (2018)
ไนไตรท์	<0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร	Yu <i>et al.</i> (2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนระยะ ยกตัวอย่างเช่น คุณภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยก็มีบทบาทสำคัญ ซึ่งช่วยพัฒนาอาหารและสารอาหารที่จำเป็นไปยังตัวอ่อนรวมถึงช่วยกระจายตัวอ่อนให้ไปลงเกาะในบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามกระแสน้ำที่แรงเกินไปอาจทำให้ตัวอ่อนถูกพัดพาออกไปจากพื้นที่ที่เหมาะสมหรือทำให้มีพลังงานไม่เพียงพอในการหาอาหาร การเลือกพื้นผิวและการมีอยู่ของผู้ล่าก็มีผลต่อการเจริญเติบโต โดยตัวอ่อนอาจต้องหลบหนีจากผู้ล่าหรือศัตรูธรรมชาติซึ่งอาจทำให้ต้องเลือกพื้นที่ปลอดภัยมากขึ้น การแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ก็สำคัญเพราะการแย่งชิงแหล่งอาหารกับแพลงก์ตอนสัตว์อื่น ๆ หรือการแย่งพื้นที่เกาะติดกับเพรียงหินชนิดอื่น ความเครียดจากการแข่งขันดังกล่าวอาจทำให้การเจริญเติบโตช้าลง โดยปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดล้วนมีผลกระทบต่ออัตราการรอดชีวิตและการเปลี่ยนระยะของเพรียงหินในสภาพแวดล้อมทางทะเล (Raimondi, 1990; Maruzzo *et al.*, 2012)

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids

เมื่อตัวอ่อนระยะ Nauplius I ฝักออกจากไข่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มครัสเตเชียนชนิดอื่น ๆ ตัวอ่อนเหล่านี้จะพัฒนามาถึงระยะ Cyprids (โดยการเปลี่ยนระยะแตกต่างกันตามสายพันธุ์) ตัวอ่อนระยะ Cyprids มีการสร้างโครงสร้างที่เป็นเปลือกแข็งห่อหุ้มตัวเองเอาไว้ภายในและเริ่มหาพื้นผิวของวัตถุต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะ เมื่อพบบริเวณที่เหมาะสมตัวอ่อนจะหลั่งสารประกอบไขมัน (Oily Compound) เพื่อใช้กำจัดน้ำออกไปจากบริเวณพื้นผิววัตถุที่จะลงเกาะซึ่งสารชนิดนี้จะไปแทนที่น้ำบนพื้นผิววัตถุประเภทต่าง ๆ หลังจากนั้นตัวอ่อนจะหลั่งสารโปรตีนประเภท Phosphoprotein ทำหน้าที่เชื่อมติดตัวกับพื้นผิว การลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การลงเกาะแบบชั่วคราว (Temporary Adhesion) เป็นกระบวนการที่ตัวอ่อน Cyprids จะเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวต่าง ๆ เพื่อค้นหาสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะถาวร ตัวอ่อน Cyprids มักจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 1-3 วัน (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และปัจจัยทางสภาพแวดล้อม) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความพร้อมในการใช้กลไกการยึดเกาะชั่วคราวเพื่อสำรวจสภาพแวดล้อม ในระหว่างกระบวนการนี้ตัวอ่อนจะใช้โครงสร้างที่เรียกว่า “Antennules” ซึ่งมีเส้นขนละเอียดเพื่อทำการยึดเหนี่ยวกับพื้นผิวได้อย่างเบา ๆ ช่วยให้ตัวอ่อน Cyprids ยึดติดกับพื้นผิวในระยะเวลานั้น ๆ (Yule and Walker, 1985) กลไกการยึดเกาะชั่วคราวอาศัยแรงทางกายภาพ เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals forces) และแรงยึดจากน้ำมันที่ปล่อยออกมาจาก Antennules ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติช่วยในการยึดติดชั่วคราวและช่วยให้ Cyprids สามารถติดอยู่บนพื้นผิวต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อทางเคมีที่แข็งแรง (Conlan, 2013) กระบวนการนี้ช่วยให้ตัวอ่อน Cyprids สามารถประเมินคุณภาพของพื้นผิวได้ เช่น ความหยาบ สภาพแวดล้อมเคมี และการมีอยู่ของสาหร่ายหรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ก่อนที่จะลงเกาะแบบถาวร การลงเกาะแบบชั่วคราวยังมีบทบาทที่สำคัญในการป้องกันตัวอ่อนจากการติดอยู่กับพื้นผิวที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตหรือการมีชีวิตของ Cyprids ในระยะถัดไป การใช้กลไกนี้ช่วยให้ Cyprids สามารถเลือกแหล่งอาศัยที่มีเงื่อนไขที่ดีที่สุดและมีโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดในการพัฒนาเป็นเพรียงหินตัวเต็มวัยในภายหลัง 2) การลงเกาะแบบถาวร (Permanent Adhesion) เป็นขั้นตอนที่สำคัญหลังจากที่ตัวอ่อนพบบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะ กระบวนการนี้จะเกี่ยวข้องกับการปล่อยสารยึดเกาะที่มีความแข็งแรงสูงออกมาจากต่อมยึดเกาะ (Cement glands) ซึ่งทำให้ตัวอ่อนสามารถยึดติดกับพื้นผิวได้อย่างถาวร (Petersen *et al.*, 2020) Cyprids จะปล่อยสาร เรียกว่า “สารยึดติด” (Cement) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพแวดล้อมใต้น้ำ สารยึดเกาะนี้ประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิดที่สามารถสร้างพันธะเคมีที่แข็งแรงกับพื้นผิว เช่น พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bonds) ซึ่งช่วยให้ตัวอ่อนยึดติดกับพื้นผิวได้อย่างมั่นคง การปล่อยสารยึดติดนี้จะทำให้การยึดติดเกิดขึ้นอย่างถาวรและทำให้ตัวอ่อนเริ่มกระบวนการเปลี่ยนระยะกลายเป็นเพรียงหินตัวเต็มวัย (ในช่วงนี้ตัวอ่อนจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปที่อื่นได้อีก) โดยเมื่อลงเกาะแล้วหัวและตาที่เป็นจำเป็นสำหรับตัวอ่อนที่อาศัยอยู่ประจำที่ไปตลอดชีวิตก็จะหลุดไปเหลือแต่ปากกับต่อมผลิตสารโปรตีนเพียงเล็กน้อยและพัฒนาเป็นระยะ Newly metamorphosed juvenile ที่เหลือเพียงส่วนกลางของลำตัวที่พร้อมจะเจริญเติบโตไปเป็นตัวเต็มวัยต่อไป (Fontaine *et al.*, 2016) โดยความสำเร็จที่มีอิทธิพลต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

2.2.1 รอยเท้าของ Cyprids (Cyprids footprint) และ Settlement-Inducing Protein Complex (SIPC)

การใช้เทคนิคการตรวจจับระดับโปรตีนแบบ Bio-Rad protein กับตัวอ่อนเพรียงหิน *Balanus balanoides* ระยะ Cyprids แสดงให้เห็นว่าตัวอ่อนระยะนี้ใช้สารคัดหลั่งที่ปล่อยออกมาบนพื้นผิวเป็นรูปคล้ายกับวงแหวนในการยึดเกาะและใช้เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างของเหลวกับพื้นผิวที่ของเหลวนั้นสัมผัสอยู่โดยเป็นผลมาจากแรงทางโมเลกุล (Stefan adhesion) เพื่อเป็นการสำรวจพื้นที่ก่อนลงเกาะแบบถาวร สารที่ตัวอ่อนหลั่งออกมาในช่วงแรก มีลักษณะคล้ายกาวที่ไม่แน่นมาก เรียกว่า “สารยึดติดชั่วคราว” (Temporary adhesive) สร้างมาจาก Temporary adhesive gland เป็นองค์ประกอบหลักของสารยึดติดชั่วคราว มีโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำนวนมากแบบ Basic amino acid (มีประจุบวก) ซึ่งมักจะยึดติดได้ดีกับพื้นผิวที่มีประจุและทิ้งร่องรอยไว้มีลักษณะเป็นจุดเล็ก ๆ เรียกว่า “รอยเท้าของ Cyprids” (Cyprids footprint) และขณะเดียวกันก็หลั่งฟีโรโมน (Pheromone) Settlement-Inducing Protein Complex (SIPC) ซึ่งสะสมอยู่ในตัวอ่อนระยะ Cyprids ทำหน้าที่ดึงดูดให้ Cyprids ตัวอื่นลงเกาะบนพื้นผิวบริเวณใกล้เคียงเพื่อประโยชน์ของการสืบพันธุ์ในระยะ Juvenile (Yule and Walker, 1984; Matsumura *et al.*, 1998)

จากการศึกษาในปัจจัยดังกล่าวโดย Yule and Walker (1985) เกี่ยวกับพฤติกรรมการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus balanoides* ระยะ Cyprids ระหว่างพื้นผิวที่มี Cyprids footprint และพื้นผิวที่ไม่มี Cyprids footprint เพื่อพิสูจน์ว่ารอยเท้าของ Cyprids เป็นตัวกระตุ้นประสิทธิภาพในการลงเกาะได้หรือไม่ โดยการใช้แผ่นหิน Slate panels (แผ่นหินชนิดหนึ่งที่ทำจากหินชนวน)

ขนาด 2x5 เซนติเมตร จำนวน 3 หน่วยการทดลอง คือ 1) Footprint-treated 2) Cyprids-treated เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ใช้ตัวอ่อน Cyprids เคลื่อนที่และสัมผัสกับพื้นผิวของแผ่นโดยตรง แต่ไม่มีการรับประกันว่าตัวอ่อนเหล่านี้จะทิ้งโปรตีน “รอยเท้า”) และ 3) Untreated จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าชุดการทดลองที่มีการหลัง Settlement-Inducing Protein Complex (SIPC) และ Cyprids footprint จากเพรียงหิน *B. balanoides* ระยะ Cyprids สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลงเกาะได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ผลการเปรียบเทียบพื้นผิวที่มี SIPC และพื้นผิวที่ไม่มี SIPC จากตารางที่ 2.3) และสามารถคงอยู่บนพื้นผิวได้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาเฉลี่ยของฤดูสืบพันธุ์ของ *B. balanoides* ในช่องแคบ Menai Strait

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบพื้นผิวที่มี SIPC และพื้นผิวที่ไม่มี SIPC สำหรับการลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids

คุณสมบัติ	พื้นผิวที่มี SIPC	พื้นผิวที่ไม่มี SIPC
การกระตุ้นการลงเกาะ	SIPC กระตุ้นการลงเกาะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปล่อยสารเคมีที่ดึงดูด Cyprids	ไม่มีการกระตุ้นการลงเกาะโดยตรง ไม่มีฟีโรโมนที่ดึงดูด Cyprids ตัวอื่น
ความแข็งแรงของการยึดติด	การยึดติดมีความแข็งแรงสูงเนื่องจาก SIPC ช่วยให้ Cyprids สร้างพันธะเคมีที่แข็งแรงกับพื้นผิว	ความแข็งแรงของการยึดติดอาจต่ำกว่าหรือไม่เกิดการยึดติดถาวร
ปฏิกิริยาของ Cyprids ต่อพื้นผิว	Cyprids ที่มาถึงพื้นผิวที่มี SIPC มักจะเลือกลงเกาะถาวรมากขึ้น เนื่องจากสัญญาณเคมีที่แสดงถึงพื้นที่เหมาะสม	Cyprids อาจมีความลังเลในการลงเกาะหรือเลือกลงเกาะชั่วคราวเท่านั้น หากพื้นผิวไม่มี SIPC
การกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโต	SIPC กระตุ้นให้ Cyprids เริ่มกระบวนการเปลี่ยนระยะ	กระบวนการเปลี่ยนระยะอาจไม่เกิดขึ้นหรือล่าช้า

ที่มา: Matsumura *et al.* (1998) และ Dreanno *et al.* (2006)

2.2.2 ไบโอฟิล์ม

วัตถุชนิดต่าง ๆ เมื่อจมอยู่ในน้ำทะเลจะถูกจุลินทรีย์หลากหลายชนิดใช้เป็นที่อยู่อาศัย โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะสร้างพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและกรดนิวคลีอิก ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันโคโลนี (colony) ของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในโครงสร้าง เรียกว่า “ไบโอฟิล์ม” (Biofilm) ลักษณะรูปร่างของไบโอฟิล์มมีความแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์และสภาพแวดล้อมเป็นหลัก โดยไบโอฟิล์มเป็นปัจจัยที่เหนี่ยวนำการลงเกาะของสาหร่ายและการยึดเกาะของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สันหลังหลากหลายสายพันธุ์ เช่น เพรียงหิน, Bryozoans และ Bolychaetes เป็นต้น เนื่องจากไบโอฟิล์มส่งผลให้พื้นผิวของวัตถุมีพลังงานอิสระสูง (high surface free energy) จึงทำให้พื้นผิวสามารถเก็บความชื้นได้ดียิ่งขึ้นจึงง่ายต่อการลงเกาะของสิ่งมีชีวิตที่กล่าวมาในข้างต้น (Qian *et al.*, 2000; Huggett *et al.*, 2009)

การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลจากไบโอฟิล์มที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการลงเกาะของเพรียงหิน *Fistulobalanus albicostatus* ระยะ Cyprids ของ Chen *et al.* (2007) ด้วยการใช้แผ่นยางเป็นวัสดุลงเกาะ ขนาด 10x10 เซนติเมตร แบ่งเป็นแผ่นยางที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์และแผ่นที่นำมาแช่ไว้ในน้ำทะเลเพื่อเพาะเลี้ยงไบโอฟิล์มเป็นระยะเวลาตามที่กำหนด เช่น 5, 12, หรือ 15 วัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยแผ่นที่ฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์จะถูกใช้เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่มีไบโอฟิล์มหรือจุลชีพใด ๆ ซึ่งช่วยให้สามารถระบุได้ว่าการลงเกาะของตัวอ่อนเกิดขึ้นจากการมีอยู่ของไบโอฟิล์มหรือไม่ จากนั้นนำมาแช่ในถังรวมกับตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลคือจำนวนการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยตัวอ่อนมีแนวโน้มที่จะลงเกาะได้ดีบนแผ่นที่มีไบโอฟิล์มที่เพาะเลี้ยงในน้ำทะเล จากผลบ่งชี้ว่าคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำทะเลเลมมีอิทธิพลต่อการสร้างไบโอฟิล์มและการดึงดูดตัวอ่อนเพรียงหินอีกทั้งไบโอฟิล์มอาจปล่อยสารเคมีที่ส่งผลต่อการดึงดูดตัวอ่อนอีกด้วย จากรายงานการศึกษาของ Gregoris *et al.* (2012) เกี่ยวกับกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างไบโอฟิล์มที่กระตุ้นการลงเกาะของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลองคือ 1) พื้นผิวที่มีไบโอฟิล์มจากแบคทีเรียที่เติบโตบนเปลือกเพรียงหิน 2) พื้นผิวที่มีไบโอฟิล์มจากแบคทีเรียที่เติบโตบนหินในพิพิธภัณฑสถานสัตว์น้ำ และ 3) พื้นผิวที่ไม่มีไบโอฟิล์ม (หน่วยควบคุม) ผลการศึกษาพบว่าการลงเกาะเกิดบนพื้นผิวที่มีไบโอฟิล์มจากแบคทีเรียที่เติบโตบนเปลือกเพรียงหินมากที่สุด (67%) และพื้นผิวที่ไม่มีไบโอฟิล์มมีอัตราการลงเกาะไม่แตกต่างจากพื้นผิวที่มีไบโอฟิล์มที่สร้างจากแบคทีเรียที่เติบโตบนหินจากพิพิธภัณฑสถานสัตว์น้ำ ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน ได้แก่ สกุล *Vibrio* และ *Pseudoalteromonas* (ที่เติบโตบนเปลือกเพรียงหิน) โดยแบคทีเรียในสกุล *Vibrio* มีรายงานว่ามีความสามารถในการกระตุ้นการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน ส่วน *Pseudoalteromonas* มีบทบาทในการปล่อยสารเคมีที่ช่วยกระตุ้นการตอบสนองของตัวอ่อนให้เลือกลงเกาะใกล้กับเพรียงหินชนิดเดียวกัน และไบโอฟิล์มที่มีอายุน้อยกว่ามักส่งผลดีต่อการลงเกาะของตัวอ่อนมากกว่า โดยตัวอ่อนเพรียงหินมีแนวโน้มที่จะลงเกาะบนพื้นผิวที่มีไบโอฟิล์มที่เพาะเลี้ยงในระยะเวลาสั้น ๆ (อายุน้อยกว่า 12 วัน) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไบโอฟิล์มที่มีอายุอาจเกิดจากการที่มีสารเคมีหรือองค์ประกอบของแบคทีเรียที่ดึงดูดตัวอ่อนให้เลือกพื้นผิวเหล่านี้ ในขณะที่เมื่อไบโอฟิล์มมีอายุมากขึ้นอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติหรือองค์ประกอบของจุลชีพซึ่งอาจไม่ดึงดูดตัวอ่อนได้เหมือนเดิมหรืออาจปล่อยสารเคมีที่มีผลยับยั้งการลงเกาะ (Chen *et al.*, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ลักษณะพื้นผิวของวัตถุ

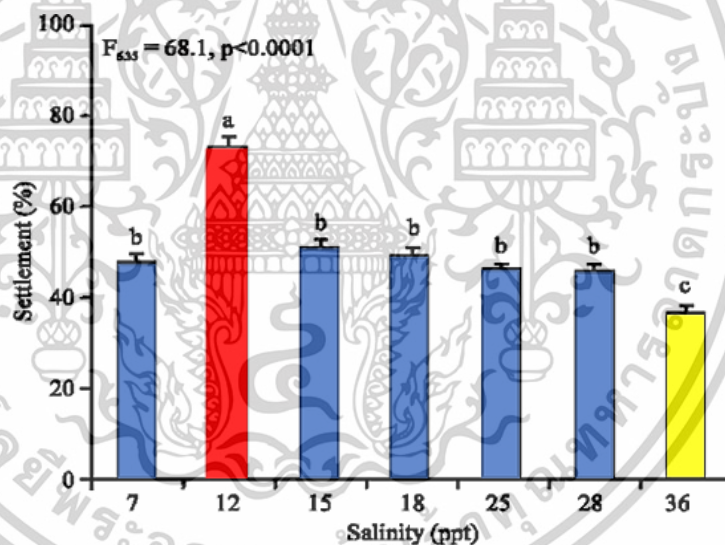
วงจรชีวิตของเพรียงหินจากระยะ Nauplius ที่ว่ายอยู่ในมวลน้ำเมื่อเปลี่ยนมาเป็นระยะ Cyprids ซึ่งเป็นระยะที่มีปฏิสัมพันธ์เป็นพิเศษต่อพื้นผิวของวัตถุที่จะลงเกาะ เนื่องจากสภาพของพื้นผิวมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตแบบยึดเกาะของเพรียงหินตัวเต็มวัยเนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เมื่อลงเกาะแบบถาวร ดังนั้นจึงมีตัวแปรมากมายที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือก ลักษณะพื้นผิวที่จะลงเกาะในแหล่งอาศัยของตัวอ่อนระยะ Cyprids เช่น คุณสมบัติในการเก็บความชื้น รูปทรงและองค์ประกอบของพื้นผิว เป็นต้น จากรายงานการศึกษาของ Bell *et al.* (2015) ที่ได้ประเมินการลงเกาะของเพรียงหินในสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายของพื้นผิวของเพรียงหิน *Chthamalus dentatus* ระยะ Cyprids พบว่าพื้นผิวที่มีความหยาบส่งผลต่อการลงเกาะและพื้นผิวที่มีความหยาบสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินได้ดีกว่าพื้นผิวเรียบลื่น เนื่องจากพื้นผิวที่หยาบสามารถเก็บความชื้นได้ดีกว่า โดยอีกงานวิจัยที่แสดงผลลัพธ์อย่างเห็นได้ชัดคือการศึกษาของ Ahmed *et al.* (2011) ที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids บนพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่น (Elasticity) และการกักเก็บความชื้น (Wettability) ที่แตกต่างกัน โดยใช้พื้นผิวที่มีช่วงความยืดหยุ่นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.47 MPa โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองประกอบด้วย 1) Tough double-network (DN) มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดีแทนพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่น 2) Polydimethylsiloxane (PDMS) ทำหน้าที่เป็นพื้นผิวที่กักเก็บน้ำได้น้อย และ 3) Polystyrene (PS) แทนสภาพพื้นผิวที่ไม่มีคุณสมบัติในการเก็บน้ำและมีลักษณะแข็ง (หน่วยควบคุมการทดลอง) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นผิวที่มีความหยาบและยืดหยุ่นสามารถกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าพื้นผิวเรียบ เพราะพื้นผิวที่มีลักษณะหยาบมีพื้นที่ผิวมากซึ่งช่วยลดการระเหยของน้ำได้ดีทำให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลชีพหรือไบโอฟิล์มซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารและปล่อยสารเคมีที่กระตุ้นการลงเกาะ จึงส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจในการเลือกพื้นผิวที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids (Bell *et al.*, 2015)

2.2.4 ความเค็ม

การเปลี่ยนแปลงความเค็มส่งผลต่อกระบวนการออสโมซิส (Osmosis) ภายในร่างกายของเพรียงหิน มีการศึกษาในเพรียงหินสายพันธุ์ *Elminius modestus*, *Balanus balanoides*, *Balanus crenatus*, *Amphibalanus improvisus*, และ *Chthamalus stellatus* พบว่าเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ความเค็มเป็น 0 ppt นานเกินไปจะทำให้ของเหลวภายในร่างกายหยุดนิ่งจนกระทั่งสูญเสียการควบคุมอวัยวะ ระดับความเค็มจึงมีบทบาทที่สำคัญต่อการรับรู้สภาพแวดล้อมของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids ในการเลือกพื้นผิวสำหรับการลงเกาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Foster, 1970; Nasrolahi *et al.*, 2016)

จากภาพที่ 2.11 แสดงผลจากระดับความเค็มต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ระยะ Cyprids ที่ความเค็ม 7 ระดับ ตั้งแต่ 7-36 ppt ผลปรากฏว่าเพรียงหินมีอัตราการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงเกาะสูงสุดอยู่ที่ความเค็ม 12 ppt และต่ำสุด 36 ppt อย่างไรก็ตามระดับความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และแหล่งที่อยู่อาศัย โดยแต่ละสายพันธุ์จะมีช่วงความเค็มที่เฉพาะเจาะจงซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการลงเกาะ (Nasrolahi *et al.*, 2007) ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Dineen and Hines (1994) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของความเค็มต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *B. subalbidus* ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มต่ำ (Oligohaline) โดยการเก็บเพรียงหินพ่อแม่พันธุ์จากอ่าว Chesapeake ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีช่วงความเค็มตามฤดูกาล 0-14 ppt และนำตัวอ่อนระยะ Cyprids มาติดตามและบันทึกผลการลงเกาะที่ความเค็ม 8 ระดับ คือ 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ppt ปรากฏว่าอัตราการลงเกาะเกิดขึ้นสูงสุด (87%) ที่ความเค็ม 2 ppt อัตราการลงเกาะมากกว่า 70% ที่ระดับความเค็ม 5, 10 และ 15 ppt และน้อยที่สุด (47%) ที่ระดับความเค็ม 20 และ 25 ppt และการศึกษาของ Dineen and Hines (1992) ที่เก็บเพรียงหินพ่อแม่พันธุ์ *A. improvisus* มาจากท่าเทียบเรือที่มีช่วงความเค็มตามฤดูกาล 5-15 ppt และนำตัวอ่อนระยะ Cyprids มาติดตามและบันทึกผลการลงเกาะที่ความเค็ม 8 ระดับ คือ 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ppt ผลคืออัตราการลงเกาะเกิดขึ้นสูงสุดที่ระดับความเค็ม 5-15 ppt



ภาพที่ 2.11 ระดับความเค็มต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ระยะ Cyprids ที่มา: Nasrolahi (2007)

จากผลการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มในแหล่งอาศัยเดิมกับความสามารถในการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินในระยะ Cyprids ซึ่งระดับความเค็มที่ตัวอ่อนเคยอาศัยมาก่อนนั้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อการตอบสนองต่อระดับความเค็มในสภาพแวดล้อมใหม่ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดจากการศึกษาของ Dineen และ Hines (1994) ที่พบว่าตัวอ่อนเพรียงหินชนิด *Balanus subalbidus* จากแหล่งที่มีความเค็มต่ำ (0-14 ppt) มีอัตราการลงเกาะสูงสุดที่ความเค็ม 2 ppt และยังคงมีอัตราการลงเกาะสูง (มากกว่า 70%) ในระดับความเค็ม 5-15 ppt แสดงให้เห็นว่าตัวอ่อนมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับตัวให้ตอบสนองได้ดีต่อระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับแหล่งอาศัยเดิม โดยทั่วไปเพรียงหินมีการปรับตัวทางสรีรวิทยาและพฤติกรรมเพื่อดำรงชีวิตในบริเวณที่มีความเค็มสูง ซึ่งรวมถึงการปรับกลไกการควบคุมออสโมซิสภายในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงในระดับความเข้มข้นของสารละลายในร่างกายและการพัฒนาความสามารถในการรับสารเคมีที่เหมาะสมต่อการลงเกาะ จึงทำให้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มที่สูงขึ้นได้ จากงานวิจัยในตารางที่ 2.4 แสดงถึงระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการลงเกาะของเพรียงหินชนิดต่าง ๆ พบว่าเพรียงหินสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเค็มประมาณ 30-35 ppt (Wrangé *et al.*, 2014; Nasrolahi *et al.*, 2016)

ตารางที่ 2.4 ความเค็มที่เหมาะสมต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids

ชนิดเพรียงหิน	แหล่งอาศัย	ช่วงที่เหมาะสม	อ้างอิง
<i>Balanus subalbidus</i>	Middle และ Muddy Creek ประเทศสหรัฐอเมริกา	2 ppt	Dineen and Hines (1994)
<i>B. improvisus</i>	Smithsonian Environmental Research Center ประเทศสหรัฐอเมริกา	10 ppt	Nasrolahi (2007)
<i>B. improvisus</i>	Noor ประเทศอิหร่าน	12 ppt	Nasrolahi (2007)
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Sven Lovén Centre ประเทศสวีเดน	15 ppt	Nasrolahi <i>et al.</i> (2016)
<i>Chthamalus testudinaria</i>	Carolina Department of Natural Resources ประเทศสหรัฐอเมริกา	20-30 ppt	Reilly (2019)

2.2.5 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรด-เบส ของน้ำทะเลโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8.4 เกิดจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศสู่น้ำทะเลและเปลี่ยนรูปเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวนี้เป็นปฏิกิริยาสองทางซึ่งหมายถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างมีความเกี่ยวข้องกับระดับความอิ่มตัวของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในน้ำทะเลที่จะส่งผลกระทบต่อเพรียงหินพฤติกรรมลงเกาะในด้านต่าง ๆ โดยตรง เช่น การสังเคราะห์สารเคมีที่ใช้ยึดเกาะ ความแข็งของเปลือกและการเจริญเติบโต เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids มี pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8 (Burns *et al.*, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

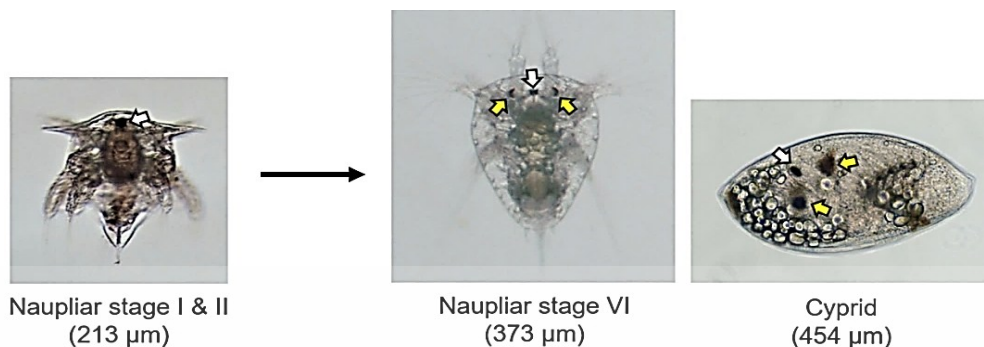
จากการศึกษาของ Nardone *et al.* (2018) เกี่ยวกับผลกระทบจากความเป็นกรดในมหาสมุทร (Ocean Acidification) ต่อการยึดเกาะและเปลือกของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* โดยใช้พื้นผิวซิลิโคนเป็นที่ยึดเกาะในน้ำทะเลที่มี pH 3 ระดับ คือ 8.01, 7.78 และ 7.50 เป็นเวลา 13 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าเพรียงหินมีความทนทานต่อ pH ที่ลดลง (ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น) และไม่มีผลกระทบทางสรีรวิทยา รวมไปถึงคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ยึดเกาะอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่เพรียงหินที่เลี้ยงในหน่วยทดลอง pH=8.01 เปลือกของเพรียงหินมีมวลลดลง 30% และเปลือกส่วนฐานเล็กลง 20% เมื่อเปรียบเทียบกับเพรียงหินที่เลี้ยงในหน่วยทดลอง pH=7.78 และ 7.50 โดยในหน่วยทดลอง pH=7.78 และ 7.50 มีขนาดของเปลือกที่ใหญ่กว่าแต่เปราะบางและแตกง่าย และการศึกษาของ Eriander *et al.* (2015) พบว่าค่า pH ของน้ำมีผลต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ด้วยการทดลองที่ pH 3 ระดับ คือ 8.1, 7.7 และ 7.5-7.9 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในอัตราการลงเกาะระหว่างหน่วยทดลองที่มี pH แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามตัวอ่อนเพรียงหินที่ถูกเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีค่า pH เป็นต่าง (pH=8.1) อาจมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมมากกว่าต่อการลงเกาะ เนื่องจากน้ำทะเลที่มีค่า pH สูงมักมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตัวอ่อนระยะ Cyprids ต้องการเพื่อสร้างเปลือกซึ่งสามารถส่งผลต่อการลงเกาะได้ในระยะยาว หากระดับ pH ต่ำเกินไปจะส่งผลกระทบต่อการสร้างเปลือกของตัวอ่อนเนื่องจากความสามารถในการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตลดลงซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเปลือกและส่งผลกระทบต่อความสามารถในการยึดเกาะ นอกจากนี้ pH ยังมีผลต่อการปล่อยสารเคมีจากพื้นผิวที่ตัวอ่อนจะลงเกาะหากระดับ pH เปลี่ยนแปลงอาจทำให้สารเคมีที่ปล่อยออกมามีความแตกต่างกัน ส่งผลการดึงดูดตัวอ่อนให้ลงเกาะ โดยตัวอ่อนอาจจะลงเกาะบนพื้นผิวที่มีสัญญาณทางเคมีที่เหมาะสมมากกว่าระดับ pH ที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น หากมีการปล่อยสารเคมีที่ไม่เหมาะสมจากพื้นผิวที่มี pH ต่ำ ตัวอ่อนจะหลีกเลี่ยงการลงเกาะในพื้นที่บริเวณนั้น (Burns *et al.*, 2017; Nardone *et al.*, 2018)

2.2.6 แสง

อิทธิพลจากแสงที่ส่งต่อการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids คือ ช่วงเวลามืด สว่าง (Photoperiod) หมายถึง ช่วงเวลาที่แสงส่องมายังพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งตามความยาวของระยะเวลา กลางวันและกลางคืนที่ผันแปรตามฤดูกาล คุณภาพของแสง (Light quality) หมายถึง คลื่นสีต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นแสงสว่างโดยคลื่นสีเหล่านี้มีอิทธิพลแตกต่างกันต่อการลงเกาะของเพรียงหินและความเข้มแสง (Light intensity) หมายถึง ความหนาแน่นของปริมาณแสงที่ผันแปรตามแหล่งกำเนิดแสง (Yan *et al.*, 2019) โดยองค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลต่อระบบประสาทของเพรียงหินระยะ Cyprids ในการตรวจจับแยกแยะลักษณะของพื้นผิวที่เหมาะสมในการลงเกาะและสืบพันธุ์ ซึ่งอวัยวะที่ใช้รับแสงเริ่มมีตั้งแต่วัย Nauplius I และพัฒนามาจนถึงระยะ Cyprids เรียกอวัยวะนี้ว่า Ocellus หรือ Nauplius eye (ภาพที่ 2.12) ในระยะ Nauplius I-II จะมี Ocellus เพียง 1 คู่เท่านั้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนามาเป็น 3 ชั้นในระยะ Nauplius VI-Cyprids (Takenaka, 1993; Manríquez, 2021; Kim *et al.*, 2022)

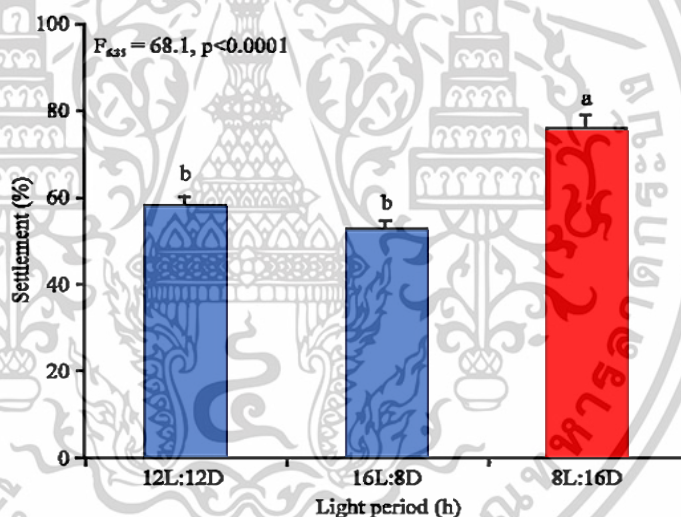


ภาพที่ 2.12 Ocellus ของเพรียงหิน *Fistulobalanus albicostatus* ระยะ Nauplius I-Cyprids
ที่มา: Kim *et al.* (2022)

อย่างไรก็ตามผลงานวิจัยหลายชิ้นได้ชี้ให้เห็นว่าแสงมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อการลงเกาะของเพรียงหิน โดยเฉพาะในระยะตัวอ่อนหรือ Cyprids ตัวอย่างเช่น การศึกษาโดย Manríquez *et al.* (2021) ศึกษาเกี่ยวกับแสงที่ส่งผลต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Notochthamalus scabrosus* และ *Jokielius cirratus* ในระบบนิเวศชายฝั่งของแปซิฟิกตะวันออกเฉียงใต้โดยแบ่งเป็น 2 หน่วยการทดลองคือ ใช้แผ่น Acrylic ขนาด 5x5x1 เซนติเมตร ติดหลอดไฟ LED ตรงกลางแผ่นและใช้เครื่องวัดแสง PCE-L 100 เพื่อให้ระดับแสงเท่ากัน โดยในสภาวะน้ำลางความเข้มแสงเฉลี่ย=212 Lux ในระดับน้ำขึ้นปานกลางและระดับน้ำขึ้นสูงความเข้มแสงเฉลี่ย=95 Lux และหน่วยควบคุมเหมือนหน่วยการทดลองแรกทุกประการแตกต่างกันตรงที่ไม่มีหลอดไฟ LED โดยนำไปติดตั้งในเขตน้ำขึ้น-น้ำลงของอ่าว San Jorge ใกล้กับ Antofagasta ทางตอนเหนือของประเทศสาธารณรัฐชิลี ผลปรากฏว่าอัตราการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids อยู่ระหว่าง 0-0.0333 ต่อพื้นที่หนึ่งเซนติเมตร/ชั่วโมง และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลองในระหว่างเพรียงหิน 2 ชนิด โดยหน่วยการทดลองที่ 2 มีอัตราการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids สูงกว่าเล็กน้อย แม้ว่าจะไม่พบ ความแตกต่างในช่วงต้นแต่พบความแตกต่างที่ชัดเจนในช่วงท้ายของกระบวนการลงเกาะ นอกจากนี้ การศึกษาของ Lynn *et al.* (2021) ยังพบว่าการลงเกาะของ *Semibalanus balanoides* ก็ไม่แสดง ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างแสงธรรมชาติและแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยศึกษาเกี่ยวกับแสงที่มนุษย์ สร้างขึ้นที่ส่งผลต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *S. balanoides* ในระบบนิเวศชายฝั่งของ Atlantic Canada โดยใช้ 2 หน่วยการทดลองคือ ใช้แผ่น Acrylic ขนาด 5x7x0.5 เซนติเมตร ติดหลอดไฟ LED ตรงกลางแผ่นและใช้เครื่องวัดแสง PCE-L 100 โดยในสภาวะน้ำลางความเข้มแสงเฉลี่ย=212 Lux ใน ระดับน้ำขึ้นปานกลางและระดับน้ำขึ้นสูงความเข้มแสงเฉลี่ย=95 Lux และหน่วยควบคุมเหมือนกับ หน่วยทดลองแรกประการ แตกต่างกันตรงที่ไม่มีหลอดไฟ LED ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจำนวน การลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และจำนวนการลง เกาะของเพรียงหินตัวเต็มวัยในหน่วยการทดลองแรกต่ำกว่าในหน่วยการทดลองที่สอง (31%) อย่างไร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่หวังกำไร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ตามการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Nasrolahi (2007) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการลงเกาะของเพรียงหิน *Amphibalanus improvisus* ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแม้การลงเกาะจะถูกกระตุ้นโดยแสงในบางกรณีแต่เปอร์เซ็นต์การลงเกาะสูงสุดมักจะเกิดขึ้นในช่วงที่มีแสงน้อยกว่า โดยศึกษาเพรียงหินระยะ Cyprids ภายใต้การให้แสงสว่าง 3 ช่วง คือ 12L:12D ชั่วโมง, 16L:8D ชั่วโมง และ 8L:16D ชั่วโมง (L=ให้แสงสว่าง และ D=ปิดแสงสว่าง) ผลคือเปอร์เซ็นต์การลงเกาะสูงสุดที่ 8L:16D ชั่วโมง และต่ำสุดที่ 16L:8D ชั่วโมง โดยไม่แตกต่างกันกับ 12L:12D ชั่วโมง (ภาพที่ 2.13) จากผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าช่วงแสงมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยในตัวอ่อนระยะ Cyprids เนื่องจากหากมีความเข้มแสงที่มากเกินไปจะส่งผลต่อการลงเกาะอย่างถาวรในเพรียงหินระยะตัวเต็มวัย โดยมีสาเหตุมาจากเพรียงหินในระยะ Nauplius มีพฤติกรรมที่ถูกดึงดูดด้วยแสงได้ง่ายและเคลื่อนที่เข้าหาแสงเมื่อเริ่มเปลี่ยนระยะเป็น Cyprids จึงเริ่มแสดงพฤติกรรมความชอบต่อพื้นที่มีแสงน้อยและตอบสนองในเชิงลบต่อช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (570-600 นาโนเมตร) ทำให้ตัวอ่อนระยะ Cyprids ต้องย้ายไปหาพื้นที่ใหม่ที่มีแสงในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งมีผลต่อการเลือกสถานที่สำหรับการลงเกาะ



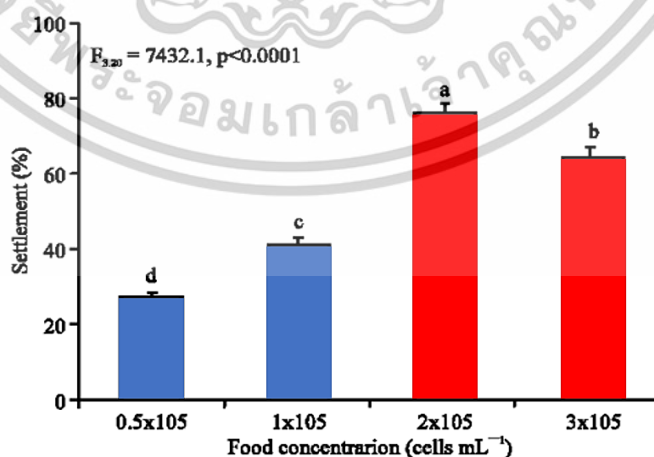
ภาพที่ 2.13 ระยะเวลาการให้แสงสว่างต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ระยะ Cyprids, L=ให้แสงสว่าง และ D=ปิดแสงสว่าง

ที่มา: Nasrolahi (2007)

2.2.7 อาหาร

เพรียงหินตัวเต็มวัยจะใช้รยางค์ หรือ Cirri ในการดักจับแพลงก์ตอนทั้งพืชและสัตว์ รวมถึงสารแขวนลอยในมวลน้ำเป็นอาหาร โดยตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Nauplius จัดเป็นผู้บริโภคลำดับที่หนึ่ง (Planktotrophic) หรือเป็นผู้ผลิตลำดับที่สองต่อจากแพลงก์ตอนพืชซึ่งไม่สามารถผลิตอาหารเองได้จึงต้องอาศัยกินจำพวกไดอะตอมต่าง ๆ ในมวลน้ำ (Yu *et al.*, 2020) การพัฒนาให้พร้อมสำหรับการลงเกาะของเพรียงหินระยะ Cyprids กระบวนการกินอาหารในระยะ Nauplius จึงเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการลงเกาะ โดยตัวอ่อนในระยะ Nauplius จะกินและสะสมอาหารเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาไปสู่ระยะ Cyprids เพราะตัวอ่อนเพียงกินระยะ Cyprids ตัวอ่อนจะใช้พลังงานสำรองในการดำรงชีวิตเป็นหลักและไม่กินอาหารในระยะนี้ ยกตัวอย่างพลังงานสำรองที่สะสมไว้ เช่น อัตราส่วน Triacylglycerols (TAG)/ปริมาณ Sterol (ST) อัตราส่วน TAG/DNA อัตราส่วน RNA/DNA และโปรตีนหลักของ Cyprids เป็นต้น (Thiyagarajan *et al.*, 2003; Nasrolahi, 2007; Rao and Lin, 2020) จากการศึกษาของ Gaonkar and Anil (2010) เกี่ยวกับการกินอาหารของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius ในระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำเซตร้อน อ่าว Dona Paula Goa ชายฝั่งตะวันตกของประเทศอินเดีย ก่อนและหลังการเกิดมรสุมเพื่อเปรียบเทียบผลจากการกินอาหารต่อความสำเร็จในการลงเกาะ ปรากฏว่าอัตราการลงเกาะน้อยลงในช่วงฤดูมรสุม (มิถุนายน-กันยายน) และสูงสุดในช่วงก่อนฤดูมรสุม (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) เนื่องมาจากก่อนฤดูมรสุมแพลงก์ตอนที่อยู่ในกลุ่มของสาหร่ายเซลล์เดียวมีปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นสารอาหารให้กับตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Nauplius ก่อนเปลี่ยนเป็นระยะ Cyprids แต่หลังฤดูมรสุม ไดอะตอมเข้ามามีบทบาทสำคัญซึ่งไดอะตอมเหล่านี้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll A) ได้ต่ำจึงทำให้เพรียงหินระยะ Cyprids ลงเกาะได้น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การศึกษาของ Nasrolahi (2007) เกี่ยวกับการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ปริมาณอาหารแตกต่างกัน โดยตัวอ่อนระยะ Nauplius ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella calcitrans* ที่ความเข้มข้น 0.5×10^5 , 1×10^5 , 2×10^5 และ 3×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ผลปรากฏว่าตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Nauplius II สามารถพัฒนาเป็นระยะ Cyprids ภายใน 6-7 วัน และอัตราการลงเกาะสูงสุดของตัวอ่อนระยะ Cyprids เกิดขึ้นที่หน่วยทดลองที่เลี้ยง Nauplius ด้วยอาหารความเข้มข้น 2×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร (ภาพที่ 2.14) บ่งชี้ว่าความเข้มข้นของอาหารมีอิทธิพลต่อการลงเกาะเช่นกัน



ภาพที่ 2.14 ผลของความเข้มข้นอาหาร (*Chlorella calcitrans*) ต่อการลงเกาะของเพรียงหิน *Balanus improvisus* ระยะ Cyprids

ที่มา: Nasrolahi (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของสารอาหารเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการลงเกาะของเพรียงหิน Thiyagarajan *et al.* (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประเภทสารอาหาร (ไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต) ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนระยะของเพรียงหินวัยอ่อน *Amphibalanus amphitrite* ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเพรียงหินระยะ Cyprids ใช้พลังงานประเภทไขมัน 55-65% โปรตีน 34-44% และคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า 2% ในการลงเกาะและเปลี่ยนระยะ ซึ่งเพรียงหินวัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella gracilis* ที่ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร เจริญเติบโตและมีขนาดใหญ่ที่สุดโดยขนาดความยาว เปลือกนอก 560-615 ไมโครเมตร และมีพลังงานในร่างกายมากที่สุด 5.56 ± 0.10 มิลลิลิตร/Juvenile ส่งผลให้ตัวอ่อนเพรียงหินมีพลังงานเพียงพอสำหรับการเปลี่ยนระยะและเตรียมพร้อมสำหรับการยึดเกาะพื้นผิวได้อย่างสมบูรณ์ สารอาหารที่เหมาะสมและเพียงพอจึงช่วยส่งเสริมความสำเร็จในการลงเกาะและการพัฒนาเข้าสู่ระยะ Juvenile

2.3 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการดำรงชีวิตของเพรียงหิน

อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลหรืออุณหภูมิพื้นผิวมหาสมุทร (Sea surface temperature: SST) คือ ค่าดัชนีที่ใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล การเคลื่อนตัวของความกดอากาศและกระแสน้ำซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันไปตามระดับความลึกและระยะเวลา โดยทั่วไปการวัดค่าอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลจะอยู่ในช่วงความลึกตั้งแต่ระดับพื้นผิวลงไปประมาณ 1 เมตร ซึ่งความเที่ยงตรงขึ้นอยู่กับวิธีการและอุปกรณ์ในการวัดที่ต่างกัน ในปัจจุบันการเก็บข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลทั่วโลกนิยมใช้วิธีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการสำรวจจากระยะไกลโดยที่เครื่องมือวัดไม่สัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง ด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นอินฟราเรดและคลื่นไมโครเวฟที่ติดตั้งบนดาวเทียม บอลลูน เครื่องบินหรือพื้นที่ที่มีความสูง ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลที่ถูกรวบรวมมาจะถูกปรับให้อยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 1 มิลลิเมตร เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่สำรวจจริงที่ระดับความลึกไม่เกิน 10 เมตร จากผิวน้ำทะเล (Brown *et al.*, 2019; Kennedy, 2013) ตามปกติอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลจะผันแปรตามภูมิอากาศ ฤดูกาล สภาพภูมิประเทศ ความเข้มแสง กระแสลม ความลึกและปริมาณสารแขวนลอย ซึ่งตามกฎของ “Van Hoff Law” กล่าวว่ากระบวนการ Metabolism ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มเป็น 2-3 เท่าต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10°C และแสดงออกมาทางพฤติกรรมและการทำงานทางสรีระ เช่น การหายใจ การว่ายน้ำ การกิน การย่อยของอาหาร การขับถ่ายและอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นต้น โดยจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในกลุ่มครัสเตเชียนหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Temperature shock) (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528) อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมในระบบนิเวศที่มีอิทธิพลต่อการอยู่รอด การพัฒนาของตัวอ่อน การเพิ่มจำนวนประชากรและการลงเกาะของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังซึ่งรูปแบบผลกระทบจากอุณหภูมิต่อการลงเกาะของเพรียงหินจะ

แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ (Rao and Lin, 2020) ยกตัวอย่างเช่น เซลล์สืบพันธุ์ของเพรียงหิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Semibalanus balanoides สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ในน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2°C หากมีอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ตัวอ่อนมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนระยะได้ช้าและตัวเต็มวัยมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 44°C (Walker, 2020)

2.3.1 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อพฤติกรรมของเพรียงหินระยะ Nauplius-Juvenile

อุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้สิ่งมีชีวิตแสดงพฤติกรรมออกมาในรูปแบบต่าง ๆ และสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เรียกว่า “Minimum effective temperature” ต่อมาเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำจนทำให้สิ่งมีชีวิตเป็นอัมตรายเรียกว่า “Chill coma” และอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถรอดอยู่ได้เรียกว่า “Minimum survival temperature” ส่วนอุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้สิ่งมีชีวิตแสดงพฤติกรรมออกมาเรียกว่า “Maximum effective temperature” และอุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถรอดอยู่ได้เรียกว่า “Maximum survival temperature” โดย “Effective temperature range” คือช่วงของอุณหภูมิที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ระหว่าง Maximum และ Minimum survival temperature (อรุณี สมมณี, 2527) สำหรับเพรียงหินพฤติกรรมที่เกิดจากช่วงอุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้สิ่งมีชีวิตแสดงพฤติกรรม (maximum effective temperature) ที่สังเกตเห็นได้ชัดที่สุดคือการโบกพัด Cirri จากการกินอาหาร โดยจากการศึกษาของ Nishizaki and Carrington (2014) ที่ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลจากอุณหภูมิที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน *Balanus glandula* ระยะ Juvenile จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการดักจับอาหารในมวลน้ำด้วย Cirri มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิ 10-15°C เมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิจนถึง 25°C ปรากฏว่าเพรียงหินมีอัตราการโบกพัดน้ำของ Cirri เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) พฤติกรรมการกินอาหารที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิของเพรียงหินสามารถอธิบายได้โดยกฎของ Van Hoff Law ระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปแล้วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเส้นตรง (อัตราการเกิดปฏิกิริยาอาจไม่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่ากันตลอดเวลา) (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528) ส่งผลให้พฤติกรรมการโบกพัด Cirri ของเพรียงหินถี่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ถึงแม้ว่าการโบกพัด Cirri จะไม่แสดงถึงความสำเร็จของการกินอาหารโดยตรงแต่นับได้ว่าเป็นการปรับตัวเพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการลดความเสียหายทางสรีรวิทยาจากระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Ritz and Foste, 1968) อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิที่อาจทำให้เพรียงหินไม่สามารถทำกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะในแต่ละสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบเพรียงหิน *Amphibalanus improvisus* จากสองแหล่งอาศัยที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการตอบสนองต่อความเครียดจากอุณหภูมิและความเค็ม โดย Nasrolahi et al. (2016) อธิบายไว้ว่าเพรียงหิน *A. improvisus* ที่มาจากสภาพแวดล้อมที่สดชื่น เช่น ชายฝั่งที่มีความเค็มต่ำและสภาพอากาศแปรปรวนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรที่มาจากสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มและอุณหภูมิที่คงที่ ซึ่งอาจเป็นผลจากการพัฒนาโครงสร้างทางสรีรวิทยาให้มีความยืดหยุ่นและความทนทานที่สูงขึ้นเพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

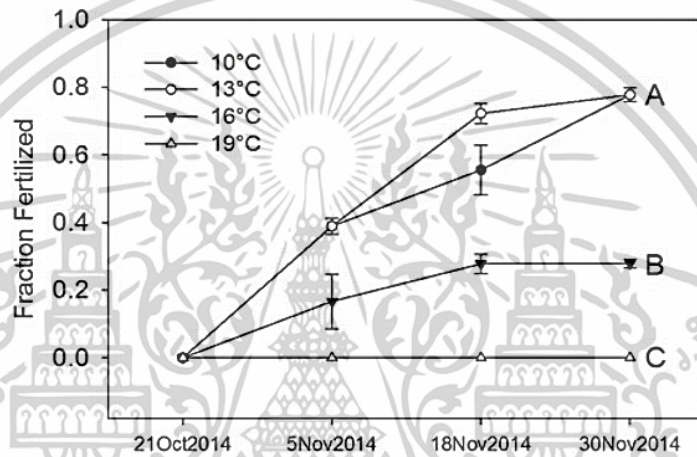
สามารถดำรงชีวิตจากการเผชิญกับความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือความเค็มอย่างรุนแรงอยู่ตลอดเวลา

2.3.2 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการสืบพันธุ์และการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของเพรียงหิน

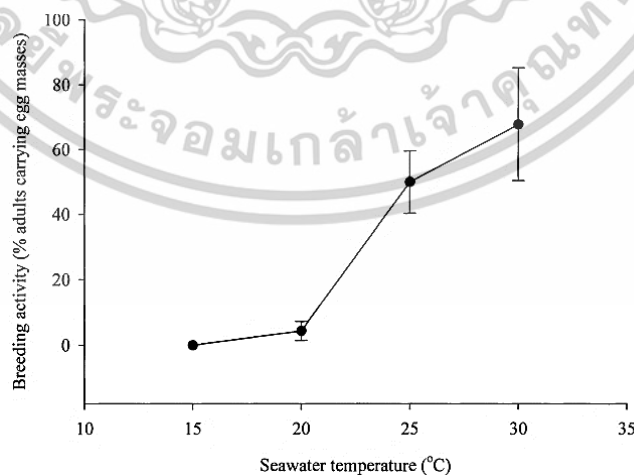
ทฤษฎีของ "Orton's" กล่าวว่าไว้ว่ากิจกรรมการผสมพันธุ์และวางไข่ของสิ่งมีชีวิตในทะเลส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิของน้ำทะเล เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวภาพหลายอย่าง ได้แก่ การพัฒนาของตัวอ่อน การผลิตไข่ และพฤติกรรมการผสมพันธุ์ (Patel and Crisp, 1960) เช่นเดียวกับการสืบพันธุ์และวางไข่ของเพรียงหินมีปฏิสัมพันธ์กับอุณหภูมิในหลายระดับตามแต่ละฤดูกาลและสายพันธุ์ โดยบางชนิดขยายพันธุ์ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (Eurytherm) ในขณะที่บางชนิดสามารถขยายพันธุ์ได้แม้กระทั่งในสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิอยู่ในขั้นวิกฤติเพื่อให้เพรียงหินวัยอ่อนเกิดมาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดต่อการดำรงชีวิต ยกตัวอย่างเช่น การขยายพันธุ์ของเพรียงหิน *Chthamalus anisopom* มีอัตราการแพร่กระจายประชากรได้สูงในช่วงฤดูหนาว ในทางตรงกันข้ามเพรียงหิน *Tetraclita stalactifera* ขยายพันธุ์เฉพาะในช่วงฤดูร้อนหรือเพรียงหิน *Chthamalus depressus* จะไม่ผสมพันธุ์จนกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและน้ำทะเลจะสูงถึง 20°C เป็นต้น (Barnes, 1963; Yan and Miao, 2004; Desai *et al.*, 2006)

เพื่อสนับสนุนข้อเท็จจริงจากทฤษฎีของ Orton's จากอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการขยายพันธุ์ของเพรียงหินด้วยการศึกษาของ Crickenberger and Wethey (2017) ที่ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการกระจายตัวของเพรียงหิน *Semibalanus balanoides* ด้วยการเก็บตัวอย่างตัวเต็มวัยมาเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 10, 13, 16 และ 19°C ผลคือไม่พบความแตกต่างของการปฏิสนธิระหว่างหน่วยการทดลอง 10°C (78%) และ 13°C (78%) ซึ่งมีอัตราการปฏิสนธิสูงที่สุด รองลงมาคือ 16°C (28%) และน้อยที่สุดที่ 19°C (0%) ดูตัวอย่างจากภาพที่ 2.15 และ Yan and Miao (2004) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่อการสืบพันธุ์ของเพรียงหิน *Chthamalus malayensis* ในเขตร้อนด้วยการเก็บตัวอย่างเพรียงหินตัวเต็มวัยจากชายหาด Little Palm แล้วนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อดูวงจรการสืบพันธุ์ที่อุณหภูมิของน้ำทะเล 4 ระดับ คือ 15, 20, 25 และ 30°C ภายใต้ช่วงแสงคงที่จากหลอดไฟ Fluorescent 20 w เป็นระยะเวลา 45-60 วัน ผลคืออัตราการสืบพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่อุณหภูมิ 20°C โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 30°C รองลงมาคืออุณหภูมิ 25°C และต่ำที่สุดที่อุณหภูมิ 15°C ซึ่งจำนวนไข่ออยู่ที่ 273-2887 ฟอง โดยการผลิตไข่สูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิ 30°C และต่ำที่สุดที่อุณหภูมิ 20°C (ภาพที่ 2.16) ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษาโดย Desai *et al.* (2006) ยังสนับสนุนทฤษฎีดังกล่าวโดยการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการสืบพันธุ์ของเพรียงหิน *Balanus amphitrite* ด้วยการเก็บตัวอย่างเพรียงหินตัวเต็มวัยจากระบบนิเวศน้ำขึ้น-น้ำลงในอ่าว Dona Paula และเพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30°C ที่ระดับความเข้มข้นของอาหารแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 50, 100, 150 และ 200 Artemia/วัน พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 20-30°C ส่งผลให้ช่วงการผสมพันธุ์นานขึ้นและอัตราการผลิตตัวอ่อนที่อุณหภูมิ 30°C สูงที่สุด โดยมีอัตราการกินอยู่ที่ 0.4 ไมโครกรัมของ Artemia ต่อการผลิตตัวอ่อน 1 ตัว ในขณะที่หน่วยการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองที่อุณหภูมิ 20°C ต้องใช้ Artemia ถึง 2.3 ไมโครกรัมต่อการผลิตตัวอ่อน 1 ตัว จากงานวิจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการสืบพันธุ์ของเพรียงหินในสภาพแวดล้อมทางทะเลได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากอุณหภูมิของน้ำทะเล ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตทฤษฎีของ Orton's ที่ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการผสมพันธุ์ การวางไข่และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการผลิตไข่และอัตราการสืบพันธุ์ โดยระดับอุณหภูมิไม่เพียงแต่ส่งเสริมการพัฒนาและการดำรงชีวิตของตัวอ่อน แต่ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้พลังงานจากอาหารให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นในการผลิตตัวอ่อน ส่งผลให้การสืบพันธุ์ของเพรียงหินสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมตามฤดูกาลของแต่ละสายพันธุ์ (Patel and Crisp, 1960; Desai *et al.*, 2006)



ภาพที่ 2.15 ค่าเฉลี่ยอัตราการปฏิสนธิในอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 10, 13, 16 และ 19°C ของเพรียงหิน *Semibalanus balanoides* ตัวเต็มวัย
ที่มา: Crickenberger and Wethey (2017)



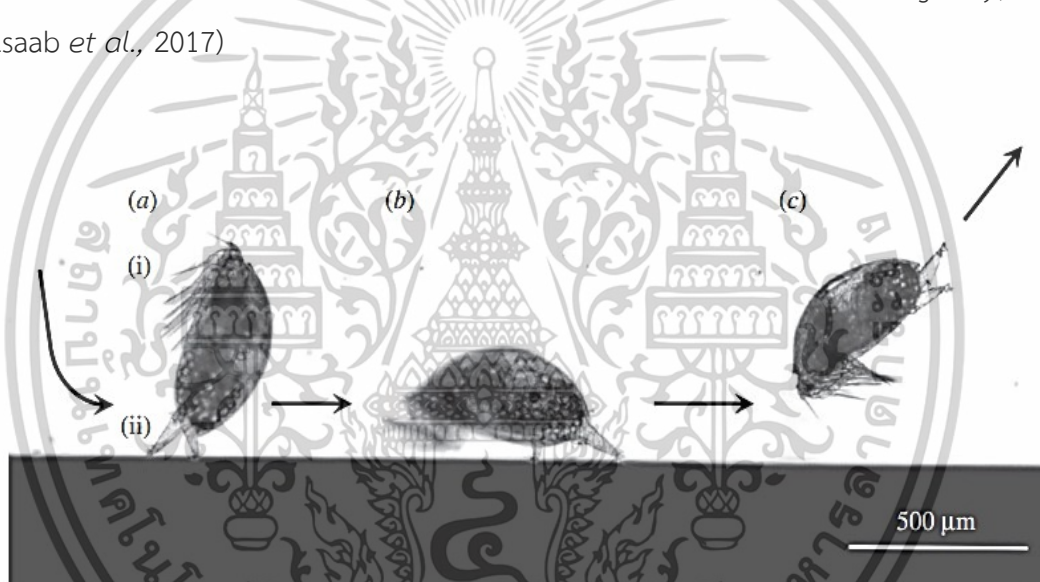
ภาพที่ 2.16 ผลของการทดลองด้วยอุณหภูมิในระดับต่าง ๆ ต่อการขยายพันธุ์ของเพรียงหิน *Chthamalus malayensis*

ที่มา: Yan and Miao (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

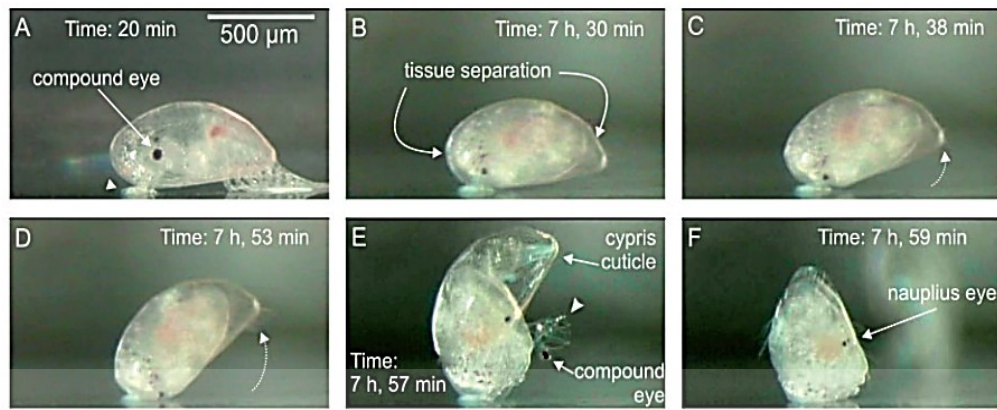
2.3.3 อิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการลงเกาะของเพรียงหิน

อุณหภูมิส่งผลต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของโปรตีนในสารยึดติดของเพรียงหินทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ 1) "สารยึดติดชั่วคราว (Temporary adhesive) หรือ Cyprids footprint ซึ่งเป็นสารที่ Cyprids สร้างมาจากต่อม Temporary adhesive gland เพื่อยึดเกาะชั่วคราวระหว่างอวัยวะ Attachment disc 1 คู่กับพื้นผิว (ภาพที่ 2.17) และ 2) สารยึดติดถาวร (Permanent adhesive) หรือ Cyprids cement ที่ตัวอ่อนระยะ Cyprids ใช้เป็นตัวกลางลักษณะคล้ายกาวในการยึดเกาะกับพื้นผิววัตถุ โดยสารนี้มีองค์ประกอบประเภทโปรตีน ไขมัน Phenol และ Polyphenolase ทำหน้าที่ในการเชื่อมพันธะทางเคมีของโปรตีนโดยแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ 1) ชั้นนอกประกอบด้วยไขมันเป็นหลัก (ไขมันจะสร้างสถานะที่ขับน้ำออกจากบริเวณลงเกาะและทำให้เกิดการสะสมของโปรตีนยึดเกาะ) และ 2) ชั้นในที่ประกอบด้วย ฟอสโฟโปรตีน (Phosphoprotein) เมื่อตัวอ่อน Cyprids ปลดปล่อยสารยึดติดถาวรแล้วโครงสร้างจะพัฒนาต่อไปเป็น Juvenile และตัวเต็มวัย (ภาพที่ 2.18) (Daugherty, 2016; Alsaab *et al.*, 2017)



ภาพที่ 2.17 พฤติกรรมการสำรวจพื้นผิวของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids, a=การสัมผัสครั้งแรกกับพื้นผิวและการยึดเกาะชั่วคราว, i=อวัยวะที่ใช้ขับน้ำบริเวณทรงอก, ii=Attachment disc 1 คู่ที่ใช้ยึดติดกับพื้นผิว, b=พฤติกรรมการตรวจสอบพื้นผิว และ c=หลุดออกจากพื้นผิวและเคลื่อนที่สู่มวลน้ำ

ที่มา: Alsaab *et al.* (2017)



ภาพที่ 2.18 พฤติกรรมการยึดติดถาวรของเพรียงหิน *Mitra rosa*, A=Cyprids ยึดกับฐานโดยใช้ปลาย Antennules (หัวลูกศร), B=Cyprids แยกออกจากผนังกำพร้าว้าทั้งด้านหน้าและด้านหลัง, C=ร่างกายของ Cyprids ยกสูงขึ้น, D=การยกตัวของ Cyprids, E=การหลุดออกของผนังกำพร้าว้ารวมทั้ง Antennules และตาประกอบ (หัวลูกศร), และ F=เปลี่ยนเป็น Juvenile

ที่มา: Høeg *et al.* (2012)

จากการศึกษาของ Kon-ya and Miki (1994) เกี่ยวกับตัวแปรจากสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Balanus amphitrite* ที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการโดยเพาะเลี้ยงด้วยน้ำทะเล ระดับความเค็ม 32 ppt ที่อุณหภูมิ 6 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25, 30 และ 37°C ผลการทดลองพบว่าตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids มากกว่า 50% ลงเกาะที่อุณหภูมิระหว่าง 20-30°C โดยที่อุณหภูมิ 15°C และ 37°C อัตราการลงเกาะลดลงเหลือเพียง 6% และไม่พบการลงเกาะที่อุณหภูมิ 10°C แต่ Cyprids ยังคงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ และ Nasrolahi *et al.* (2016) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ออัตราการลงเกาะของเพรียงหิน *Amphibalanus improvisus* โดยใช้หน่วยการทดลองที่มีความเค็มแตกต่างกัน (5, 15 และ 30 ppt) และอุณหภูมิของน้ำทะเลที่แตกต่างกัน (12, 20 และ 28°C) ผลคืออัตราการลงเกาะสูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิ 20°C ความเค็ม 15 ppt ซึ่งไม่แตกต่างกับหน่วยการทดลองอุณหภูมิ 28°C ความเค็ม 15 ppt และหน่วยการทดลองที่มีอัตราการลงเกาะน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 12°C ในทุกระดับความเค็ม จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน โดยในกรณีของเพรียงหิน *B. amphitrite* และ *A. improvisus* พบว่าการลงเกาะสูงสุดเกิดขึ้นที่อุณหภูมิระหว่าง 20-30°C ขณะที่อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงเกินไปจะส่งผลให้การลงเกาะลดลงอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการกระจายพันธุ์ของประชากรเพรียงหินในระยะ Cyprids โดย Rao and Lin (2020) อธิบายไว้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น เพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids สามารถลงเกาะได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างประมาณ 15-37°C ซึ่งอัตราการลงเกาะสูงสุดอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 20-30°C และ Cyprids สามารถอยู่รอดได้ที่อุณหภูมิ 10°C เพรียงหิน *Chthamalus mitella* ระยะ Cyprids สามารถลงเกาะหรือเปลี่ยนระยะได้ในช่วงอุณหภูมิ 18-36°C และช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 21-33°C เป็นต้น ความสามารถในการทนทานต่ออุณหภูมิที่หลากหลายของเพรียงหินมาจากการปรับตัวทางสัณฐานวิทยา พฤติกรรมและสรีรวิทยาเพื่อให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อมของเขตน้้ำขึ้น-น้ำลงที่ต้องเผชิญกับสภาวะทางกายภาพที่รุนแรงอยู่ตลอดเวลา โดย Nasrolahi *et al.* (2016) ให้เหตุผลว่าเมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจนเพรียงหินระยะ Cyprids เกิดความเครียดจะส่งผลให้กระบวนการนำพลังงานสำรองที่เก็บสะสมไว้ตั้งแต่ระยะ Nauplius ไม่สามารถทำได้เต็มที่เพื่อสำรวจและลงเกาะในระยะต่อไปของวงจรชีวิตโดยทำได้เพียง 5-40% ของการเผาผลาญพลังงานทั้งหมดและ Johnston (2010) รายงานไว้ว่าระดับอุณหภูมิที่ผิดปกติจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของโปรตีนในสารยึดติดซึ่งอาจทำให้ความสามารถในการสร้างพันธะที่ใช้ยึดติดกับพื้นผิวเปลี่ยนแปลงไป

2.4 อิทธิพลจากภาวะโลกร้อนต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล

2.4.1 สาเหตุของภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงที่สุดในยุคปัจจุบัน ซึ่งมีผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อระบบนิเวศและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั่วโลก ปัญหานี้เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) สู่ชั้นบรรยากาศ ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ก๊าซมีเทน (CH₄), และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) (มณฑล เทพสุด, 2561) จากรายงานของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ในปี 2022 ระบุว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอัตราส่วนมากที่สุดประมาณ 76% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรม การขนส่งและการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่าที่ทำให้ต้นไม้ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีกทั้งก๊าซมีเทนซึ่งมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 28 เท่าในระยะเวลา 100 ปี มีสาเหตุหลักมาจากการเลี้ยงสัตว์และการย่อยสลายขยะในหลุมฝังกลบ ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 298 เท่าในระยะเวลา 100 ปี เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในเกษตรกรรมและกระบวนการเผาไหม้ในอุตสาหกรรม นอกจากนี้การกำจัดก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรในปัจจุบันแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีและมาตรการที่พัฒนาเพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซ ยกตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) ที่ถูกพัฒนาเพื่อช่วยดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งที่มาและกักเก็บไว้ใต้ดิน ยังคงถูกใช้งานอย่างจำกัดเนื่องจากต้นทุนที่สูงและขีดความสามารถที่ไม่ครอบคลุมเพียงพอ (Seigo and Siegrist, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลมีหลายกลไกที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับความร้อน เมื่อมีการสะสมความร้อนในชั้นบรรยากาศและบริเวณผิวหน้าของโลกที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจก ทำให้มหาสมุทรดูดซับความร้อนจากบรรยากาศมากกว่าปกติทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชั้นผิวน้ำ (Epipelagic zone) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศทั่วโลกจากการไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยกระแสน้ำดังกล่าวเรียกว่า กระแสน้ำอุ่น “กัลฟ์สตรีม” (Gulf Stream) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระจายอุณหภูมิไปทั่วมหาสมุทร กระแสน้ำเหล่านี้ช่วยขนถ่ายน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจากเขตร้อนสู่เขตหนาว ในทางกลับกันน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำก็จะมีการเคลื่อนที่ไปยังเขตที่ร้อนขึ้น เมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นอย่างผิดปกติจากภาวะโลกร้อนจึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำเหล่านี้มีผลกระทบต่อสภาพอากาศทั่วโลกอย่างรุนแรง (Seebacher *et al.*, 2014; Palter, 2015)

จากการศึกษาในปัจจุบันใช้วิธีรวบรวมข้อมูลแบบการเปลี่ยนแปลงทางพื้นที่และเวลา (Spatial and temporal variations) รวมถึงแนวโน้มของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมทำให้ทราบว่าอุณหภูมิน้ำทะเลจากปี ค.ศ. 2003-2017 อยู่ที่ประมาณ 30°C เมื่อย้อนกลับไปในอดีตจากการศึกษาของ Koad *et al.*, (2012) ที่ใช้ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวน้ำทะเลอ่าวไทยจากดาวเทียมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-2011 ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลของสถานที่ศึกษาทั้งหมดมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา จากรายงานของ ธวัชชัย นาอูตม และคณะ (2563) ที่อธิบายไว้ว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลา ประมาณ 0.06°C ต่อปี ดังนั้นจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตประมาณ 34 ปี (ค.ศ. 2058) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นเป็น 32°C และประมาณ 84 ปี (ค.ศ. 2108) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นเป็น 35°C (เริ่มนับจาก ค.ศ. 2024 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล 30°C) โดยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ 32°C และ 35°C นับได้เป็นช่วงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทางทะเลหลายสายพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่น ปะการัง ซึ่งอุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟอกขาว (Coral bleaching) และสัตว์ทะเลวัยอ่อนที่มีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Sammarco and Strychar, 2009) จากการศึกษาของ Shodipo *et al.* (2020) เกี่ยวกับผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในน้ำทะเลต่อการอยู่รอดของปรสิตภายนอกปลา (Gnathiid isopods) โดยการเพาะเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 29°C และ 32°C เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ทางนิเวศวิทยา โดยเฉพาะในบริบทของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยที่คาดว่าจะสูงถึง 32°C ในอนาคตอันใกล้ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพียง 2°C จากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย (30°C) ทำให้การรอดชีวิตของ Gnathiid isopods ลดลงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างปลา *Hemigymnus melapterus* (โฮสต์) และ Gnathiid isopods (ปรสิต) ในระบบห่วงโซ่อาหารของมหาสมุทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล 35°C แม้ว่าอุณหภูมิระดับนี้อาจไม่เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายแต่มีแนวโน้มที่จะเกิดในอนาคตจากภาวะโลกร้อนและในปัจจุบันก็เกิดในบางบริเวณที่มีระดับน้ำตื้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทางทะเลในแหล่งอาศัยบริเวณนั้น โดยเฉพาะปลาหรือสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในพื้นที่น้ำตื้น เหตุการณ์ตัวอย่างที่แสดงถึงความรุนแรงจากระดับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล 35°C ได้อย่างชัดเจนจากการสำรวจของ Hobbs and McDonald (2010) ที่เกาะ Cocos (Keeling) ในมหาสมุทรอินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าปลามากกว่า 592 ตัว จากอย่างน้อย 11 สายพันธุ์ตายลงในเหตุการณ์หลายครั้งในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม 2007 ถึงเมษายน 2009 ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงถึง 33-35°C และมีระดับออกซิเจนละลายน้ำเพียง 1.4-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร การศึกษาชิ้นนี้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงถึง 35°C อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทางทะเล เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเช่นนี้เกินขีดความทนทานของปลาหลายสายพันธุ์และน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าค่าเฉลี่ยเดิมทำให้ปลาตายเพราะไม่สามารถรับออกซิเจนให้เพียงพอสำหรับการเผาผลาญในอุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยเฉพาะในบริเวณที่มีการไหลเวียนของน้ำต่ำ

ดังนั้นภาวะโลกร้อนที่มีแนวโน้มจะรุนแรงมากขึ้นในอนาคตที่มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศในทะเล การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตต่อพฤติกรรมและการเปลี่ยนระยะซึ่งเป็นส่วนสำคัญในวงจรชีวิตของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลโดยใช้เพรียงหินที่พบได้ทั่วไปในชายฝั่งทุกแห่งของโลกเป็นตัวแทนที่ช่วยให้เข้าใจถึงอิทธิพลของสภาวะดังกล่าวที่มีต่อชุมชนในระบบนิเวศทางทะเลและสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพต่อระบบนิเวศทางทะเลในอนาคต (Seebacher *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2020)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเพรียงหิน

- 3.1.1.1 เหล็กสกัดปากแบน ขนาด 6.5 มิลลิเมตร
- 3.1.1.2 ค้อน
- 3.1.1.3 ถังพลาสติกโปร่งแสงแบบมีฝาปิด ขนาด 20 ลิตร
- 3.1.1.4 แกลลอนใส่น้ำ ขนาด 40 ลิตร
- 3.1.1.5 แปรงขนาดเล็ก
- 3.1.1.6 สหรัยสไปรูลินา (*Arthrospira platensis*) แบบผง
- 3.1.1.7 ปุ่มออกซิเจนแบบพกพา (SOBO SB-960) สายออกซิเจนและหัวทราย

3.1.2 อุปกรณ์เพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella salina*)

- 3.1.2.1 ปุ๋ยนา สูตร 16-20-0
- 3.1.2.2 ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0
- 3.1.2.3 ไร่ข้าวละเอียด
- 3.1.2.4 ปูนขาว
- 3.1.2.5 เกลือทะเลวิทยาศาสตร์สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- 3.1.2.6 หัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลา (*C. salina*)
- 3.1.2.7 หลอดไฟ LED แสงอาทิตย์เทียม
- 3.1.2.8 กระละมั่งพลาสติก ขนาด 20 ลิตร
- 3.1.2.9 กระบอกตวงแก้ว 100 มิลลิลิตร
- 3.1.2.10 เขย็อกตวงพลาสติก 5 ลิตร
- 3.1.2.11 ตู้อบลู ขนาด 12 นิ้ว และ 20 นิ้ว
- 3.1.2.12 ปุ่มลม (Atman HP-12000)
- 3.1.2.13 สายอากาศและหัวทราย
- 3.1.2.14 กระจกสไลด์
- 3.1.2.15 ปิเปตต์แก้ว (Glass pipette) 10 มิลลิเมตร
- 3.1.2.16 ขวดฉีดน้ำกลั่น
- 3.1.2.17 ปีกเกอร์ (Beaker) 50 มิลลิลิตร
- 3.1.2.18 กล้องจุลทรรศน์ (Nikon รุ่น Eclipse E200MV R)
- 3.1.2.19 ลังพลาสติก ขนาด 19.3x34x12.3 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.2.20 สายยาง ขนาด 1 นิ้ว
- 3.1.2.21 ท่อ PVC วาล์ว PVC ขนาด ½ นิ้ว
- 3.1.2.22 ส่วนไฟฟ้าแบบไร้สาย
- 3.1.2.23 ลูกยางกันซึม ขนาด ½ นิ้ว
- 3.1.2.24 ถังตวงน้ำ 20 ลิตร
- 3.1.2.25 เครื่องวัดความเค็ม (ATAGO รุ่น MASTER-S10M)
- 3.1.2.26 เทอร์โมมิเตอร์ปรอท (Mercury Thermometer)
- 3.1.2.27 ถังกรองตาข่ายไนลอน ขนาด 40 ไมโครเมตร
- 3.1.2.28 ชุดตรวจสอบคุณภาพน้ำ (test kits) Alkalinity, pH และ Chlorine
- 3.1.2.29 ถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร
- 3.1.2.30 หลอดไฟ LED
- 3.1.31 Sedgewick-Rafter Counting Chamber

3.1.3 อุปกรณ์เพาะเลี้ยงและเก็บตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite*

- 3.1.3.1 ถังพลาสติก ขนาด 19.3x34x12.3 เซนติเมตร
- 3.1.3.2 ตู้ปลา ขนาด 10 นิ้ว
- 3.1.3.3 สายยาง ขนาด 1 นิ้ว
- 3.1.3.4 ท่อ PVC วาล์ว PVC ขนาด ½ นิ้ว
- 3.1.3.5 ปัมลม (Atman HP-12000)
- 3.1.3.6 สายอากาศและหัวทราย
- 3.1.3.7 หลอดไฟ LED
- 3.1.3.8 ลูกยางกันซึม ขนาด ½ นิ้ว
- 3.1.3.9 เกลือทะเลวิทยาศาสตร์
- 3.1.3.10 ถังตวงน้ำ 20 ลิตร
- 3.1.3.11 เทอร์โมมิเตอร์ปรอท (Mercury Thermometer)
- 3.1.3.12 ถังกรองตาข่ายไนลอน ขนาด 40, 160 และ 320 ไมโครเมตร
- 3.1.3.13 ชุดตรวจสอบคุณภาพน้ำ (test kits) Alkalinity, pH และ Chlorine
- 3.1.3.14 ถังพลาสติก ขนาด 30 ลิตร
- 3.1.3.15 ไฟฉายขนาดเล็ก
- 3.1.3.16 กระจกสไลด์และ cover glass
- 3.1.3.17 ปิเปตต์แก้ว (Glass pipette)
- 3.1.3.18 ขวดฉีดน้ำกลั่น
- 3.1.3.10 ปีกเกอร์ (Beaker) 50 มิลลิลิตร
- 3.1.3.20 กล้องจุลทรรศน์ (Nikon รุ่น Eclipse E200MV R)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.3.21 เครื่องกรองน้ำระบบ Reverse Osmosis
- 3.1.3.22 เครื่องวัดความเค็ม (ATAGO รุ่น MASTER-S10M)
- 3.1.3.23 เครื่องนับจำนวนแบบกด

3.1.4 อุปกรณ์เตรียมวัสดุลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids

- 3.1.4.1 6 well plate (Cell Culture plates) ขนาด 8.5x12.5x2.5 เซนติเมตร
- 3.1.4.2 แผ่นอะคริลิก (Acrylic sheet) ขนาด 4x4 มิลลิเมตร
- 3.1.4.3 ขวดฉีดยาน้ำกลั่น
- 3.1.4.4 แปรงขนาดเล็ก
- 3.1.4.5 ถังกรองตาข่ายไนลอน ขนาด 160 ไมโครเมตร
- 3.1.4.6 เตาอบลมร้อน (Hot air oven)
- 3.1.4.7 ปั่นลม (Atman HP-12000)

3.1.5 อุปกรณ์สำหรับหน่วยทดลอง

- 3.1.5.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) (Memmert รุ่น WNE 22)
- 3.1.5.3 หลอดไฟ LED
- 3.1.5.4 กระดาษกรอง Whatman ขนาดรูพรุน 0.2 ไมโครเมตร
- 3.1.5.5 เกลือทะเลวิทยาศาสตร์
- 3.1.5.6 เทอร์มิเตอร์ปรอท (Mercury Thermometer)
- 3.1.5.7 ชุดตรวจสอบคุณภาพน้ำ (test kits) Alkalinity, pH และ Chlorine
- 3.1.5.8 เครื่องวัดความเค็ม (ATAGO รุ่น MASTER-S10M)
- 3.1.5.9 เครื่องนับจำนวนแบบกด
- 3.1.5.10 กล้องดิจิทัล (Canon PowerShot SX20 IS)
- 3.1.5.11 กระจกสไลด์ และ cover glass
- 3.1.5.12 ปิเปตต์แก้ว (Glass pipette)
- 3.1.5.13 ขวดฉีดยาน้ำกลั่น
- 3.1.5.14 ปีกเกอร์ (Beaker) 50 มิลลิลิตร
- 3.1.5.15 กล้องจุลทรรศน์ (Nikon Eclipse E200MV R)
- 3.1.5.16 ปากคีบ (Forceps)
- 3.1.5.17 ฟอर्मาลิน (Formalin) ความเข้มข้น 4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการศึกษา

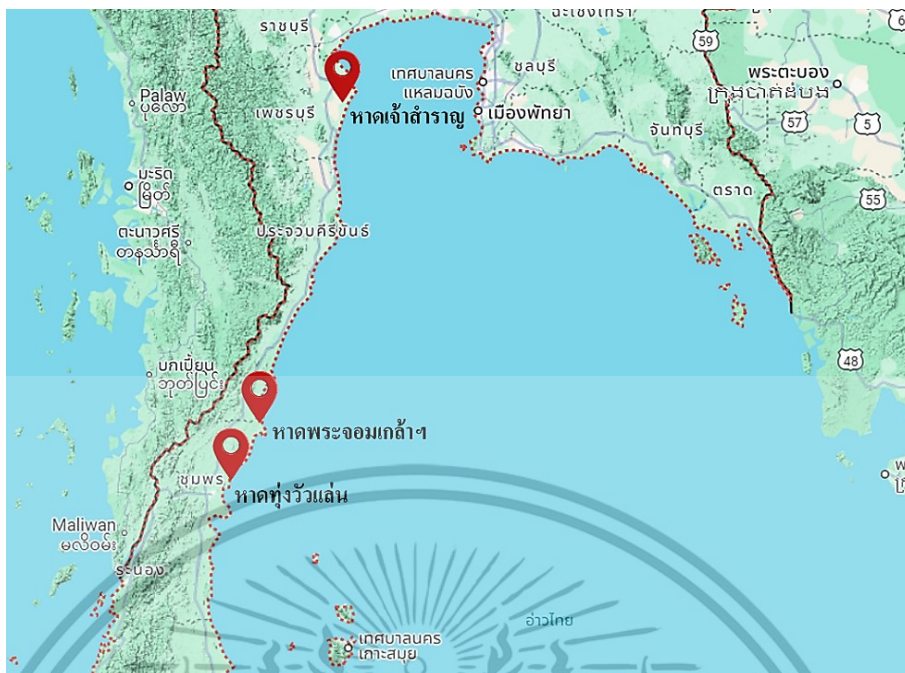
3.2.1 สถานที่และการเก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*)

เก็บตัวอย่างเพรียงหิน *A. amphitrite* ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐาน (basal plate) มากกว่า 6 มิลลิเมตร จากเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย 3 แห่ง คือ หาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี หาดทุ่งวัวแล่น และหาดพระจอมเกล้าฯ จังหวัดชุมพร (ภาพที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.1) แห่งละประมาณ 200-400 ตัว โดยการใช้เหล็กสกัดส่วนฐานที่เกาะยึดกับพื้นผิวอย่างระมัดระวังเพื่อให้เกิดความเสียหายกับตัวเพรียงหินน้อยที่สุด นำพ่อแม่พันธุ์มาล้างทำความสะอาดและขัดสิ่งสกปรกออกด้วยแปรงขนาดเล็ก จากนั้นนำพ่อแม่พันธุ์มาพักไว้ในถังพลาสติกโปร่งแสงที่ใส่น้ำทะเลจากพื้นที่เก็บตัวอย่างและให้อากาศตลอดเวลาด้วยปั๊มอากาศแบบพกพาและให้อาหารพ่อแม่พันธุ์ด้วยสาหร่ายสไปรูลินาผงวันละ 1-2 ครั้งในช่วงเวลา 9.30 น. และ 17.00 น. โดยปรับสภาพพ่อแม่พันธุ์ 1-2 วัน ก่อนนำมาเลี้ยงห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ตารางที่ 3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์เพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite*

ครั้งที่	สถานที่	พิกัด
1. ตุลาคม 2565	หาดทุ่งวัวแล่น จังหวัดชุมพร	10°72'12.0"N 99°38'56.8"E
2. มิถุนายนและพฤษภาคม 2566	หาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี	13°0'37"N 100°3'8"E
3. มีนาคม 2567	หาดพระจอมเกล้าฯ จังหวัดชุมพร	10°36'30.9"N 99°14'40.7"E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่าง (หาดทุ่งวัวแล่น หาดพระจอมเกล้าฯ จังหวัดชุมพร และหาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map (2567)

3.2.2 การดูแลพ่อแม่พันธุ์เพรียงหินในห้องปฏิบัติการ

นำพ่อแม่พันธุ์เพรียงหินใส่ลงในตู้ปลาขนาด 20 นิ้วในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดและเติมอากาศตลอดเวลา ในวันแรกใช้น้ำทะเลที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองตาข่ายไนลอน ขนาดตา 40 ไมโครเมตร ในวันต่อมาจึงเปลี่ยนมาใช้น้ำทะเลเทียม ซึ่งเตรียมโดยการผสมเกลือวิทยาศาสตร์สัดส่วน 30 กรัมในน้ำจืดที่ปราศจากคลอรีน 1 ลิตร ปริมาณน้ำ 20 ลิตร ควบคุมความเค็มให้อยู่ระหว่าง 30-35 ppt และ อุณหภูมิ 25-29°C ให้แสงสว่างโดยใช้หลอดไฟ LED ควบคุมระยะเวลาการให้แสง (photoperiod) เท่ากับ 12L:12D ให้สำหรับคลอเรลลาร่วมกับสาหร่ายสไปรูลินาผงวันละ 1 ครั้ง เปลี่ยนถ่ายน้ำ 3 ครั้ง/สัปดาห์ ใช้ถุงกรองตาข่ายไนลอนขนาดตา 40 ไมโครเมตร กรองน้ำทะเลที่ถ่ายออกทุกครั้งเพื่อป้องกันตัวอ่อนปะปนออกมา คอยสังเกตไข่และตัวอ่อนที่อาจเกิดขึ้นในตู้โดยใช้ไฟฉายส่องข้างตู้ (ใช้แสงในการดึงดูดตัวอ่อน)

3.2.3 การเหนี่ยวนำพ่อแม่พันธุ์เพื่อให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

ทำการทดสอบวิธีเหนี่ยวนำให้พ่อแม่พันธุ์ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 3 วิธีการประกอบด้วย 1) การผึ่งแห้ง (Dry treatment หรือ desiccation) โดยนำพ่อแม่พันธุ์มาใส่ในภาชนะที่แห้งสนิทผึ่งที่รุ่มนานประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วนำกลับมาใส่ในตู้เลี้ยงตามเดิม หากไม่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ให้เพิ่มเวลาการผึ่งแห้งอีก 30 ถึง 45 นาที 2) ลดความเค็ม โดยย้ายพ่อแม่พันธุ์ใส่ลงในตู้ที่มีน้ำทะเลเทียมความเค็ม 25 ppt ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หากไม่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อาจลดความเค็มได้ถึง 20 ppt จากนั้นนำพ่อแม่พันธุ์กลับมาใส่ไว้ในตู้ที่มีความเค็มปกติ และ 3) เพิ่มปริมาณอาหารด้วยสาหร่ายสไปรูลินาผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนวเสสาหับการเขางานเพอการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใชประยชนดในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 10 กรัมต่อน้ำทะเล 1 ลิตร เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าใช้วิธีนี้สูง
 แห่งให้จำนวนตัวอ่อนระยะ Nauplius สูงกว่าวิธีอื่นและพ่อแม่พันธุ์มีอัตราการตายน้อยเมื่อผ่านการ
 เหนียวน้ำ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความคล้ายคลึงกับสภาพแวดล้อมในเขตน้ำขึ้น-น้ำลงซึ่งเป็นแหล่งที่
 อยู่อาศัยเดิม

3.2.4 การเตรียมอาหารสำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์และอนุบาลตัวอ่อน

สูตรอาหารสำหรับการขยายสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella salina*) แบบมวล (mass culture) ประกอบด้วย 1) ปุ๋ยนา สูตร 16-20-0 (0.15 กรัม/ลิตร) 2) ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 (0.3 กรัม/ลิตร) 3) รำข้าวละเอียด (0.5 กรัม/ลิตร) และ 4) ปูนขาว (0.09 กรัม/ลิตร) ละลายส่วนผสมให้เข้ากันด้วยน้ำเค็ม 20 ถึง 30 ppt ที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองตาข่ายไนลอน ขนาดตา 40 ไมโครเมตร ในตู้ปลาขนาด 12 นิ้ว ในอัตราส่วนหัวเชื้อสาหร่ายต่อ 1 ส่วนต่อน้ำทะเล 5 ส่วน ของระดับน้ำ สูงประมาณ 25 เซนติเมตร เติมหอากาศในตู้ตลอดเวลาและให้ได้รับแสงอย่างเพียงพอ หลังจากสาหร่ายขยายจำนวนจนน้ำในตู้มีสีเขียวเข้มซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน แล้วจึงสูบน้ำความหนาแน่นเซลล์สาหร่ายเซลล์โดยใช้ Sedgewick-Rafter Counting Chamber มีกรอบขนาด 50x20 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตร สูบน้ำ 3 ครั้งแล้วคำนวณความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายจากสมการ

$$C = \frac{NV_2}{V_1} \quad (3.1)$$

เมื่อ C=ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน (เซลล์/ลิตร)
 N=ค่าเฉลี่ยจำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ในน้ำ 1 มิลลิลิตร
 V_1 =ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (ลิตร)
 V_2 =ปริมาตรแพลงก์ตอนในขวดเก็บตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

3.2.5 การเพาะอนุบาลตัวอ่อนตั้งแต่ระยะ Nauplius-Cyprids

เมื่อพบตัวอ่อนของเพรียงหินในระยะ Nauplius I ในตู้พ่อแม่พันธุ์ ตัวอ่อนจะเริ่มลอกคราบเป็น Nauplius II ภายในระยะเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง เริ่มให้อาหารเป็นสาหร่ายคลอเรลลา ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ความเข้มข้นรวม 1×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร 1 ครั้ง/วัน ในเวลา 10.00 น. โดยหยุดเติมหอากาศหลังให้อาหาร เลี้ยงตัวอ่อนรวมกับพ่อแม่พันธุ์จนตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ Nauplius IV ติดตามการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อน ในระยะ Nauplius I-Nauplius II ทุกชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง/ครั้ง ในระยะ Nauplius III-Cyprids โดยใช้ไฟฉายบริเวณผิวหน้าน้ำเพื่อให้ตัวอ่อนรวมตัวแล้วใช้ปิเปตดูดตัวอ่อนนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ หยตสารฟอร์มาลินความเข้มข้น 4% เพื่อหยุดการเคลื่อนไหวของตัวอ่อน

เมื่อตัวอ่อนส่วนใหญ่พัฒนาถึงระยะ Nauplius IV โดยคำนวณจากร้อยละตัวอ่อนที่เข้าสู่ระยะ Nauplius IV ระหว่าง 70-90% จึงทำการแยกตัวอ่อนจากตู้พ่อแม่พันธุ์ โดยลักน้ำในตู้โดยผ่านถุงเอกซาร์นี่เป็นเอกซาร์ที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองตาข่ายไนลอนสองชั้นโดย ขนาดตา 320 ไมโครเมตร อยู่ด้านบนและ 160 ไมโครเมตรอยู่ด้านล่าง จากนั้นนำไปอนุบาลในตู้ปลาขนาด 10 นิ้ว โดยใช้ น้ำทะเลเทียมผสมเกลือวิทยาศาสตร์ 30 กรัม/น้ำ R.O. (Reverse Osmosis) 1 ลิตร ความเค็ม 30-35 ppt อุณหภูมิ 25°C ให้แสงสว่างควบคุมระยะเวลาการให้แสง (photoperiod) เท่ากับ 12L:12D ให้อาหารเป็นสาหร่ายคลอเรลลา 1 ครั้ง/วัน ปริมาณ 2-5 ลิตร เวลา 9.30 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำ 3 ครั้ง/สัปดาห์ (ใช้ถุงกรองตาข่ายไนลอน ขนาดตา 160 ไมโครเมตร) วัดค่า Alkalinity และค่า pH ด้วยชุดทดสอบทุกวันก่อนการให้อาหาร เริ่มใช้แสงไฟต่อตัวอ่อนและใช้ปิเปตต์แก้วรวบรวมตัวอ่อนตั้งแต่ระยะ Nauplius IV เพื่อใช้ในการทดลอง คอยสังเกตกระบวนการเปลี่ยนระยะจาก Nauplius IV เข้าสู่ระยะ Nauplius V

3.2.6 ขั้นตอนการทดลองผลของอุณหภูมิต่ออัตราการอด การเปลี่ยนระยะ การลงเกาะของตัวอ่อน (จากระยะ Nauplius V-Juvenile) และพฤติกรรมการกินอาหารของตัวเต็มวัย

การทดลองที่ 1: เริ่มดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือนจนกระทั่งตัวอ่อนระยะ Nauplius IV เปลี่ยนแปลงเป็นระยะ Juvenile วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design: CRD) ปัจจัยคืออุณหภูมิประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง (treatment) โดยระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 30°C, 32°C และ 35°C ในแต่ละชุดการทดลองนำตัวอ่อนระยะ Nauplius IV ใส่ลงใน Well plate ขนาด 6 หลุม (6 well plate) จำนวน 40 ตัว/หลุม ในน้ำทะเลเทียมความเค็ม 32 ppt ที่กรองด้วยกระดาษกรองขนาดรูพรุน 3 ไมโครเมตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และให้แสงสว่างอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ใส่ well plate ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิปรับระดับอุณหภูมิเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้องให้สูงขึ้น 1°C ทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนถึงอุณหภูมิตามที่กำหนดของแต่ละชุดการทดลอง เตรียมแผ่นอะคริลิกเพื่อใช้เป็นวัสดุลงเกาะเมื่อเข้าสู่ระยะ Cyprids โดยทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นและนำไปแช่ในน้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองตาข่ายไนลอน ขนาดตา 160 ไมโครเมตรให้อากาศตลอดเวลาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตากให้แห้งแล้วนำไปอบในตู้ Hot air oven ประมาณ 100°C เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ขนาดเล็ก นำมาวางไว้ที่ก้นหลุมของ well plate

บันทึกผลอัตราการอดและระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ทุก ๆ 3 ชั่วโมง ครั้งละ 1 ตัว โดยไม่นำ well plate ออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดจึงนำแผ่นอะคริลิกที่อยู่ในแต่ละหลุมมาสังเกตการลงเกาะ หากตัวอ่อนที่เข้าสู่ระยะ Cyprids ลงเกาะช้ากว่าระยะเวลาที่กำหนดจะเปลี่ยนถ่ายน้ำเค็มที่ผ่านการกรองในหลุมให้มีความเค็ม อุณหภูมิ และปริมาณน้ำให้อยู่ระดับเดียวกันของแต่ละหน่วยการทดลองด้วยปิเปตต์ ทุก ๆ 12 ชั่วโมง หลังจากพบการลงเกาะครั้งแรกในแต่ละหน่วยการทดลองและเปลี่ยนระยะจาก Cyprids เป็นระยะ Juvenile จะทำการเลี้ยงในสภาวะดังกล่าวต่ออีก 2-4 วัน ให้อาหารเป็นสาหร่ายคลอเรลลา ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร วันละ 1 ครั้ง เวลา 10.00 น. ปริมาตร 1- 2 มิลลิลิตร การบันทึกพฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนระยะ Cyprids ซึ่งมี 2 แบบ คือ 1) การลงเกาะชั่วคราว: บันทึกภาพ

เคลื่อนไหวด้วยกล้องดิจิทัลทุก ๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 10 นาที/หน่วยการทดลอง โดยการสังเกตเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤติกรรมในการสัมผัสพื้นผิวและการตอบสนองหลังการสัมผัส เช่น การหยุดนิ่ง การหมุนตัว หรือการเคลื่อนไหวถอยหลัง 2) การลงเกาะถาวร: ตัวอ่อนที่ลงเกาะถาวรจะยึดติดแน่นกับพื้นผิว ซึ่งสามารถสังเกตได้โดยการวนน้ำในหลุมภาดทดลองเบา ๆ หรือการตรวจสอบว่าการยึดติดกับแผ่นอะคริลิกยังคงแน่นหนายู่หรือไม่ และตัวอ่อนจะเปลี่ยนจากรูปร่างที่เคลื่อนที่ได้ไปเป็นรูปร่างแบบยึดติดซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างและโครงสร้างอย่างชัดเจน

การทดลองที่ 2: ดัดแปลงวิธีจาก Nishizaki and Carrington (2014) ใช้เพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ขนาดฐานประมาณ 6 มิลลิเมตร ที่มีสุขภาพแข็งแรง เช่น ไม่มีรอยแตกหรือรอยบุบของเปลือก การเปิด-ปิด Operculum และการขยับ Cirri ต่อเนื่องและสม่ำเสมอ รยางค์ต่าง ๆ ครบถ้วนสมบูรณ์ เป็นต้น ปรับสภาพเพรียงหิน (*A. amphitrite*) ก่อนการทดลองเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง โดยใช้น้ำทะเลเทียม ที่ผสมเกลือวิทยาศาสตร์สัดส่วน 30 กรัมในน้ำจืดที่ปราศจากคลอรีน 1 ลิตร ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร ควบคุมความเค็มให้อยู่ระหว่าง 30-35 ppt และ อุณหภูมิ 25-29°C กรองด้วยถุงกรองตาข่ายไนลอนขนาดตา 40 ไมโครเมตร เริ่มดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design: CRD) ปัจจัยคืออุณหภูมิประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง (treatment) คือระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 30°C, 32°C และ 35°C โดยนำเพรียงหิน (*A. amphitrite*) ที่เตรียมไว้ ใส่ลงใน Well plate ขนาด 6 หลุม (6 well plate) จำนวน 3 ตัว/หลุม ในน้ำทะเลเทียมความเค็ม 32 ppt ที่กรองด้วยกระดาษกรองขนาดรูพรุน 3 ไมโครเมตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และให้แสงสว่างอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ใส่ well plate ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิปรับระดับอุณหภูมิเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้องให้สูงขึ้น 1°C ทุก ๆ 2 ชั่วโมง ให้อาหารเป็นสาหร่ายคลอเรลลา ความเข้มข้น 1×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร ประมาณ 2-3 มิลลิลิตร ทุก ๆ 3 ชั่วโมง เริ่มบันทึกพฤติกรรมการโบกพัด Cirri และการเปิด-ปิดของ Operculum เมื่อถึงระดับอุณหภูมิตามที่กำหนดของแต่ละชุดการทดลอง (30°C, 32°C และ 35°C) พร้อมกับการให้อาหาร ทุก ๆ 12 ชั่วโมง บันทึกวิดีโอโดยใช้กล้องดิจิทัลในแต่ละหน่วยทดลองเป็นเวลา 10 นาที ทำซ้ำ 6 ครั้ง/1 หน่วยทดลอง สังเกตการโบกพัด Cirri และการเปิด-ปิดของ Operculum ตามวิธีของ Crisp and Southward (1961) หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนถ่ายน้ำเค็มที่ผ่านการกรองในหลุมให้มีความเค็ม อุณหภูมิ และปริมาณน้ำให้อยู่ระดับเดียวกันของแต่ละหน่วยการทดลอง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อ่านคำนวณพารามิเตอร์ในการศึกษาประกอบด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{การรอด (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนตัวอ่อนทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนตัวอ่อนระยะ Nauplius IV เริ่มต้นการทดลอง}} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{การเปลี่ยนระยะ (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวนตัวอ่อนทั้งหมดของแต่ละระยะ}}{\text{จำนวนตัวอ่อนทั้งหมดของระยะก่อนหน้า}} \right) \times 100 \quad (3.3)$$

ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะ = นับจำนวนชั่วโมงทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นเปลี่ยนระยะจาก Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

$$\text{การลงเกาะชั่วคราว (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวน Cyprids ที่เกาะแบบชั่วคราวบนแผ่นอะคริลิก}}{\text{จำนวนตัวอ่อนระยะก่อนหน้า}} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

$$\text{การลงเกาะถาวร (\%)} = \left(\frac{\text{จำนวน Cyprids ที่เกาะแบบถาวรบนแผ่นอะคริลิก}}{\text{จำนวนตัวอ่อนระยะก่อนหน้า}} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

พฤติกรรมการกินอาหารประกอบด้วย 1) ความถี่ของการโบกพัด Cirri (การยึดและการหด Cirri)
2) ความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum (ไม่มีการยึดและการหด Cirri)

ใช้ Microsoft Excel ในการคำนวณอัตราการรอดและระยะเวลาในการพัฒนาการของตัวอ่อน วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธีการทางสถิติแบบ Independent Samples t-test (เนื่องจากชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 35°C ตัวอ่อนตาย 100%) ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชัน 29.0.0.0 และใช้โปรแกรม Kinovea เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของพฤติกรรมการกินอาหาร

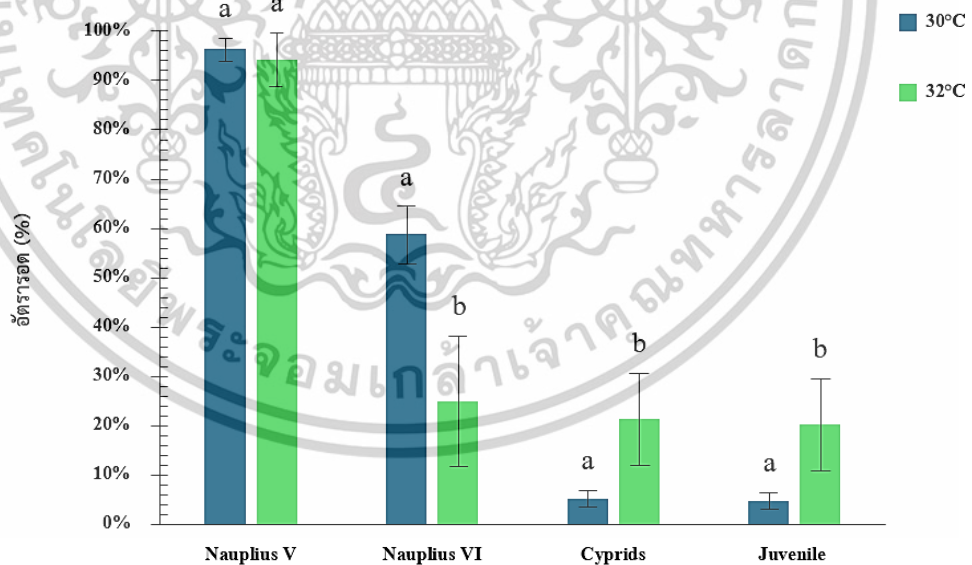
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 อัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

ตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile ในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C มีอัตราการรอดในระยะ Nauplius V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=0.87$, $p>0.05$) ที่อุณหภูมิ 30°C มีอัตราการรอด $96.36\pm 2.35\%$ สูงกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 32°C ซึ่งมีอัตราการรอดเท่ากับ $94.27\pm 5.38\%$ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ Nauplius VI อัตราการรอดในอุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (t-test: $t=5.74$, $p<0.001$) โดยมีอัตราการรอดที่อุณหภูมิ 30°C $58.86\pm 5.74\%$ สูงกว่าที่อุณหภูมิ 32°C ที่มีอัตราการรอดเท่ากับ $25.00\pm 13.26\%$ และเมื่อตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ Cyprids อัตราการรอดก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (t-test: $t=-4.17$, $p<0.05$) โดยมีอัตราการรอดที่อุณหภูมิ 32°C เท่ากับ $21.36\pm 9.36\%$ สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5.21\pm 1.61\%$ หลังการลงเกาะอัตราการรอดของตัวอ่อนระยะ Juvenile มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=-4.08$, $p<0.05$) โดยมีอัตราการรอดที่อุณหภูมิ 32°C เท่ากับ $20.32\pm 9.22\%$ สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C ซึ่งมีอัตราการรอด $4.69\pm 1.71\%$ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 อัตราการรอด (%±SE) ของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ในระยะต่าง ๆ ได้แก่ Nauplius V, Nauplius VI, Cyprids และ Juvenile ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 35°C ตัวอ่อนระยะ Nauplius V ใน 6 ชั่วโมงแรกซึ่งอยู่ในช่วงที่อุณหภูมิในหน่วยทดลองกำลังปรับเปลี่ยนและมีอุณหภูมิอยู่ที่ 32°C ตัวอ่อนมีอัตราการรอด 95.83% เมื่อผ่านไป 9 ชั่วโมงหน่วยทดลองมีอุณหภูมิ 33°C ตัวอ่อนเริ่มตายเพิ่มขึ้นและเมื่อหน่วยทดลองมีอุณหภูมิ 34°C โดยมีอัตราการรอด 93.75% และลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีอัตราการรอดทุกสามชั่วโมงเท่ากับ 78.65%, 55.73%, 36.25% และ 9.38% ตามลำดับ และตายลงทั้งหมดภายใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงไม่สามารถนำผลอัตราการรอดในชุดการทดลองที่อุณหภูมิตั้งกล่าวมาเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C (ภาพที่ 4.2)



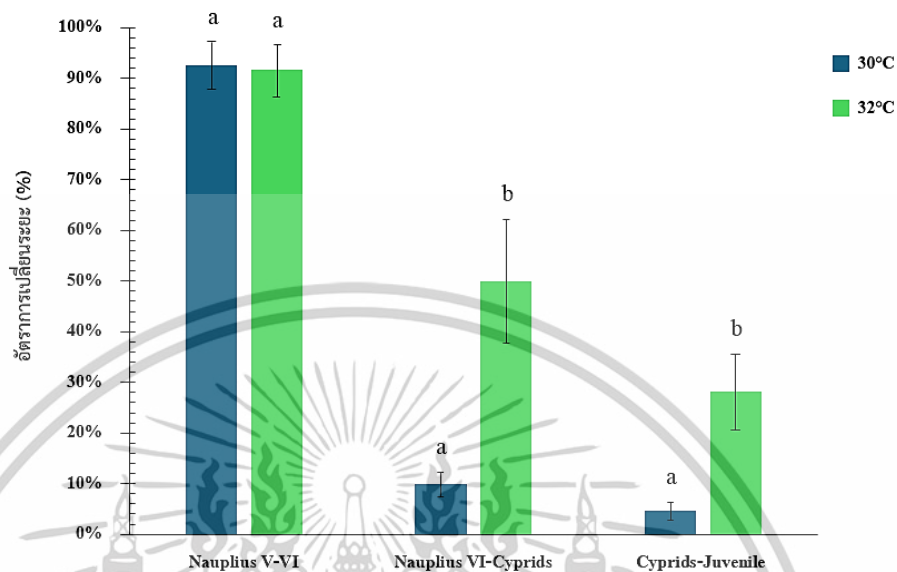
ภาพที่ 4.2 อัตราการรอด (%±SE) ของตัวอ่อนภายใน 24 ชั่วโมง ของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V ในระดับอุณหภูมิ 35°C

4.2 การเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอ่อนเพรียงหินสามารถเปลี่ยนระยะจาก Nauplius V เป็น Nauplius VI มากกว่า 90% โดยชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C มีร้อยละการเปลี่ยนระยะเท่ากับ $92.71 \pm 4.70\%$ ส่วนชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C มีร้อยละการเปลี่ยนระยะ $91.67 \pm 5.10\%$ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t -test: $t=0.37$, $p>0.05$) ระหว่างชุดการทดลอง และเมื่อเปลี่ยนระยะจาก Nauplius VI เข้าสู่ระยะ Cyprids ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C มีร้อยละการเปลี่ยนระยะ $50.00 \pm 12.18\%$ สูงกว่าชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ที่มีร้อยละการเปลี่ยนระยะเพียง $9.90 \pm 2.35\%$ ซึ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (t -test: $t=-7.92$, $p<0.001$) เช่นเดียวกับเมื่อตัวอ่อนเปลี่ยนระยะจาก Cyprids ไปยังระยะ Juvenile ที่อุณหภูมิ 32°C มีร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

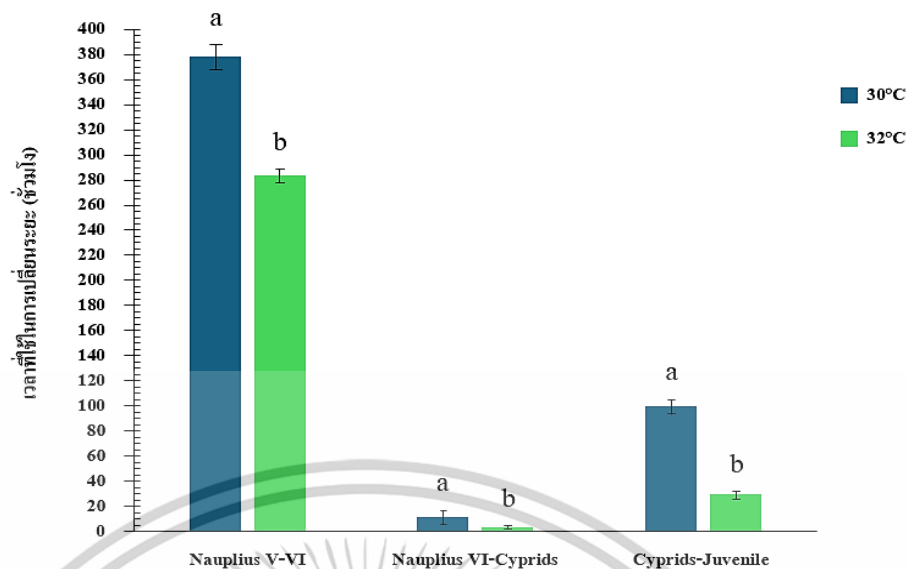
การเปลี่ยนระยะ $28.13 \pm 7.40\%$ สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=-7.56, p<0.001$) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนระยะ $4.69 \pm 1.71\%$ (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 อัตราการผลิตระยะ ($\% \pm \text{SE}$) ของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการติดตามและบันทึกเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *A. amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึง Juvenile ภายใต้อุณหภูมิ 30°C และ 32°C เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน พบว่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะในช่วงแรกคือ Nauplius V ถึงระยะ Nauplius VI ของชุดการทดลองทั้งสองอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=37.55, p<0.001$) โดยชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C ตัวอ่อนดังกล่าวใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 284.00 ± 3.79 ชั่วโมง ในขณะที่ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 378.33 ± 4.84 ชั่วโมง เวลาในการเปลี่ยนจากระยะ Nauplius VI สู่ระยะ Cyprids ก็เป็นไปในทางเดียวกันคือชุดการทดลองอุณหภูมิ 32°C ใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 3.50 ± 1.22 ชั่วโมง เร็วกว่าที่ชุดการทดลองอุณหภูมิ 30°C ใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 12.00 ± 5.69 ชั่วโมง ซึ่งมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=3.58, p=0.014$) เช่นเดียวกับเวลาในการเปลี่ยนระยะ Cyprids เข้าสู่ระยะ Juvenile โดยที่ชุดการทดลองอุณหภูมิ 32°C ใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 29.50 ± 2.95 ชั่วโมง เร็วกว่าชุดการทดลองอุณหภูมิ 30°C ใช้เวลาในการเปลี่ยนระยะ 100.00 ± 5.69 ชั่วโมง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test: $t=26.94, p<0.001$) (ภาพที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

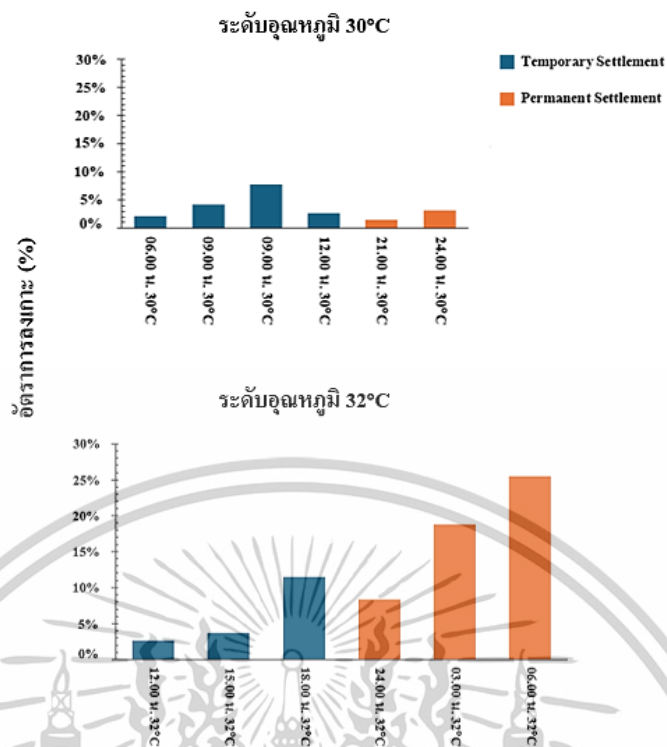


ภาพที่ 4.4 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะ (ชั่วโมง \pm SE) ของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids

ตัวอ่อนเพรียงหิน *A. amphitrite* ในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ที่เข้าสู่ระยะ Cyprids เริ่มจมตัวลงหลังจากเปลี่ยนระยะจาก Nauplius VI แล้วประมาณ 15 ชั่วโมงโดยเริ่มพบร้อยละการแสดงพฤติกรรมการลงเกาะแบบชั่วคราว 2.08% และเพิ่มเป็น 4.17% ในอีกสามชั่วโมงต่อมา เมื่อผ่านไปอีก 24 ชั่วโมงตัวอ่อนเริ่มแสดงพฤติกรรมการลงเกาะแบบถาวร โดยมีร้อยละการลงเกาะแบบถาวร 1.56% และเพิ่มเป็น 3.12% ในอีกสามชั่วโมงถัดมา ในขณะที่ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C เริ่มมีการลงสำรวจพื้นที่บนแผ่นอะคริลิกของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids หลังจากเปลี่ยนระยะจาก Nauplius VI เพียง 3 ชั่วโมง โดยมีร้อยละการแสดงพฤติกรรมการลงเกาะแบบชั่วคราว 2.60% และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในอีก 3 ชั่วโมงและ 6 ชั่วโมงต่อมา (3.67% และ 11.46% ตามลำดับ) หลังจากนั้นอีก 24 ชั่วโมงจึงเริ่มพบพฤติกรรมการลงเกาะแบบถาวรโดยมีร้อยละการลงเกาะเท่ากับ 8.33% และเพิ่มขึ้นเป็น 18.75% และ 25.52% ในอีก 3 และ 6 ชั่วโมงต่อมาตามลำดับ (ภาพที่ 4.5)

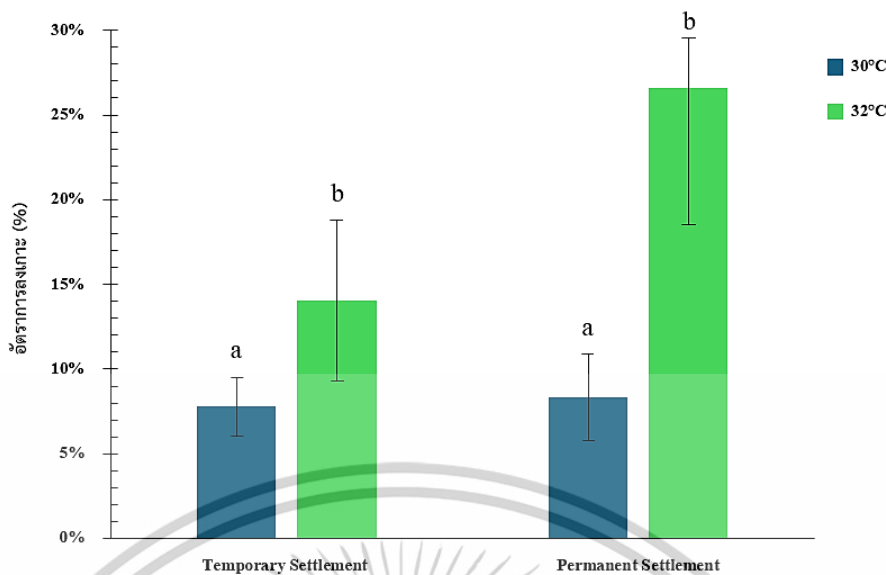
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 อัตราการลงเกาะ (%) แบบชั่วคราว (Temporary Settlement: แถบสีน้ำเงิน) และการลงเกาะแบบถาวร (Permanent Settlement: แถบสีส้ม) ตามช่วงเวลาของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids ที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลองเกี่ยวกับร้อยละการแสดงผลกิจกรรมการลงเกาะแบบชั่วคราวและการลงเกาะอย่างถาวรของตัวอ่อนเพรียงหินในระยะ Cyprids พบว่าในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C มีร้อยละการลงเกาะทั้งสองแบบ ($14.07 \pm 4.74\%$ สำหรับอัตราการลงเกาะแบบชั่วคราว และ $26.57 \pm 7.59\%$ สำหรับการลงเกาะแบบถาวรตามลำดับ) สูงกว่าชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C ($7.82 \pm 1.71\%$ สำหรับอัตราการลงเกาะแบบชั่วคราว และ $8.34 \pm 2.55\%$ สำหรับการลงเกาะแบบถาวรตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (t-test: $t = -3.04$, $p = 0.012$ สำหรับการลงเกาะแบบชั่วคราว และ t-test: $t = -5.58$, $p < 0.001$ สำหรับการลงเกาะแบบถาวรตามลำดับ) (ภาพที่ 4.6)

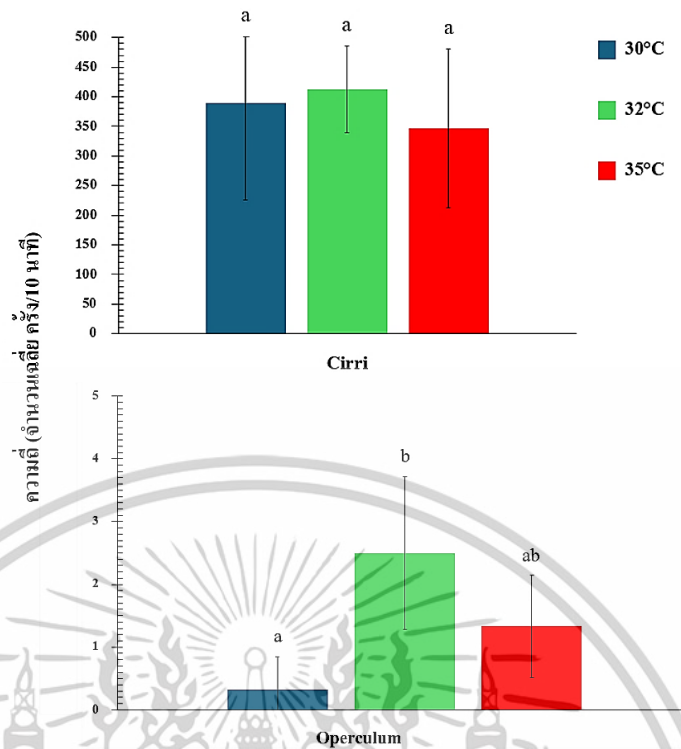
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ร้อยละการลงเกาะ (%±SE) แบบชั่วคราว (Temporary Settlement) และแบบถาวร (Permanent Settlement) ของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids ของชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 ผลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตัวเต็มวัย

ถึงแม้ว่าความถี่ของการโบกพัด Cirri (จำนวนครั้ง/10 นาที) ของเพรียงหินระหว่างชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C, 32°C และ 35°C จะไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA: $F=0.39$, $p>0.05$) แต่พบว่าชุดการทดลองอุณหภูมิ 32°C มีความถี่ของการโบกพัด Cirri สูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 412.17 ± 73.10 ครั้ง/10 นาที รองลงมาคือชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C มีค่าเฉลี่ย 388.67 ± 164.04 ครั้ง/10 นาที และชุดการทดลองอุณหภูมิ 35°C มีความถี่ในการโบกพัดต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 346.83 ± 133.73 ครั้ง/10 นาที ส่วนความถี่ของการเปิด-ปิด Operculum ในเพรียงหิน (จำนวนครั้ง/10 นาที) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ANOVA: $F=8.70$, $p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 32°C มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 2.50 ± 1.22 ครั้ง/10 นาที รองลงมาคือชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 35°C มีค่าเฉลี่ย 1.33 ± 0.82 ครั้ง/10 นาที และชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.33 ± 0.52 ครั้ง/10 นาที (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 ความถี่การโบกพัด Cirri และความถี่การเปิด-ปิด Operculum ของชุดการทดลองระดับอุณหภูมิ 30°C, 32°C และ 35°C ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตัวเต็มวัย ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟแต่ละชุด (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 อัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

การเหนี่ยวนำพ่อแม่พันธุ์เพื่อให้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์โดยวิธีการผึ่งแห้ง (desiccation) เป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เพรียงหิน (*Amphibalanus amphitrite*) ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการจำลองสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งเพรียงหินต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและปริมาณน้ำ การจำกัดความชื้นชั่วคราวสร้าง “ภาวะเครียด” ในระดับที่เพียงพอต่อการกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาให้เกิดการสืบพันธุ์และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อเพิ่มโอกาสในการขยายพันธุ์และดำรงเผ่าพันธุ์ได้ในสภาพแวดล้อมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงและไม่แน่นอน อีกทั้งวิธีนี้ยังทำให้เกิดความเครียดและการบอบช้ำต่อพ่อแม่พันธุ์น้อยกว่าวิธีการเหนี่ยวนำแบบอื่น เพราะเป็นการจำลองสภาวะที่สอดคล้องกับถิ่นอาศัยตามธรรมชาติของเพรียงหิน (*A. amphitrite*) จากผลการทดลองอัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน (*A. amphitrite*) ในระยะ Nauplius V มีค่าสูงที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C บ่งชี้ว่าอุณหภูมิที่ 30°C และ 32°C อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของตัวอ่อน ซึ่งสนับสนุนการทำงานของกระบวนการ Metabolism อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมในหน่วยการทดลองที่อุณหภูมิดังกล่าว แสดงถึงความเข้ากันของการดำรงชีวิตจากแหล่งอาศัยเดิม โดยแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโต (Environmental Match Hypothesis) อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพแวดล้อมเดิมที่สิ่งมีชีวิตนั้นดำรงชีวิตช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการอยู่รอดเนื่องจากสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นได้มีการปรับตัวทางวิวัฒนาการและพันธุกรรมให้เหมาะสมกับเงื่อนไขเฉพาะของสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ (Monaghan, 2008)

โดยในกรณีของ เพรียงหิน *A. amphitrite* ที่รวบรวมจากเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินในอ่าวไทยตอนกลาง เช่น หาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี หาดทุ่งวัวแล่น และหาดพระจอมเกล้าฯ จังหวัดชุมพร ซึ่งมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 27-30°C ซึ่งมีการปรับตัวทางพันธุกรรมให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเดิมส่งผลให้อัตรารอดของตัวอ่อนระยะ Nauplius V และระยะ Nauplius VI มีค่าสูงที่ระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C สำหรับอัตรารอดของตัวอ่อนระยะ Cyprids และระยะ Juvenile มีค่าค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 40%) เมื่อเทียบกับตัวอ่อนระยะ Nauplius V (มากกว่า 90%) ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตรารอดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเกิดกระบวนการเปลี่ยนระยะและระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเกินระดับ 32°C สะท้อนให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอัตราการเผาผลาญพลังงาน (Energy metabolism rate) ของตัวอ่อนเพรียงหินจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยกระตุ้นให้เกิดการเผาผลาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานและการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นของอัตราการเผาผลาญพลังงานส่งผลให้ความต้องการออกซิเจน (Oxygen demand) ของตัวอ่อนสูงขึ้นเช่นกัน (หน่วยการทดลองไม่เพิ่มออกซิเจน) เพื่อรองรับการเผาผลาญพลังงานที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนจำกัด (Hypoxic conditions) ของแต่ละหน่วยการทดลองทำให้อัตราการอดมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะที่ระดับอุณหภูมิ 35°C แสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดอุณหภูมิสูงสุด (maximum thermal limit) ของตัวอ่อนระยะ Nauplius V โดยมีขีดจำกัดอุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 33-35°C (อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจากแหล่งอาศัยเดิมอยู่ระหว่าง 27-30°C) เมื่อเกินขีดนี้ไปทำให้กระบวนการ Metabolism ในร่างกายของตัวอ่อนทำงานมากขึ้นซึ่งจะเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานและความต้องการออกซิเจนในร่างกายของตัวอ่อน หากสภาพแวดล้อมไม่มีออกซิเจนเพียงพอเพื่อรองรับการเผาผลาญที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาของตัวอ่อนหยุดชะงักและลดลง จนเข้าสู่ “ภาวะหยุดกิจกรรมที่เกิดจากอุณหภูมิ” (Coma temperature) ซึ่งคล้ายกับการเข้าสู่ภาวะหมดสติหรือ coma ในมนุษย์ และสัตว์ที่เกิดจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปจนทำให้ระบบร่างกายไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ ส่งผลให้อัตราการรอดชีวิตของ Nauplius V ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายในระยะเวลาอันสั้น (Nasrolahi *et al.*, 2016; Campanati *et al.*, 2020) กรณีศึกษาขีดจำกัดอุณหภูมิสูงสุดในธรรมชาติสามารถพบเห็นได้ในหลายกรณีที่สัตว์ทะเลต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแหล่งที่อยู่อาศัย โดยตัวอย่างที่ชัดเจนของขีดจำกัดอุณหภูมิสูงสุดในธรรมชาติ คือ การฟอกขาวของปะการัง (Bleaching) ยกตัวอย่างเช่น ปะการังแข็ง (hard corals) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบนิเวศปะการัง มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทะเล จากการศึกษาพบว่าสามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ประมาณ 29-30°C ก่อนที่จะเริ่มเกิดการฟอกขาวซึ่งเป็นกระบวนการที่ปะการังสูญเสียความสัมพันธ์กับสาหร่ายซิมไบโอติก (Symbiotic algae) และเริ่มตายจากความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ (Sammarco and Strychar, 2009)

5.2 การเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตั้งแต่ระยะ Nauplius V ถึงระยะ Juvenile

ผลการศึกษาที่แสดงว่าร้อยละของการเปลี่ยนระยะจากตัวอ่อนจากระยะ Nauplius V ไปสู่ระยะ Nauplius VI ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่อุณหภูมิ 30°C มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิ 32°C แต่เมื่อพิจารณาถึงร้อยละการเปลี่ยนระยะจากตัวอ่อนระยะ Nauplius VI เป็นระยะ Juvenile ที่อุณหภูมิ 32°C กลับสูงกว่าอุณหภูมิ 30°C และจากผลการทดลองบ่งชี้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเร่งการพัฒนาในทุกช่วงอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอ่อนที่พัฒนาในอุณหภูมิ 32°C ใช้เวลาน้อยกว่าในทุกช่วงการเปลี่ยนระยะเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 30°C (ตารางที่ 5.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C

ระยะ	ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะ (ชั่วโมง)	
	30°C	32°C
Nauplius V-VI	378.33	284.00
Nauplius VI-Cyprid	12.00	3.50
Cyprid-Juvenile	100.00	29.50

อุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจช่วยเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงาน (metabolic rate) ซึ่งส่งผลให้ตัวอ่อนสามารถเจริญเติบโตและพัฒนาได้เร็วขึ้นในระยะที่ต้องมีการพัฒนาอวัยวะสำคัญสำหรับเข้าสู่กระบวนการตั้งถิ่นฐาน (settlement) ในระยะหลัง (Cyprids ถึงระยะ Juvenile) ในขณะที่ระยะแรก (Nauplius V ถึง Nauplius VI) ตัวอ่อนยังไม่ต้องพัฒนาอวัยวะสำหรับการตั้งถิ่นฐาน เพราะในระยะนี้ตัวอ่อนมีกิจกรรมหลักคือการกินอาหารและสะสมพลังงานเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเปลี่ยนระยะเป็นระยะ Cyprids โดยกระบวนการเปลี่ยนระยะของเพรียงหินเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาเคมีภายในร่างกายและการใช้พลังงานที่ได้รับจากการเผาผลาญสารอาหารสำหรับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การพัฒนาโครงสร้างภายนอกและภายในร่างกาย (Rao and Lin, 2020) การเปลี่ยนระยะจากตัวอ่อนระยะ Nauplius V ไปเป็น Nauplius VI ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ต้องการพลังงานน้อยกว่าการเปลี่ยนระยะ Nauplius VI เป็นระยะ Juvenile เนื่องจากในระยะดังกล่าวตัวอ่อนไม่ต้องการพัฒนาโครงสร้างหรือระบบภายในร่างกายที่ซับซ้อนมากนักทำให้ความต้องการพลังงานค่อนข้างต่ำ ทำให้กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมเดิม ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญพลังงานส่งผลให้ตัวอ่อนสามารถพัฒนาและเปลี่ยนระยะได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเกินไปในการปรับตัวหรือรักษาสมดุลทางสรีรวิทยา (Maruzzo *et al.*, 2012)

ในอีกกรณีของการเปลี่ยนระยะจาก Nauplius VI เป็นระยะ Juvenile สามารถเกิดขึ้นได้ดีกว่าในอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมเดิมแม้ว่าจะต้องใช้พลังงานมากกว่า โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งการเผาผลาญพลังงานส่งผลให้การผลิต ATP (Adenosine Triphosphate) และกระบวนการสร้างสารประกอบ (Anabolism) เพื่อใช้ในการสร้างโครงสร้างใหม่ นอกจากนี้การเปลี่ยนระยะดังกล่าวยังตรงกับฤดูกาลผสมพันธุ์ของเพรียงหินในประเทศไทยในช่วงเดือนพฤษภาคม โดยเป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลอยู่ที่ประมาณ 31-33°C ซึ่งเอื้อต่อการเปลี่ยนระยะและการพัฒนาของตัวอ่อนเพรียงหินในระยะ Nauplius VI เป็นระยะ Juvenile ได้เป็นอย่างดี (Yan *et al.*, 2006; Somero, 2012) ถึงแม้ที่อุณหภูมิ 32°C จะเปลี่ยนระยะได้รวดเร็วแต่พิจารณาจากเวลาที่ใช้เปลี่ยน

ระยะของตัวอ่อนตลอดการทดลองค่อนข้างนานและร้อยละการเปลี่ยนระยะจาก Nauplius IV เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ Cyprids น้อยกว่า 50% ทุกชุดการทดลอง สำหรับชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 35°C ในช่วงที่เพิ่มอุณหภูมิเป็น 34°C ตัวอ่อนระยะ Nauplius V เปลี่ยนระยะได้ช้ากว่าหน่วยการทดลองที่อุณหภูมิ 30°C และ 32°C อาจเป็นเพราะอุณหภูมิส่งผลต่อการใช้พลังงานสะสม (Energy reserves) ที่เก็บมาจากการกินอาหารขนาดเล็กของตัวอ่อนระยะ Nauplius เพื่อใช้ในระยะเวลา Cyprids (ระยะ Cyprids ไม่มีการกินอาหาร) การสะสมพลังงานในระยะเวลา Nauplius จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากตัวอ่อนในระยะ Cyprids จะต้องพึ่งพาพลังงานดังกล่าวสำหรับการเคลื่อนที่ (locomotion) และการลงเกาะ (settlement) (Thiyagarajan *et al.*, 2003; Alsaab *et al.*, 2017)

5.3 พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Cyprids ที่อุณหภูมิ 32°C มีร้อยละการลงเกาะแบบชั่วคราว (Temporary Settlement) และแบบถาวร (Permanent Settlement) สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงาน (Energy metabolism rate) เพิ่มขึ้นและช่วยกระตุ้นพฤติกรรมการลงเกาะหรือการที่ตัวอ่อนเริ่มลงเกาะแบบชั่วคราวได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 30°C อาจทำให้เกิดรอยเท้าของ Cyprids (Cyprids footprint) และการสะสมของ Settlement-Inducing Protein Complex (SIPC) บนแผ่นอะคริลิกในหน่วยทดลองที่อุณหภูมิ 32°C มากกว่าที่อุณหภูมิ 30°C ส่งผลให้อัตราการลงเกาะแบบถาวรของตัวอ่อนเพรียงหินระยะ Cyprids เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยรอยเท้าของ Cyprids เกิดจากการปล่อยสารเคมีและโปรตีนระหว่างการลงเกาะแบบชั่วคราว ซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณทางชีวภาพที่บ่งบอกถึงความเหมาะสมของพื้นผิวสำหรับการลงเกาะแบบถาวร ในขณะเดียวกัน SIPC ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญในการกระตุ้นการลงเกาะถาวรช่วยดึงดูดตัวอ่อนอื่น ๆ ให้เข้ามาสำรวจพื้นผิวและเพิ่มโอกาสในการลงเกาะให้สูงขึ้น ทั้งนี้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้น SIPC อาจถูกผลิตและปล่อยออกมาในปริมาณมากขึ้นหรือมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้ตัวอ่อนสามารถตรวจจับสัญญาณเคมีได้ชัดเจนส่งผลให้การตัดสินใจลงเกาะเกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่า (Yule and Walker, 1984; Matsumura *et al.*, 1998) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการลงเกาะทั้งแบบชั่วคราวและแบบถาวรของตัวอ่อนเพรียงหิน *A. amphitrite* ระยะ Cyprids ยังถือว่าค่อนข้างต่ำ โดยมีอัตราการลงเกาะน้อยกว่า 40% ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นพฤติกรรมการลงเกาะ แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการลงเกาะในอัตราสูง โดยช่วงอุณหภูมิที่ 32°C อาจมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของโปรตีนในสารยึดติดของเพรียงหิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างพันธะที่แข็งแรงและคงทนสำหรับการยึดเกาะกับพื้นผิวในสภาพแวดล้อมทางน้ำ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้โปรตีนในสารยึดติดสูญเสียโครงสร้างหรือหน้าที่ทางชีวภาพบางอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารยึดติด หรือการลดทอนปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับพื้นผิว ส่งผลให้ประสิทธิภาพหรือความแข็งแรงของพันธะยึดติดลดลง ซึ่งแม้ว่าอุณหภูมิที่ 32°C จะมีบทบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นพฤติกรรมการลงเกาะได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็อาจยังไม่ใช่ช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างพันธะยึดติดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Johnston, 2010)

5.4 พฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตัวเต็มวัย

ผลการศึกษานี้พบว่าพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหิน *A. amphitrite* ตัวเต็มวัยมีความถี่ของการโบกพัด Cirri จะลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 32°C มีอัตราการโบกพัดสูงสุด รองลงมาที่อุณหภูมิ 30°C แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 35°C อัตราการโบกพัด Cirri ลดลง ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติแสดงถึงข้อสรุปที่ไม่ชัดเจน แต่อาจสันนิษฐานได้ว่าที่อุณหภูมิ 35°C อาจถึงขีดจำกัดในการดำรงชีวิต (maximum effective temperature) ตามกฎของ "Van Hoff Law" อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นนี้จะไม่เป็นไปในลักษณะเส้นตรงเสมอไป ซึ่งหมายความว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาอาจไม่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่ากันตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่าง ๆ ของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเพื่อลดความเสียหายและสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528) ในขณะที่ Nishizaki and Carrington (2014) รายงานว่าเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิถึง 25°C เพรียงหินมีอัตราการโบกพัด Cirri เพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 35°C จะส่งผลกระทบต่อชีววิทยาต่อเพรียงหินสังเกตได้จากอัตราการโบกพัด Cirri ที่ลดลงสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ritz and Foste (1968) ที่ใช้พ่อแม่พันธุ์เพรียงหินจากสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแตกต่างกัน โดยเพรียงหินที่อาศัยอยู่ในช่วง 12-21°C มีอัตราการโบกพัด Cirri สูงสุดที่อุณหภูมิ 31°C และจำนวนประชากร 50% อยู่ในอาการโคม่าที่อุณหภูมิ 37°C แต่เพรียงหินที่มาจากระบบนิเวศของทะเลชายฝั่งในเขตร้อนมีอัตราการโบกพัดน้ำของ Cirri สูงสุดที่อุณหภูมิ 21°C และสามารถทนต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลได้สูงถึง 40°C ก่อนที่จำนวนประชากร 50% อยู่ในอาการโคม่า จากผลการศึกษาเหล่านี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าเพรียงหิน *A. amphitrite* ตัวเต็มวัยที่อาศัยอยู่ในช่วงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล 27-30°C ในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของประเทศไทยอาจจะสามารถทนต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลได้สูงกว่า 40°C โดย Nasrolahi *et al.* (2016) อธิบายว่าเพรียงหินจากแหล่งอาศัยที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มต่ำและอุณหภูมิสูงอยู่ตลอดเวลาพบว่ามี ความทนทานและความยืดหยุ่นในการปรับของจีโนไทป์ (Genotype) สำหรับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาหรือลักษณะปรากฏ (Phenotype) เพื่อตอบสนองต่อความผันแปรของปัจจัยต่าง ๆ ได้มากกว่าเพรียงหินที่อาศัยในสภาพแวดล้อมคงที่ จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาในครั้งนี้กับรายงานการศึกษาอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมในระบบนิเวศที่มีอิทธิพลต่อการอยู่รอด การพัฒนาของตัวอ่อน การเพิ่มจำนวนประชากรและการลงเกาะของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังซึ่งรูปแบบการตอบสนองที่เกิดจากอุณหภูมิจะแสดงออกมาทางสรีรวิทยาและพฤติกรรมในการดำรงชีวิตเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระบบนิเวศที่เป็นแหล่งอาศัยเกินขีดจำกัดทั้งทาง

สรีระและทางพันธุกรรมกว่าที่สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นจะสามารถปรับตัวและอยู่รอดได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางกลับกันความถี่ในการเปิด-ปิดฝา Operculum มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับอุณหภูมิ 32°C ความถี่ในสูงสุด (3 ครั้ง) รองลงมาที่อุณหภูมิ 35°C (1 ครั้ง) และต่ำสุดที่ 30°C (0 ครั้ง) จากผลลัพธ์สังเกตได้ว่าไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เนื่องจากเป็นกลไกการป้องกันตัวหรือการตอบสนองต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอย่างอื่นมากกว่า ยกตัวอย่าง เช่น การกระตุ้นจากการเคลื่อนไหวของน้ำหรือการมีอยู่ของระดับออกซิเจนในน้ำ ความเข้มข้นของอนุภาคในมวลน้ำที่มีอิทธิพลต่อความถี่ในการเปิด-ปิดฝา Operculum เพื่อกรองอาหาร และการป้องกันตัวเองจากนักล่าในระบบนิเวศ (Rajagopal *et al.*, 2011)

เมื่อพิจารณาผลจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยที่คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นในอนาคตในอีก 80 ปีข้างหน้าที่จะเพิ่มเป็น 35°C อาจส่งผลกระทบต่ออัตราการรอด พัฒนาการและการลงเกาะของเพรียงหิน *A. amphitrite* ซึ่งพบว่าตัวอ่อนจะตายทั้งหมดที่อุณหภูมิดังกล่าวอาจทำให้จำนวนประชากรหรือความชุกชุม (abundance) ลดลงซึ่งอาจจะทำให้โครงสร้างของชุมชน ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) และความซับซ้อนของการส่งผ่านพลังงานในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศชายฝั่งให้เปลี่ยนแปลงไป แต่ก่อนที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะถึงระดับดังกล่าว เมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยเข้าสู่ 32°C ในอีก 50 ปีข้างหน้าเพรียงหินชนิดดังกล่าวอาจจะกระตุ้นพัฒนาการและการลงเกาะได้ดีขึ้นแต่ก็ต้องแก่งแย่งแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นหรือสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาจเพิ่มจำนวนได้ดีเช่นกัน มีการคาดการณ์ว่าภาวะโลกร้อนจะเอื้อต่อการรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นที่เข้ามาในแหล่งที่อยู่อาศัยเดิม อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลกระทบต่อความเป็นกรดในมหาสมุทร (Ocean Acidification) ซึ่งเกิดจากการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ระดับ pH ในน้ำทะเลลดลง ส่งผลให้กระบวนการสร้างเปลือกของตัวอ่อนระยะ Cyprids ลดลง เนื่องจากความสามารถในการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตัวอ่อนใช้ในการสร้างเปลือกลดลง อาจส่งผลให้การลงเกาะลดลงในระยะยาว รวมถึงความสามารถในการป้องกันตัวจากผู้ล่าของเพรียงหินลดลงซึ่งจะกระทบต่อโอกาสในการรอดชีวิตและการดำรงอยู่ในระบบนิเวศชายฝั่ง (Nasrolahi *et al.*, 2016; Nardone *et al.*, 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 ได้แก่ 30°C, 32°C และ 35°C ต่อ อัตรารอด การเปลี่ยนระยะและพฤติกรรมของเพรียงหินตัวเต็มวัย สายพันธุ์ *Amphibalanus amphitrite* ใน ประเทศไทย โดยการติดตามและบันทึกผลตั้งแต่ตัวอ่อนระยะ Nauplius V (240 ตัว/1 หน่วยการ ทดลอง) จนกระทั่งเปลี่ยนแปลงเป็นระยะ Juvenile ด้วยการใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิเพิ่มอุณหภูมิ 1°C ทุก ๆ 2 ชั่วโมง และสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 ชั่วโมง พบว่าอัตรารอดของตัวอ่อนระยะ Nauplius V ไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 30°C มีอัตรารอดสูงกว่าที่ 32°C ส่วนอัตราอด ของ Nauplius VI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิ 30°C สูงกว่าที่ 32°C ในขณะที่ตัวอ่อน ระยะ Cyprids และ Juvenile พบอัตราอดสูงสุดที่ 32°C สำหรับการเปลี่ยนระยะพบว่าอัตราการ เปลี่ยนระยะ Nauplius V-VI ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 30°C สูงกว่าที่ 32°C ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถเปลี่ยนระยะ ที่อุณหภูมิ 32°C เร็วกว่าที่ 30°C สำหรับอัตราการเปลี่ยนระยะ Nauplius VI-Cyprids พบว่ามีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่ 30°C โดยความเร็วในการเปลี่ยนระยะก็มีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยสามารถเปลี่ยนระยะที่อุณหภูมิ 32°C เร็วกว่าที่ 30°C สุดท้าย อัตราการเปลี่ยนระยะ Cyprids-Juvenile พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่ 30°C ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ส่วนการลงเกาะแบบชั่วคราว พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการลงเกาะที่ อุณหภูมิ 32°C สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30°C และการลงเกาะแบบถาวรพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลงเกาะที่อุณหภูมิ 32°C สูงกว่า 30°C สุดท้ายพฤติกรรมการกินอาหารของเพรียงหินตัวเต็มวัย ในอุณหภูมิ 30°C, 32°C และ 35°C พบว่าอัตราความถี่ของการโบกพัด Cirri ไม่มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญระหว่างอุณหภูมิทั้งสามระดับ โดยอุณหภูมิ 32°C มีอัตราความถี่ที่สูงที่สุดรองลงมาที่อุณหภูมิ 30°C และอุณหภูมิ 35°C ตามลำดับ สำหรับความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิ 32°C มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาที่ อุณหภูมิ 35°C และต่ำสุดที่อุณหภูมิ 30°C จากการศึกษาครั้งนี้ระบุได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมในระบบนิเวศที่มีอิทธิพล ต่อการอยู่รอด การพัฒนาของตัวอ่อน การเพิ่มจำนวนประชากรและการลงเกาะของสัตว์ไม่มีกระดูก สันหลัง โดยรูปแบบการตอบสนองที่เกิดจากอุณหภูมิจะแสดงออกมาทางกายภาพและทางพฤติกรรม ในการดำรงชีวิตเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระบบนิเวศที่เป็นแหล่งอาศัยเกินขีดจำกัดกว่า ที่สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นจะสามารถปรับตัวและอยู่รอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ประการแรกควรพิจารณาเพิ่มการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ นอกเหนือจากอุณหภูมิ เช่น ความเค็ม ปริมาณออกซิเจน แสง และอาหารที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของตัวอ่อนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น ประการที่สองการเก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* จากแหล่งอาศัยที่ระดับความลึกเดียวกันเพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันที่อาจจะส่งผลต่ออัตราการรอด การเปลี่ยนระยะและพฤติกรรมต่าง ๆ ของตัวอ่อนและควรให้อาหารประเภทอาร์ทีเมียแก่พ่อแม่พันธุ์ในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเนื่องจากอาร์ทีเมียมีสารอาหารสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการสร้างไข่และการพัฒนาของตัวอ่อนเพื่อใช้ในการทดลอง ประการสุดท้าย คือการใช้กล้องถ่ายภาพและกล้องจุลทรรศน์ที่สามารถบันทึกวิดีโอเพื่อบันทึกและติดตามผลการทดลองช่วยให้สามารถตรวจสอบพฤติกรรม การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของตัวอ่อนได้อย่างละเอียด โดยไม่ต้องสัมผัสหรือลดการเคลื่อนไหวตัวอย่าง ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลจากวิดีโอยังช่วยให้สามารถประเมินพฤติกรรมที่ใช้ระยะเวลาานานได้ ทำให้การศึกษาพฤติกรรมของตัวอ่อนมีความครอบคลุมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ธวัชชัย นาอูตม อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และ ศิราพร ทองอุตม. การแพร่กระจายและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของอนุหภูมิผิวน้ำทะเลในอ่าวไทยจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*. ฉบับที่ 1. มกราคม 2563. หน้า 110-123.
- นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2550. *ชีววิทยาของครัสเตเชียน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: O.S. Printing House.
- มนนภา เทพสุต. 2561. ภาวะโลกร้อน: ปัญหาที่ทำลายในศตวรรษที่ 21. หน้า 1-9. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 13*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. *คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง*. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.
- ลัดดา วงศ์รัตน์ และ โสภณา บุญญาภิวัดน์. 2546. *คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อชิตพล พอใจ. *ความหลากหลายและการกระจายทางภูมิศาสตร์ของเพรียงหินในชายฝั่งทะเลอันดามันและชายฝั่งทะเลอ่าวไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2559.
- อรุณี สมมณี. 2527. *ผลของอนุหภูมิต่อสิ่งมีชีวิต*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ahmed, N., Murosaki, T., Kakugo, A., Kurokawa, T., Gong, J.P. and Nogata, Y. 2011. Long-term in situ observation of barnacle growth on soft substrates with different elasticity and wettability. *Soft Matter*. 7: 7281-7290.
- Alsaab, A., Aldred, N. and Clare, A.S. 2017. Automated tracking and classification of the settlement behavior of barnacle cyprids. *Journal of the Royal Society Interface*. 14: 20160957.
- Anderson, D. T. 1994. *Barnacles: Structure, function, development and evolution*. London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman and Hall. 75-80.
- Barnes, H. 1963. LIGHT, TEMPERATURE AND THE BREEDING OF *BALANUS BALANOIDES*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 43: 717-727.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Barnes, H. and Crisp, D. J. 1956. EVIDENCE OF SELF-FERTILIZATION INCERTAIN SPECIES OF BARNACLES. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.** 35: 631-639.
- Barnes, H. and Powell, H. T. 1953. The growth of *Balanus balanoides* (L.) and *B. crenatus* Brug. under varying conditions of submersion. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.** 32(1): 107–127.
- Bell, B., McQuaid, C.D. and Porri, F. 2015. Barnacle settlement on rocky shores: Substratum preference and epibiosis on mussels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** 473: 195-201.
- Brown, B.E., Dunne, R.P., Somerfeld, P.J., Edwards, A.J., Simons, W.J.F., Phongsuwan, N., Putchim, L., Anderson, L. and Naeije, M.C. 2019. Long-term impacts of rising sea temperature and sea level on shallow water coral communities over a ~40 year period. **Scientific Reports.** 9: 8826.
- Burns, T., Gohad, N.V., Orihuela, B., Mount, A.S., Spillmann, C.M., Wahl, K.J. and Rittschof, D. 2017. Barnacle biology before, during and after settlement and metamorphosis: a study of the interface. **Journal of Experimental Biology.** 220: 194-207.
- Campanati, C., Yip, S., Lane, A., and Thiyagarajan, V. 2020. Combined effects of low pH and low oxygen on the early-life stages of the barnacle *Balanus amphitrite*. **ICES Journal of Marine Science.** 73(3): 791–802.
- Chan, B. K. K., Prabowo, R. E., and Lee, K. S. 2009. **Crustacean fauna of Taiwan: Barnacles Vol. 1 Cirripedia: Thoracica excluding the Pyrgomatidae and Acastinae.** National Taiwan Ocean University.
- Chen, P.H., Chen, Y.H. and Chen, I.M. 2007. Effect of Biofilm Age and Type on Settlement of cyprids of the Barnacle, *Fistulobalanus albicostatus* Pilsbry (Thoracica: Balanidae). **Zoological Studies.** 46(4): 521-528.
- Conlan, S. L. 2013. **Effects of environmental and surface factors on settlement and adhesion of the barnacle *Balanus amphitrite* (Doctoral dissertation).** Newcastle University, School of Marine Science and Technology.
- Crickenberger, S. and Wetthey, D.S. 2017. Reproductive physiology, temperature and biogeography: the role of fertilization in determining the distribution of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- the barnacle *Semibalanus balanoides*. **The Marine Biological Association of the United Kingdom**. 98: 1411-1424.
- Crisp, D.J. and Southward, A.J. 1961. DIFFERENT TYPES OF CIRRAL ACTIVITY OF BARNACLES. **The Royal Society of London**. 243: 271-307.
- Daugherty, M.J. 2016. **REARING TEMPERATURE AFFECTS THE EXPRESSION OF PROTEINS IN THE ADHESIVE OF THE STRIPED ACORN BARNACLE, *BALANUS AMPHITRITE***. Master of Science. Biological Sciences. California Polytechnic State University.
- Denny, M.W. and Gaines, S.D. 2007. **BARNACLES**. 61-62. In Danny, M.W. and Gaines, S.D. **ENCYCLOPEDIA OF TIDEPOLS AND ROCKY SHORES**. 1. London: University of California.
- Desai, D.V., Anil, A.C. and Venkat, K. 2006. Reproduction in *Balanus amphitrite* Darwin (Cirripedia: Thoracica): influence of temperature and food concentration. **Marine Biology**. 149: 1431-1441.
- Dineen, J.F. and Hines, A.H. 1992. Interactive effects of salinity and adult extract upon settlement of the estuarine barnacle *Balanus improvisus* (Darwin, 1854). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 156: 239-252.
- Dineen, J.F. and Hines, A.H. 1994. Effects of salinity and adult extract on settlement of the oligohaline barnacle *Balanus subalbidus*. **Marine Biology**. 119: 423-430.
- Dreanno, C., Kirby, R. R., and Clare, A. S. 2006. Involvement of the barnacle settlement-inducing protein complex (SIPC) in species recognition at settlement. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 351: 276-282.
- EI-Komi, M.M. and Kajihara, T. 1911. Breeding and moulting of barnacles under rearing conditions. **Marine Biology**. 108: 83-89.
- Eriander, L., Wrange, A.L. and Havenhand, J.N. 2016. Simulated diurnal pH fluctuations radically increase variance in—but not the *mean* of—growth in the barnacle *Balanus improvises*. **ICES Journal of Marine Science**. 73(3): 596-603.
- Essock-Burns, T., Gohad, N. V., Orihuela, B., Mount, A. S., Spillmann, C. M., Wahl, K. J., and Rittschof, D. 2016. Barnacle biology before, during and after
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- settlement and metamorphosis: A study of the interface. **Journal of Experimental Biology**. 220(2).
- Faimali, M., Garaventa, F., Terlizzi, A., Chiantore, M., and Cattaneo-Vietti, R. 2004. The interplay of substrate nature and biofilm formation in regulating *Balanus amphitrite* Darwin, 1854 larval settlement. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 306(1): 37-50.
- Foster, B.A. 1970. Responses and acclimation to salinity in the adults of some balanomorph barnacles. **Royal Society**. 256: 377-400.
- Gaonkar, C.A. and Anil A.C. 2010. What do barnacle larvae feed on? Implications in biofouling ecology. **The Marine Biological Association of the United Kingdom**. 90(6): 1241-1247.
- Gerlach, G. and Atema, J. 2015. The use of chemical cues in habitat recognition and settlement. **Marine Biology**. 72-80.
- Google map. 2567. แผนที่ประเทศไทย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.google.com/maps/place/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2/@12.9851872,96.1922107,6z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x304d8df747424db1:0x9ed72c880757e802!8m2!3d15.870032!4d100.992541!16zL20vMDdmMXgl5m1!1e4?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTEwMy4xIKXMDSoJLDEwMjExMjMzSAFQAw%3D%3D.
- Gregoris, T.B.D., Khandeparker, L., Anil, A.C., Mesbahi, E., Burgess, J.G. and Clare, A.S. 2012. Characterisation of the bacteria associated with barnacle, *Balanus amphitrite*, shell and their role in gregarious settlement of cyprids larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 413: 7-12.
- Hawkins, S. J., Allcock, A. L., Bates, A. E., Evans, A. J., Firth, L. B., McQuaid, C. D., Russell, B. D., Smith, I. P., Swearer, S. E., and Todd, P. A. 2020. The Biology of *Austrominius Modestus* (Darwin) in its Native and Invasive Range. **An Annual Review**. 8: 1-78.
- Hobbs, J.P. A., and McDonald, C. A. 2010. Increased seawater temperature and decreased dissolved oxygen triggers fish kill at the Cocos (Keeling) Islands, Indian Ocean. **Journal of Fish Biology**. 77(6): 1219-1229.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Høeg, J.T., Maruzzo, D., Okano, K., Glenner, H. and Chan, B.K.K. 2012. Metamorphosis in Balanomorphans, Pedunculated, and Parasitic Barnacles: A Video-Based Analysis. **Integrative and Comparative Biology**. 52: 337-347.
- Huggett, M.J., Nedved, B.T. and Hadfield, M.G. 2009. Effects of initial surface wettability on biofilm formation and subsequent settlement of *Hydroides elegans*. **Biofouling**. 25: 387-399.
- IPCC. 2021: **The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report**. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- IPCC. 2022. **Climate change 2022: Mitigation of climate change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers**. Cambridge University Press.
- Johnston, L. A. 2010. **Temperature affects adhesion of the acorn barnacle, *Balanus amphitrite***. Master of Science in Biological Sciences. California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Jonsson, P.R., Wrangé, A.L., Lind, U., Abramova, A., Ogemark, M and Blomberg, A. 2018. The Barnacle *Balanus improvisus* as a Marine Model-Culturing and Gene Expression. **Journal of Visualized Experiments**. 138: 1-11.
- Kachenchart, B., Kamlangkla, C., Puttanapong, N. and Limsakul, A. 2021. Urbanization effects on surface air temperature trends in Thailand during 1970-2019. **Environmental Engineering Research**. 26(5): 200378.
- Kanazawa, S., Teshima, S., and Sakaguchi, M. 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. **Aquaculture**. 49(3): 207-216.
- Kennedy, J.J. 2013. A review of uncertainty in in situ measurements and data sets of sea surface temperature. **Reviews of Geophysics**. 52: 1-32.
- Kim, H.J., Araki, T., Suematsu, Y. and Satuito, C.G. 2022. Ontogenic phototactic behaviors of larval stages in intertidal barnacles. **Hydrobiologia**. 849: 747-761.
- Koad, P., Jaroensutasinee, M., and Jaroensutasinee, K. 2012. Sea surface temperature trends in the Gulf of Thailand and the Andaman Sea. **Oceans**. 325: 1-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kon-ya, K. and Miki, W. 1994. Effects of Environmental Factors on Larval Settlement of the Barnacle *Balanus amphitrite* Reared in the Laboratory. **Fisheries Science**. 60(5): 563-565.
- López, D.A., Espinoza, E.A., López, B.A. and Santibañez, A.F. 2008. Molting behavior and growth in the giant barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782). **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. 43(3): 607-613.
- Lynn, K.D., Flynn, P.T., Manríquez, K., Manríquez, P.H., Pulgar, J., Duarte, C. and Quijon, P.A. 2021. Artificial light at night alters the settlement of acorn barnacles on a man-made habitat in Atlantic Canada. **Marine Pollution Bulletin**. 163: 111928.
- Manríquez, K., Quijon, P.A., Manríquez, P.H., Miranda, C., Pulgar, J., Quintanilla-Ahumada, D. and Duarte, C. 2021. Artificial Light at Night (ALAN) negatively affects the settlement success of two prominent intertidal barnacles in the southeast Pacific. **Marine Pollution Bulletin**. 168: 112416.
- Martin, J.W. and Davis, G.E. 2001. CLASSIFICATION OF RECENT CRUSTACEA. 58-59. In Brown, K.V. **AN UPDATED CLASSIFICATION OF THE RECENT CRUSTACEA**. 39. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County Los Angeles, California.
- Maruzzo, D., Aldred, N., Clare, A. S., and Høeg, J. T. 2012. Metamorphosis in the cirripede crustacean *Balanus amphitrite*. **PLOS ONE**. 7(5): e37408.
- Matsumura, K., Nagano, M., Kato-Yoshinaga, Y., Yamazaki, M., Clare, A.S. and Fusetani, N. 1998. Immunological studies on the settlement-inducing protein complex (SIPC) of the barnacle *Balanus amphitrite* and its possible involvement in larva-larva interactions. **Royal Society of London**. 265: 1825-1830.
- Metzler, R. A., O'Malley, J., Herrick, J., Christensen, B., Orihuela, B., Rittschof, D., and Dickinson, G. H. 2020. *Amphibalanus amphitrite* begins exoskeleton mineralization within 48 hours of metamorphosis. **Royal Society Open Science**. 7(9): 200725.
- Monaghan, P. 2008. Early growth conditions, phenotypic development and environmental change. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. 363(1493): 1635-1645.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Moore, H. B., and Kitching, J. A. 2009. The biology of *Chthamalus stellatus* (Poli). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.** 89(4): 653-661.
- Nardone, J.A., Patel, S., Siegel, K.R., Tedesco, D., McNichol, C.G., O'Malley, J., Herrick, J., Metzler, R.A., Orihuela, B., Rittschof, D. and Dickinson, G.H. 2018. Assessing the Impacts of Ocean Acidification on Adhesion and Shell Formation in the Barnacle *Amphibalanus amphitrite*. **Frontiers in Marine Science.** 5: 369.
- Nasrolahi, A. 2007. Larval Settlement of the Barnacle, *Balanus improvisus* Darwin (1854) under Different Food Concentration, Substratum, Light Period, Salinity, cyprid Density and cyprid Age. **Pakistan Journal of Biological Sciences.** 10(13): 2231-2236.
- Nasrolahi, A., Havenhand, J., Wrange, A.L. and Pansch, C. 2016. Population and life-stage specific sensitivities to temperature and salinity stress in barnacles. **Scientific Reports.** 6: 32263.
- Nasrolahi, A., Pansch, C., Lenz, M. and Wahl, M. 2011. Being young in a changing world: how temperature and salinity changes interactively modify the performance of larval stages of the barnacle *Amphibalanus improvisus*. **Marine Biology.** 159: 331-340.
- Nasrolahi, A., Sari, A., Saifabadi, S., and Malek, M. 2007. Effects of algal diet on larval survival and growth of the barnacle *Amphibalanus* (= *Balanus*) *improvisus*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.** 87(6): 1227-1233.
- Nishizaki, M. and Carrington, E. 2014. Temperature and water flow influence feeding behavior and success in the barnacle *Balanus glandula*. **MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES Mar Ecol Prog Ser.** 507: 207-218.
- O'Riordan, R. M., Myers, A. A., and Cross, T. F. 1995. The reproductive cycles of *Chthamalus stellatus* (Poli) and *C. montagui* Southward in south-western Ireland. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** 190(1): 17-38.
- Palter, J. B. 2015. The role of the Gulf Stream in European climate. **Annual Review of Marine Science.** 7: 113-137.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Parmesan, C., and Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**. 421(6918): 37-42.
- Patel, B. and Crisp, D.J. 1960. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE BREEDING AND THE MOULTING ACTIVITIES OF SOME WARM-WATER SPECIES OF OPERCULATE BARNACLES. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 39: 667-680.
- Petersen, D.S., Gorb, S.N. and Heepe, L. 2020. The Influence of Material and Roughness on the Settlement and the Adhesive Strength of the Barnacle *Balanus Improvisus* in the Baltic Sea. **Frontiers in Marine Science**. 7: 664.
- Pineda, M.O., Gebauer, P., Briceno, F.A., Lopes, B.A. and Paschke, K. 2021. A bioenergetic approach for a novel aquaculture species, the giant barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1788): Effects of microalgal diets on larval development and metabolism. **Aquaculture Reports**. 21: 100824.
- Pitriana, P., Valente, L., Rintelen, T.V., Jones, D.S., Prabowo, R.E. and Rintelen, K.V. 2020. An annotated checklist and integrative biodiversity discovery of barnacles (Crustacea, Cirripedia) from the Moluccas, East Indonesia. **ZooKeys**. 945: 17-83.
- Pochai, A., Kingtong, S., Sukparangsi, W. and Khachonpisitsak, S. 2017. The diversity of acorn barnacles (Cirripedia, Balanomorpha) across Thailand's coasts: The Andaman Sea and the Gulf of Thailand. **Zoosystematics and Evolution**. 93(1): 13-34.
- Pyefinch, K. A., and Mott, J. C. 1948. The sensitivity of barnacles and their larvae to copper and mercury. **Journal of Experimental Biology** 25(3), 276–298.
- Qian, P.Y., Rittschof, D. and Sreedhar, B. 2000. Macrofouling in unidirectional flow: miniature pipes as experimental models for studying the interaction of flow and surface characteristics on the attachment of barnacle, bryozoan and polychaete larvae. **MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES Mar Ecol Prog Ser**. 207: 109-121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Qiu, J. W., Thiyagarajan, V., Cheung, S., and Qian, P. Y. 2005. Toxic effects of copper on larval development of the barnacle *Balanus amphitrite*. **Marine Pollution Bulletin**. 51(8–12): 688-693.
- Raimondi, P.T. 1990. PATTERNS, MECHANISMS, CONSEQUENCES OF VARIABILITY IN SETTLEMENT AND RECRUITMENT OF AN INTERTIDAL BARNACLE. **Ecological Monographs**. 60(3): 283-309.
- Rajagopal, S., Jenner, H. A., & Venugopalan, V. P. 2011. **Operational and environmental consequences of large industrial cooling water systems**. Springer. New York Dordrecht Heidelberg London.
- Rao, X. and Lin, G. 2020. Effects of age, salinity and temperature on the metamorphosis and survival of *Capitulum mitella* cyprids (Cirripedia: Thoracica: Scalpellomorpha). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 19: 1-8.
- Reilly, M. 2019. **IMPACTS OF SALINITY ON SETTLEMENT, SURVIVAL, AND ACCLIMATION IN THE COMMENSAL BARNACLE *Chelonibia testudinaria***. MASTER OF SCIENCE. MARINE BIOLOGY. THE UNIVERSITY OF CHARLESTON, SOUTH CAROLINA AT THE COLLEGE OF CHARLESTON.
- Ritz, D.A. and Foster, B.A. 1968. COMPARISON OF THE TEMPERATURE RESPONSES OF BARNACLES FROM BRITAIN, SOUTH AFRICA AND NEW ZEALAND, WITH SPECIAL REFERENCE TO TEMPERATURE ACCLIMATION IN *ELMINIUS MODESTUS*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 48: 545-559.
- Sammarco, P. W., and Strychar, K. B. 2009. Effects of climate change/global warming on coral reefs: Adaptation/exaptation in corals, evolution in zooxanthellae, and biogeographic shifts. **Environmental Bioindicators**. 4: 9–45.
- Seebacher, F., White, C.R. and Franklin, C.E. 2014. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. **NATURE CLIMATE CHANGE**. 5: 61-66.
- Seigo, S. L. O., Dohle, S., and Siegrist, M. 2014. Public perception of carbon capture and storage (CCS): A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 38: 848-863.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Shodipo, M. O., Duong, B., Graba-Landry, A., Grutter, A. S., and Sikkell, P. C. 2020. Effect of acute seawater temperature increase on the survival of a fish ectoparasite. **Oceans** 1(4): 215-236.
- Somero, G. N. 2012. The physiology of global change: Linking patterns to mechanisms. **Annual Review of Marine Science**. 4, 39-61.
- Svane, I. 1986. Sex determination in *Scalpellum scalpellum* (Cirripedia: Thoracica: Lepadomorpha), a hermaphroditic goose barnacle with dwarf males. **Marine Biology**. 90: 249-253.
- Takenaka, T., Suzuki, A., Yamamoto, T., Yamamoto, M. and Yoshida, M. 1993. Remodeling of the Nauplius Eye into the Adult Ocelli during Metamorphosis of the Barnacle, *Balanus amphitrite hawaiiensis*. **Development Growth and Differentiation**. 35: 245-255.
- Tammadid, W., Nantasom, K., Sirksiri, W., Vanitchung, S., Promjittiphong, C., Limsakul, A. and Hanpattanakit, P. 2023. Future projections of precipitation and temperature in Northeast Thailand using bias-corrected global climate models. **Chiang Mai J. Sci.** 50(4): 1-12.
- Thiyagarajan, V., Harder, T., Qian, J.W. and Qian, P.Y. 2003. Energy content at metamorphosis and growth rate of the early juvenile barnacle *Balanus amphitrite*. **Marine Biology**. 143: 543-554.
- Walker, L. 2020. **The effect of temperature on the recruitment of acorn barnacles in the Sapelo Island salt marshes (Doctoral dissertation)**. New York University.
- Wang, C., Schultzhause, J.N., Taitt, C.R., Leary, D.H., Shriver-Lake, L.C., Snellings, D., Sturiale, S., North, S.H., Orihuela, B., Rittschof, D., Wahl, K.J. and Spillmann, C.M. 2018. Characterization of longitudinal canal tissue in the acorn barnacle *Amphibalanus amphitrite*. **PLOS ONE**. 13: e0208352
- Wrange, A., André, C., Lundh, T., Lind, U., Blomberg, A., Jonsson, P.J. and Havenhand, J.N. 2014. Importance of plasticity and local adaptation for coping with changing salinity in coastal areas: a test case with barnacles in the Baltic Sea. **BMC Evolutionary Biology**. 14: 156.

- Yan, Y. and Chan, B. K. K. 2001. Larval development of *Chthamalus malayensis* (Cirripedia: Thoracica) reared in the laboratory. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 81(4): 623–632.
- Yan, Y. and Miao, S. 2004. The Effect of Temperature on the Reproductive Cycle of the Tropical Barnacle, *Chthamalus malayensis* Pilsbry (Cirripedia). **Crustaceana**. 77: 205-212.
- Yan, Y., Chan, B. and Williams, G. 2006. Reproductive development of the barnacle *Chthamalus malayensis* in Hong Kong: implications for the life-history patterns of barnacles on seasonal, tropical shores. **Marine Biology**. 148: 875-887.
- Yan, Z., He, D., Niu, G. and Zhai, H. 2019. Evaluation of growth and quality of hydroponic lettuce at harvest as affected by the light intensity, photoperiod and light quality at seedling stage. **Scientia Horticulturae**. 248: 138-144.
- Yu, S.P. and Chan, B.K.K. 2020. Intergenerational microplastics impact the intertidal barnacle *Amphibalanus amphitrite* during the planktonic larval and benthic adult stages. **Environmental Pollution**. 267: 115560.
- Yu, S.P., Nakaoka, M. and Chan, B.K.K. 2020. The gut retention time of microplastics in barnacle naupliar larvae from different climatic zones and marine habitats. **Environmental Pollution**. 20: 115865.
- Yule, A.B. and Walker, G. 1985. SETTLEMENT OF *BALANUS BALANOIDES*: THE EFFECT OF CYPRID ANTENNULAR SECRETION. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 65: 707-712.
- Yule, A.B. and Walker, G. 1984. THE ADHESION OF THE BARNACLE, *BALANUS BALANOIDES*, TO SLATE SURFACES. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 64: 147-156.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางตรวจคุณภาพน้ำประจำวัน วันที่ 31 สิงหาคม-28 กันยายน 2567

วันที่/เดือน/พ.ศ.	อุณหภูมิ	ความเค็ม	แอมโมเนีย	แอลคาไลน์	pH	หมายเหตุ
31/ส.ค./66	32°C	32 ppt	0.25 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี
01/ก.ย./66	30°C	30 ppt	0.25 mg/L	187 mg/L	8.3	ดี
02/ก.ย./66	30°C	30 ppt	5 mg/L	187 mg/L	8.0	ดี
03/ก.ย./66	29°C	29 ppt	5 mg/L	194 mg/L	8.0	แย้
04/ก.ย./66	30°C	30 ppt	3.5 mg/L	170 mg/L	8.2	ดี
05/ก.ย./66	29°C	29 ppt	5 mg/L	170 mg/L	8.0	ดี
06/ก.ย./66	29°C	29 ppt	6 mg/L	204 mg/L	8.0	แย้มาก
07/ก.ย./66	29°C	29 ppt	5 mg/L	170 mg/L	8.0	ดี
08/ก.ย./66	30°C	30 ppt	7 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี
09/ก.ย./66	30°C	30 ppt	7 mg/L	204 mg/L	8.3	แย้มาก
10/ก.ย./66	30°C	30 ppt	8 mg/L	170 mg/L	8.0	ดี
11/ก.ย./66	30°C	30 ppt	5 mg/L	170 mg/L	8.0	ดี
12/ก.ย./66	30°C	30 ppt	0.5 mg/L	204 mg/L	8.3	แย้มาก
13/ก.ย./66	32°C	32 ppt	0.25 mg/L	194 mg/L	8.3	แย้
14/ก.ย./66	32°C	32 ppt	0.25 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี
17/ก.ย./66	31°C	30 ppt	0.25 mg/L	153 mg/L	8.3	ดีมาก
18/ก.ย./66	30°C	30 ppt	0.25 mg/L	136 mg/L	8.3	ดี
19/ก.ย./66	32°C	32 ppt	0.5 mg/L	136 mg/L	8.3	ดี
20/ก.ย./66	30°C	30 ppt	0.5 mg/L	153 mg/L	8.3	ดีมาก
21/ก.ย./66	32°C	32 ppt	0.5 mg/L	119 mg/L	8.4	ดีมาก
24/ก.ย./66	33°C	33 ppt	0.5 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี
25/ก.ย./66	32°C	33 ppt	0.25 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี
26/ก.ย./66	33°C	30 ppt	0.5 mg/L	161 mg/L	8.0	ดี
27/ก.ย./66	33°C	33 ppt	0.25 mg/L	170 mg/L	8.0	ดี
28/ก.ย./66	30°C	33 ppt	0.25 mg/L	170 mg/L	8.3	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 1

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 360 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	15.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	พบระยะ Cy
	21.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	03.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	09.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS= 3 ตัว
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว
	15.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	18.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	PS= 1 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	PS= 1 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว พบระยะ Ju
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 2

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 352 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	15.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	21.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	24.00 น.	30°C	29 ตัว	Nauplius VI	
	03.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	พบระยะ Cy
	06.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว
	09.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	TS= 1 ตัว
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	TS= 1 ตัว
	15.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	18.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	PS= 4 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	PS= 4 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 4 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 4 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 3

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 355 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	15.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
	21.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	เจอระยะ Cy
	24.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	
	03.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	
	09.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	
	15.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว
	18.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	TS= 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	21.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	PS= 1 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว พบระยะ Ju
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 4

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 356 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	15.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	21.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius VI	
	24.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
	03.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
	06.00 น.	30°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			2 ตัว	Cyprids	
	09.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS= 1 ตัว
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS= 1 ตัว
	15.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	PS= 2 ตัว
	18.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	PS= 2 ตัว
	21.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	PS= 2 ตัว
	24.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
			3 ตัว	Cyprids	PS= 1 ตัว
เพิ่ม 48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว พบระยะ Ju
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 3 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 5

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 346 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	15.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	27 ตัว	Nauplius VI	
	21.00 น.	30°C	26 ตัว	Nauplius VI	
	24.00 น.	30°C	26 ตัว	Nauplius VI	
	03.00 น.	30°C	26 ตัว	Nauplius VI	
	06.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ Cy
			2 ตัว	Cyprids	
	09.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	TS= 3 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	15.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	TS= 3 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	PS= 1 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
			4 ตัว	Cyprids	PS= 1 ตัว
48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว พบระยะ Ju
			0 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			0 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			0 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			0 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ซ้ำที่ 6

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 357 ชั่วโมง	09.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	12.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	
	15.00 น.	30°C	24 ตัว	Nauplius VI	
	18.00 น.	30°C	23 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ Cy
			1 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	30°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			1 ตัว	Cyprids	
	03.00 น.	30°C	19 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	09.00 น.	30°C	20 ตัว	Nauplius VI	TS= 1 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 24 ชั่วโมง	12.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	15.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	TS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	30°C	18 ตัว	Nauplius VI	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
			2 ตัว	Cyprids	PS= 2 ตัว
	21.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 1 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
เพิ่ม 48 ชั่วโมง	03.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			2 ตัว	Cyprids	
	06.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว พบระยะ Ju
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	12.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			1 ตัว	Cyprids	
			1 ตัว	Juvenile	
	15.00 น.	30°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS= 2 ตัว
			0 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 1

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 264 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	26 ตัว 4 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=4 ตัว
	15.00 น.	32°C	25 ตัว 5 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=5 ตัว
	18.00 น.	32°C	25 ตัว 5 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=5 ตัว
	21.00 น.	32°C	25 ตัว 5 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=5 ตัว
	24.00 น.	32°C	24 ตัว 6 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=6 ตัว
	03.00 น.	32°C	24 ตัว 6 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=6 ตัว
	06.00 น.	32°C	19 ตัว 11 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=6 ตัว
	09.00 น.	32°C	10 ตัว 20 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=6 ตัว
	12.00 น.	32°C	10 ตัว 20 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=6 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	15.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			22 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	7 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			23 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	32°C	7 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			23 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว พบระยะ Ju
			6 ตัว	Cyprids	
			6 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	0 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			15 ตัว	Cyprids	
			8 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	0 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			11 ตัว	Cyprids	
			12 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	0 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			11 ตัว	Cyprids	
			11 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 2

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 265 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	28 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	28 ตัว	Nauplius VI	
	15.00 น.	32°C	25 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			6 ตัว	Cyprids	TS=5 ตัว
	21.00 น.	32°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			6 ตัว	Cyprids	TS=5 ตัว
	24.00 น.	32°C	20 ตัว	Nauplius VI	
			8 ตัว	Cyprids	TS=5 ตัว
	03.00 น.	32°C	20 ตัว	Nauplius VI	
			8 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	06.00 น.	32°C	18 ตัว	Nauplius VI	
			9 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	09.00 น.	32°C	16 ตัว	Nauplius VI	
			11 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	12.00 น.	32°C	16 ตัว	Nauplius VI	
			11 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	15.00 น.	32°C	16 ตัว	Nauplius VI	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
			11 ตัว	Cyprids	PS=6 ตัว
	18.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			13 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว พบระยะ Ju
			9 ตัว	Cyprids	
			4 ตัว	Juvenile	
	24.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			6 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			6 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
			10 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	12 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			3 ตัว	Cyprids	
			9 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 3

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 259 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	29 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	28 ตัว 1 ตัว	Nauplius VI Cyprids	พบระยะ Cy
	15.00 น.	32°C	25 ตัว 3 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=3 ตัว
	18.00 น.	32°C	25 ตัว 3 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=3 ตัว
	21.00 น.	32°C	18 ตัว 9 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=3 ตัว
	24.00 น.	32°C	18 ตัว 9 ตัว	Nauplius VI Cyprids	TS=3 ตัว
	03.00 น.	32°C	15 ตัว 13 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=10 ตัว
	06.00 น.	32°C	15 ตัว 13 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=11 ตัว
	09.00 น.	32°C	10 ตัว 17 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=11 ตัว
	12.00 น.	32°C	10 ตัว 17 ตัว	Nauplius VI Cyprids	PS=11 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	15.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			18 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว พบระยะ Ju
			16 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	21.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			14 ตัว	Cyprids	
			4 ตัว	Juvenile	
	24.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			13 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			11 ตัว	Cyprids	
			7 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			11 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 4

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	31°C	31 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 259 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	31 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	27 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	พบระยะ Cy
	15.00 น.	32°C	20 ตัว	Nauplius VI	
			7 ตัว	Cyprids	TS=7 ตัว
	18.00 น.	32°C	20 ตัว	Nauplius VI	
			7 ตัว	Cyprids	TS=7 ตัว
	21.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	
			10 ตัว	Cyprids	TS=7 ตัว
	24.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	
			10 ตัว	Cyprids	PS=10 ตัว
	03.00 น.	32°C	15 ตัว	Nauplius VI	
			11 ตัว	Cyprids	PS=10 ตัว
	06.00 น.	32°C	12 ตัว	Nauplius VI	
			14 ตัว	Cyprids	PS=12 ตัว
	09.00 น.	32°C	12 ตัว	Nauplius VI	
			14 ตัว	Cyprids	PS=7 ตัว
	12.00 น.	32°C	12 ตัว	Nauplius VI	
			14 ตัว	Cyprids	PS=7 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	15.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			18 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			16 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	พบระยะ Ju
	21.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			14 ตัว	Cyprids	
			4 ตัว	Juvenile	
	24.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			13 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			11 ตัว	Cyprids	
			7 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			11 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=9 ตัว
			7 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 5

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	31 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	31 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	31°C	31 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 262 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	27 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	26 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ Cy
			1 ตัว	Cyprids	TS=1
	15.00 น.	32°C	23 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	TS=4 ตัว
	18.00 น.	32°C	22 ตัว	Nauplius VI	
			5 ตัว	Cyprids	TS=4 ตัว
	21.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	
			8 ตัว	Cyprids	TS=4 ตัว
	24.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	
			8 ตัว	Cyprids	TS=1 ตัว
	03.00 น.	32°C	17 ตัว	Nauplius VI	
			8 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	06.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	
			11 ตัว	Cyprids	PS=7 ตัว
	09.00 น.	32°C	11 ตัว	Nauplius VI	
			13 ตัว	Cyprids	PS=7 ตัว
	12.00 น.	32°C	11 ตัว	Nauplius VI	
			13 ตัว	Cyprids	PS=4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	15.00 น.	32°C	11 ตัว	Nauplius VI	PS=4 ตัว
			13 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=5 ตัว
			15 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว พบระยะ Ju
			13 ตัว	Cyprids	
			2 ตัว	Juvenile	
	24.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			10 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			10 ตัว	Cyprids	
			5 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			9 ตัว	Cyprids	
			6 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			9 ตัว	Cyprids	
			6 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 32°C ซ้ำที่ 6

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
28/ก.พ./67	09.00 น.	28°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	29°C	30 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	15.00 น.	30°C	30 ตัว	Nauplius V	
	18.00 น.	31°C	30 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	32°C	29 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	32°C	29 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	32°C	29 ตัว	Nauplius V	
เพิ่ม 258 ชั่วโมง	09.00 น.	32°C	27 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	32°C	24 ตัว	Nauplius VI	พบระยะ N6
	12.00 น.	32°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	พบระยะ Cy
	15.00 น.	32°C	21 ตัว	Nauplius VI	
			3 ตัว	Cyprids	TS=3 ตัว
	18.00 น.	32°C	19 ตัว	Nauplius VI	
			4 ตัว	Cyprids	TS=3 ตัว
	21.00 น.	32°C	16 ตัว	Nauplius VI	
			7 ตัว	Cyprids	TS=3 ตัว
	24.00 น.	32°C	13 ตัว	Nauplius VI	
			10 ตัว	Cyprids	TS=3 ตัว
	03.00 น.	32°C	11 ตัว	Nauplius VI	
			12 ตัว	Cyprids	TS=3 ตัว
	06.00 น.	32°C	11 ตัว	Nauplius VI	
			12 ตัว	Cyprids	PS=8 ตัว
	09.00 น.	32°C	10 ตัว	Nauplius VI	
			12 ตัว	Cyprids	PS=5 ตัว
	12.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	
			13 ตัว	Cyprids	PS=10 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	15.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			13 ตัว	Cyprids	
	18.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=6 ตัว
			12 ตัว	Cyprids	
	21.00 น.	32°C	9 ตัว	Nauplius VI	PS=7 ตัว
			12 ตัว	Cyprids	
	24.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว พบระยะ Ju
			5 ตัว	Cyprids	
			7 ตัว	Juvenile	
	03.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			5 ตัว	Cyprids	
			7 ตัว	Juvenile	
	06.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
			8 ตัว	Juvenile	
	09.00 น.	32°C	8 ตัว	Nauplius VI	PS=8 ตัว
			4 ตัว	Cyprids	
			3 ตัว	Juvenile	

*TS=Temporary Settlement, PS=Permanent Settlement, Cy=Cyprids และ Ju=Juvenile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 1

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	18.00 น.	33°C	31 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	21.00 น.	34°C	30 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	28 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	20 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	13 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	35°C	0 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

ตารางภาคผนวกที่ 15 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 2

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	33°C	30 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	34°C	29 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	25 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	13 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	8 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	35°C	0 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 16 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 3

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	33°C	29 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	34°C	29 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	17 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	7 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	0 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

ตารางภาคผนวกที่ 17 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 4

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	18.00 น.	33°C	32 ตัว	Nauplius V	
	21.00 น.	34°C	30 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	29 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	23 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	12 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	35°C	3 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 18 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 5

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	30 ตัว	Nauplius IV	
	18.00 น.	33°C	29 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	21.00 น.	34°C	29 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	29 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	21 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	6 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	35°C	0 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

ตารางภาคผนวกที่ 19 ตารางสุ่มตัวอย่างตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับ อุณหภูมิ 35°C ซ้ำที่ 6

วันที่/เดือน/พ.ศ.	เวลา	อุณหภูมิ	จำนวน	ระยะ	หมายเหตุ
	09.00 น.	30°C	32 ตัว	Nauplius IV	สุ่มครั้งแรก
	12.00 น.	31°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	15.00 น.	32°C	32 ตัว	Nauplius IV	
	18.00 น.	33°C	32 ตัว	Nauplius V	พบระยะ N5
	21.00 น.	34°C	31 ตัว	Nauplius V	
	24.00 น.	35°C	23 ตัว	Nauplius V	
	03.00 น.	35°C	23 ตัว	Nauplius V	
	06.00 น.	35°C	19 ตัว	Nauplius V	
	09.00 น.	35°C	0 ตัว	Nauplius V	

* N=Nauplius

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 20 ตารางสุ่มตัวอย่างพฤติกรรมการโบกพัด Cirri และความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 30°C

เวลา	ความถี่การโบกพัด Cirri (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	198	306	461	258	479	620
09.00 น.	200	300	455	260	470	655
เวลา	ความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	0	0	0	1	0	0
09.00 น.	0	0	0	0	1	0

ตารางภาคผนวกที่ 21 ตารางสุ่มตัวอย่างพฤติกรรมการโบกพัด Cirri และความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 32°C

เวลา	ความถี่การโบกพัด Cirri (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	490	289	418	395	479	402
09.00 น.	489	285	416	394	480	405
เวลา	ความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	1	4	2	3	0	2
09.00 น.	2	4	2	4	1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 22 ตารางสุ่มตัวอย่างพฤติกรรมการโบกพัด Cirri และความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ที่ระดับอุณหภูมิ 35°C

เวลา	ความถี่การโบกพัด Cirri (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	306	194	362	453	546	223
09.00 น.	300	200	360	453	540	224
เวลา	ความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum (ครั้ง/10 นาที)					
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5	ซ้ำที่ 6
21.00 น.	1	1	0	1	5	0
09.00 น.	1	1	1	0	1	1

ตารางภาคผนวกที่ 23 การทดสอบ t-test อัตรารอดของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C ($p < 0.05$)

ระยะ	อุณหภูมิ	N	Mean	S.D.	S.E.	D.F.	t	Sig.
Nauplius V	30°C	6	96.36	2.35	0.96	10	0.87	0.405
	32°C	6	94.27	5.38	2.20			
Nauplius VI	30°C	6	58.86	5.74	2.34	10	5.74	<0.001
	32°C	6	25	13.26	5.41			
Cyprids	30°C	6	5.21	1.61	0.66	10	-4.17	0.032
	32°C	6	21.36	9.36	3.82			
Juvenile	30°C	6	4.69	1.71	0.70	10	-4.08	0.012
	32°C	6	20.32	9.22	3.76			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 24 การทดสอบ t-test อัตราการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C ($p < 0.05$)

ระยะ	อุณหภูมิ	N	Mean	S.D.	S.E.	D.F.	t	Sig.
Nauplius V-VI	30°C	6	92.71	4.70	1.92	10	0.37	0.721
	32°C	6	91.67	5.10	2.08			
Nauplius VI-Cyprids	30°C	6	9.90	2.35	0.96	5.37	-7.92	<0.001
	32°C	6	50	12.18	4.97			
Cyprids-Juvenile	30°C	6	4.69	1.71	0.70	5.53	-7.56	<0.001
	32°C	6	28.13	7.40	3.02			

ตารางภาคผนวกที่ 25 การทดสอบ t-test ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระยะของตัวอ่อนเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ระยะ Nauplius V-Juvenile ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C ($p < 0.05$)

ระยะ	อุณหภูมิ	N	Mean	S.D.	S.E.	D.F.	t	Sig.
Nauplius V-VI	30°C	6	378.33	4.84	1.98	10	37.55	<0.001
	32°C	6	284	3.79	1.55			
Nauplius VI-Cyprids	30°C	6	12	5.69	2.32	5.46	3.58	0.014
	32°C	6	3.50	1.22	0.50			
Cyprids-Juvenile	30°C	6	100	5.69	2.32	7.51	26.94	<0.001
	32°C	6	29.50	2.95	1.20			

ตารางภาคผนวกที่ 26 อัตราการลงเกาะแบบชั่วคราวและแบบถาวรของตัวอ่อนเพรียงหิน *A. amphitrite* ระยะ Cyprids ในระดับอุณหภูมิ 30°C และ 32°C ($p < 0.05$)

ระยะ	อุณหภูมิ	N	Mean	S.D.	S.E.	D.F.	t	Sig.
Temporary Settlement	30°C	6	7.82	1.71	0.70	10	-3.04	0.012
	32°C	6	14.07	4.74	1.93			
Permanent Settlement	30°C	6	8.34	2.55	1.04	6.12	-5.58	<0.001
	32°C	6	26.57	7.59	3.10			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราความถี่ของการโบกพัด Cirri และอัตราความถี่ของการเปิด-ปิดฝา Operculum ในระดับอุณหภูมิ 30°C, 32°C และ 35°C ของเพรียงหิน *Amphibalanus amphitrite* ตัวเต็มวัย ($p < 0.05$)

ระยะ	อุณหภูมิ	N	Mean	S.D.	S.E.	D.F.	F	Sig.
Cirri	30°C	6	388.67	164.04	66.97	15	0.39	0.682
	32°C	6	412.17	73.09	29.84			
	35°C	6	346.83	133.73	54.49			
Operculum	30°C	6	0.33	0.52	0.21	15	8.70	0.003
	32°C	6	2.50	1.22	0.50			
	35°C	6	1.33	0.82	0.33			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมัคคุเทศก์ หมวดทองอ่อน
วัน เดือน ปีเกิด	8 กรกฎาคม 2537
ที่อยู่ปัจจุบัน	64 หมู่ 6 ตำบลห้วยยูง อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ 81130
ประวัติการศึกษา (2563)	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้