

วงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp.

REPRODUCTIVE CYCLE OF *Stenothyra* sp.



วรเชษฐ์ ท้วมสุวรรณ  
WORACHET THUAMSUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-AG-M-081-353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REPRODUCTIVE CYCLE OF *Stenothyra* sp



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE  
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

KMITL-2022-AG-M-081-353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2022

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

วงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอย

*Stenothyra* sp.

ชื่อนักศึกษา

นายวรเชษฐ์ ท้วมสุวรรณ

รหัสประจำตัว

59604054

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การประมง

พ.ศ.

2564

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ปวีณา ทวีกิจการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร.อิซาโอะ ชูซุย

### บทคัดย่อ

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา อัตราส่วนเพศ การพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และขนาดแรกสืบพันธุ์ ของหอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำหอยชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเก็บตัวอย่างหอยในแหล่งน้ำซึ่งเป็นเขตนํ้ากร่อย ในจังหวัดสมุทรสงคราม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบว่าหอยชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 0.80-3.00 มิลลิเมตร เปลือกมีรูปทรงรีลักษณะบางผิวเรียบ มีสีน้ำตาลเข้มขอบวนขวาเป็นเกลียว 5 รอบ สามารถแยกเพศผู้และเพศเมียได้จากอวัยวะสืบพันธุ์ที่พบในเพศผู้เท่านั้น โดยสังเกตได้อย่างชัดเจนในหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 มิลลิเมตรขึ้นไป อัตราส่วนระหว่างเพศผู้และเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 0.71:1.00 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $32.623$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.05$ ) จากการศึกษาด้วยวิธีการทางเนื้อเยื่อวิทยา พบว่าระยะการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ทั้งเพศผู้และเพศเมียสามารถแบ่งได้เป็น 5 ระยะ คือ ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ หอยชนิดนี้มีค่าขนาดแรกสืบพันธุ์ในแต่ละฤดู (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) เท่ากับ 1.71, 1.71 และ 1.63 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศผู้และเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.79 \pm 0.37$  และ  $1.81 \pm 0.34$  ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ( $GI = 2.10 - 2.45$ ) จากการศึกษาวิเคราะห์วงจรการสืบพันธุ์พบว่า หอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สองครั้งในรอบปีคือครั้งแรกในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ส่วนครั้งที่สองเกิดขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม โดยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับร้อยละของระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกคืออุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความเค็ม ส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ผลจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพื่อนำไปสู่การจัดการเพื่อนำหอยชนิดนี้มาใช้ประโยชน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Reproductive cycle of <i>Stenothyra</i> sp.
Student	Mr. Worachet Thuamsuwan
Student ID	59604054
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2021
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Paveena Taveekijakarn
Thesis Co-Advisor	Dr. Isao Tsutsui

### ABSTRACT

Morphology, sex ratio, gonadal development and size at first maturity were studied in *Stenothyra* sp. to be used as information for the utilization of this snail in combination with brackish aquaculture. *Stenothyra* sp. were collected from brackish water at Samut Songkhram province from January 2018 to February 2019. Size of *Stenothyra* sp. ranged between 0.80 – 3.00 mm in shell length (SL). The shells were ovate shape, thin, smooth surface, dark brown, with 5 dextral whorls. Males size longer than 1.60 mm SL can be distinguished by conspicuous penis. The sex ratio between male and female of *Stenothyra* sp. was 0.71:1.00 and show significant difference (32.623, df = 1,  $p < 0.05$ ). Gonadal development stage of *Stenothyra* sp. in male and female were classified into 5 stages including resting stage, developing stage, maturing stage, spawning stage and spent stage. Sizes at first maturity in each season (summer, rainy and winter) were 1.71, 1.71 and 1.63 mm SL respectively. The gonad index values (GI) between male and female of *Stenothyra* sp. were  $1.79 \pm 0.37$  and  $1.81 \pm 0.34$  and did not show significant difference ( $p < 0.05$ ). The highest GSI was found in June to August. There were two spawning periods per year, one from April to June and another from August to October. The percentage of spawning stage was positively correlated with temperature and rainfall, while it was negatively correlated with salinity. It has been shown that environmental factors, especially temperature rainfall and salinity,

affect to spawning of *Stenothyra* sp.. This study provides information of the reproductive biology of *Stenothyra* sp. in order to utilize this snail for aquaculture.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ปวีณา ทวีกิจการ และ ดร. อีชาโอะ ชูชุยอิจิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ไข ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผศ.คุสิต เอื้ออำนวย นางสาวปิยะรัตน์ ปิ่นภู นายกิตติพงษ์ เจนอักษร และนาย กฤษฏา มีทอง ที่คอยให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่าย Shrimp co-culture research laboratory (SCORL) ที่มอบความสะดวกสบายตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย รวมถึงอนุเคราะห์เครื่องมือ และ อุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ทำให้ข้าพเจ้าทำ วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะสามารถก่อให้เกิดความรู้แก่ผู้ที่สนใจ สิ่งที่ข้าพเจ้า ทำการศึกษาเป็นเพียงจุดเริ่มต้นสำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคต ประโยชน์และคุณค่าจาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทุกท่าน

วรเชษฐ์ ท้วมสุวรรณ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	
VIVIVI	
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	
VVIVIVI	
สารบัญภาพ.....	VIX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 หอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	3
2.1.1 ลักษณะทางชีววิทยาทั่วไปของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	3
2.1.2 อนุกรมวิธานของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	4
2.1.3 ถิ่นที่อยู่อาศัยของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	4
2.1.4 วงจรการพัฒนาตัวอ่อนของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	5
2.2 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว.....	7
2.2.1 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศผู้.....	8
2.2.2 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศเมีย.....	14
2.3 ขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว.....	18
2.4 วงรอบการสืบพันธุ์ (Reproductive cycle) ของหอยฝาเดียว.....	20
2.5 ปัจจัยที่ผลต่อวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์.....	22
2.5.1 ปัจจัยภายใน.....	22
2.5.2 ปัจจัยภายนอก.....	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	28
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	28
3.2 พื้นที่การศึกษาและการเก็บตัวอย่าง.....	29
3.3 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและอัตราส่วนเพศ.....	30
3.4 การศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์.....	30
3.5 การศึกษาระยะของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์.....	31
3.6 การศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ในรอบปี.....	33
3.7 ศึกษาพลวัตรประชากรของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	33
3.8 การหาค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ (Gonad index).....	33
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ .....	34
4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา.....	34
4.2 สภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษา.....	37
4.3 อัตราส่วนเพศ.....	41
4.4 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	44
4.4.1 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศผู้.....	44
4.4.2 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศเมีย.....	45
4.5 ระยะการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์.....	47
4.6 ขนาดแรกสืบพันธุ์.....	51
4.7 วงจรการสืบพันธุ์จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ (Histological analysis).....	56
4.8 พลวัตรประชากรของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	61
4.9 ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ (Gonad index).....	64
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	79

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงระยะเวลาของการพัฒนาในแต่ละระยะของหอย <i>Stenothyra</i> sp.....	6
2.2 ช่วงเวลาและฤดูกาลการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว.....	22
2.3 ฮอริโมนที่ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว.....	23
3.1 การจำแนกปริมาณเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆในอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์หอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	32
4.1 สัตว์ส่วนเพศของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562.....	43
4.2 จำนวนและร้อยละของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูร้อน.....	53
4.3 จำนวนและร้อยละของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูฝน.....	53
4.4 จำนวนและร้อยละของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูหนาว.....	54
ตารางภาคผนวกที่ 1 สภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562.....	74
ตารางภาคผนวกที่ 2 น้ำหนักของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ ในฤดูร้อน.....	75
ตารางภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ ในฤดูฝน.....	75
ตารางภาคผนวกที่ 4 น้ำหนักของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ในฤดู หนาว.....	76

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	3
2.2 แหล่งน้ำธรรมชาติที่พบหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	5
2.3 ระยะของเซลล์สืบพันธุ์หอยฝาเดียว <i>A. ancilla</i> เพศผู้ ประกอบไปด้วย sertoli cell (Ser), spermatogonia (sg), spermatocyte (sc), spermatids (st) และ spermatozoa (sz).....	9
2.4 ส่วนประกอบของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในหอยฝาเดียว.....	9
2.5 ลักษณะ testis ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ภายใน spermatogenic tubule lumen (STL) พบเพียงเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ spermatogonia และ spermatocytes.....	10
2.6 ลักษณะ testis ในระยะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีช่อง ว่างระหว่างผนังของหลอดสร้างอสุจิยังอยู่ติดกัน B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบ spermatogonia และ spermatocytes บริเวณขอบผนังหลอดสร้างอสุจิและพบ spermatozoa (Spz) เล็กน้อยที่บริเวณใกล้กับ spermatogenic tubule lumen (STL).....	11
2.7 ลักษณะ testis ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีช่องว่างระหว่างผนังของหลอดสร้างอสุจิห่างกัน B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบ spermatogonia และ spermatocytes เล็กน้อยบริเวณขอบผนังของหลอดสร้าง อสุจิและพบ spermatozoa ที่มีส่วนประกอบของ nucleus (Nez) และ flagellum (Fez).....	12
2.8 ลักษณะ testis ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีขนาด และช่องว่างระหว่างหลอดสร้างอสุจิลดลง B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis บริเวณ spermatogenic (spt) พบช่องว่างใน lumen (lu) จากการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และพบ spermatozoa (sz) บางส่วนใน seminal vesicle (sv).....	13
2.9 ลักษณะ testis ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีขนาด ลดลง และเกิดการสลายของผนังหลอดสร้างเซลล์อสุจิเกิดขึ้น B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบช่องว่างภายในและเกิดการสลายของผนังหลอดสร้างเซลล์อสุจิ พบเซลล์ สืบพันธุ์ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ undischarged sperm (Uds) หลงเหลืออยู่.....	14

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.10 ระยะเวลาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศเมีย A) ระยะเวลา oogonia , B) ระยะเวลา previtellogenic oocytes และ C) ระยะเวลา vitellogenic oocytes.....	15
2.11 ลักษณะ ovary ในระยะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์, A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่เซลล์ไข่ยังมีขนาดเล็ก, B) ลักษณะเนื้อเยื่อ ovary พบ previtellogenic oocytes (po) อยู่ที่ขอบของ follicle (fc).....	16
2.12 ลักษณะ ovary ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่มีขนาดใหญ่ B) ลักษณะของ vitellogenic oocytes (vo) เซลล์ไข่ ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ C) ลักษณะเนื้อเยื่อของ ovary ที่พบ vitellogenic oocytes (vo) อัดแน่นอยู่ภายใน.....	17
2.13 ลักษณะ ovary ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่มีขนาดเล็กและพบช่องว่างภายใน follicle มากขึ้น B) ลักษณะเนื้อเยื่อ ovary ที่เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนลดลง พบช่องว่างภายใน follicle.....	17
2.14 ลักษณะ ovary ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ B) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ ภายใน ovary ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....	18
2.15 แสดงช่วงเวลาการวางไข่ของหอย <i>Adelomelon ancilla</i> ในรอบปี ที่มีความสัมพันธ์ กับอุณหภูมิและช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน.....	27
3.1 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่าง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ; บริเวณเก็บตัวอย่าง (A), ทางเข้าของน้ำจากคลองลาดใหญ่สู่บริเวณเก็บตัวอย่าง (B), คลองลาดใหญ่ (C) .....	30
4.1 หอย <i>Stenothyra</i> sp. A: ลักษณะทางสัณฐานวิทยา, B: ลักษณะส่วนหัว, C: ลักษณะทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อหอย .....	36
4.2 ลักษณะภายนอกของหอย <i>Stenothyra</i> sp. A: หอย <i>Stenothyra</i> sp. ที่ทำการศึกษ และ B: หอย <i>Stenothyra krungtensis</i> .....	37
4.3 อุณหภูมิของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา และอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562.....	38
4.4 ความเค็มของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562.....	39

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.5 ปริมาณน้ำฝนในบริเวณที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2562.....	39
4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562.....	40
4.7 อัตราส่วนเพศของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2562.....	42
4.8 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศผู้ในระยะต่างๆ.....	45
4.9 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศเมียในระยะต่างๆ.....	46
4.10 ลักษณะอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. A: อวัยวะสร้างเซลล์ สืบพันธุ์ของหอยเพศผู้, B: อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย ; t = testis, o = ovary and dg = digestive gland .....	46
4.11 ลักษณะเนื้อเยื่อของ testis ในระยะต่างๆ A: ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, B: ระยะ พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, C: ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่, D: ระยะปล่อย เซลล์สืบพันธุ์ และ E: ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....	49
4.12 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของ ovary ในระยะต่างๆ A: ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, B: ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, C: ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่, D: ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ E: ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์.....	50
4.13 อัตราส่วนสืบพันธุ์และขนาดของหอย <i>Stenothyra</i> sp. A: ฤดูร้อน, B: ฤดูฝน และ C: ฤดูหนาว.....	55
4.14 วงจรการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศผู้.....	58
4.15 วงจรการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย <i>Stenothyra</i> sp. เพศเมีย.....	58
4.16 พลวัตประชากรของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562; S = หอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.8 – 1.59 มิลลิเมตร, M = หอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 – 1.99 มิลลิเมตร, L = หอยที่มีขนาด ตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรขึ้นไป และ n = จำนวนหอยทั้งหมด.....	63
4.16 ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอย <i>Stenothyra</i> sp. ....	66

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หอยฝาเดียวที่อาศัยอยู่ตามแนวป่าชายเลนหรือบริเวณน้ำกร่อย มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเนื่องจากเป็นผู้บริโภคอันดับต้นๆของห่วงโซ่อาหาร เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำชนิดอื่น หอยฝาเดียวเป็นหนึ่งสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในกลุ่มสัตว์หน้าดิน ที่มีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ จำนวนและชนิดของหอยฝาเดียวยังใช้เป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศป่าชายเลน มลพิษในแหล่งน้ำ รวมทั้งใช้ในการติดตามและประเมินผลการฟื้นตัวกลับคืนสู่สภาวะสมดุลของป่าชายเลนได้ หอยฝาเดียวเป็นสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่มีจำนวนมากที่สุดในระบบนิเวศป่าชายเลน (ณัฐกิตติ์, 2560) โดยชนิดของหอยฝาเดียวที่พบในระบบนิเวศป่าชายเลนมีหลากหลายชนิด ตัวอย่างที่พบได้แก่ *Planaxis* sp., *Stenothyra* sp. และ *Assimineia* sp. เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานพบหอยฝาเดียวในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งหอยฝาเดียวเหล่านี้มีความสำคัญในการหมุนเวียนธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยง และหอยฝาเดียวยังสามารถเป็นอาหารสมทบให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงอีกด้วย (Fujioka et al., 2007)

*Stenothyra* sp. หรือหอยปากกลม จัดอยู่ใน Family Stenothyridae จัดเป็นหอยฝาเดียวขนาดเล็ก มีขนาดตั้งแต่ 1-10 มิลลิเมตร พบการกระจายทั่วไปในทวีปเอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และยังพบการกระจายในประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น รวมไปถึงทางตอนเหนือของทวีปออสเตรเลีย สามารถแบ่งกลุ่มตามที่อยู่อาศัยได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดบริเวณแม่น้ำ บึง คลอง เช่น *Stenothyra koratensis* (รุจิรา และคณะ, 2013) และกลุ่มที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย เช่น *Stenothyra polita* และ *Stenothyra prasongi* (Hena et al., 2004) ในประเทศไทยมีรายงานการพบหอยฝาเดียวสกุล *Stenothyra* ทั้งหมด 32 ชนิด แบ่งเป็นหอยที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย 16 ชนิด และหอยที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด 16 ชนิด โดยมีรายงานการนำหอย *Stenothyra* sp. ไปใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารสมทบของกุ้งกุลาดำ ร่วมกับสาหร่าย *Cheatomorpha* sp. ซึ่งพบว่ากุ้งกุลาดำในชุดการทดลองที่ให้สาหร่าย *Cheatomorpha* sp. และ หอย *Stenothyra* sp. เป็นอาหารสมบวมมีการเจริญเติบโต รวมไปถึงผลผลิตที่ดีกว่าชุดการทดลองที่ให้แต่อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (Tsutsui et al., 2021) ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงกุ้งในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลทางชีววิทยาของหอยชนิดนี้ยังมีไม่มาก และยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับวงจรการสืบพันธุ์และการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้ข้อมูลพื้นฐานของหอยชนิดนี้มีน้อยไม่เพียงพอในการส่งเสริมให้นำมาใช้ประโยชน์

ดังนั้นการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา อัตราส่วนเพศ การพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. และวงจรการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบปี จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ ช่วงของการเปลี่ยนแปลงประชากรของหอย *Stenothyra* sp. ในรอบปี เพื่อการนำหอยชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำต่อไป

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และอัตราส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp.
- 1.2.2 ศึกษาการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp.
- 1.2.3 หาขนาดแรกสืบพันธุ์ (Size at first maturity)  $L_{50}$  ของหอย *Stenothyra* sp.
- 1.2.4 ศึกษาวงจรการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในรอบปี
- 1.2.5 ศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp.

## 1.3 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ใช้เวลาในการดำเนินการศึกษา 2 ปี

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ วงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ และปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของหอยชนิดนี้ และทำให้ทราบถึงช่วงของการเปลี่ยนแปลงประชากรของหอยชนิดนี้ในรอบปี ตลอดจนการนำไปใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลน และการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารสมทบในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

## บทที่ 2

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หอย *Stenothyra* sp.

##### 2.1.1 ลักษณะทางชีววิทยาทั่วไปของหอย *Stenothyra* sp.

หอยชนิดนี้เป็นหอยฝาเดียวที่มีขนาดเล็ก มีขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ยโดยประมาณ 2 ถึง 4 มิลลิเมตร ลักษณะทางชีววิทยาของหอยชนิดนี้จะมีเปลือกที่เป็นทรงรีสีน้ำตาลเข้มและขดเป็นเกลียวเปลือกบางและผิวเรียบ ส่วนบอร์ดีเวิร์ล (body whorl) มีขนาดใหญ่กว่าสไปร์ (spires) มีขนาด 3 ใน 4 ของความยาวเปลือก ปากเปลือกมีขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 ถึง 0.9 มิลลิเมตร และเป็นรูปรี ในบริเวณส่วนหัวจะมีดวงตาสีดำหนึ่งคู่ที่โคนของหนวด หนวดมักมีความยาวมากกว่าส่วนของสเนท (snout) และพบจุดสีดำและเหลืองกระจายอยู่ทั่วตามหัว หนวดและเท้า หอยในครอบครัว Stenothyridae จะใช้ลักษณะของปากเปลือก ลักษณะและสีของเปลือก ลักษณะของการขดเกลียว ความยาวเปลือก เป็นตัวจำแนกสายพันธุ์ของหอยชนิดนี้ ในการจำแนกชนิดของหอย *Stenothyra* มีวิธีการจำแนกอยู่ 2 วิธี คือ 1) การตรวจสอบในระดับชีวโมเลกุล และ 2) การจำแนกจากลักษณะรูปร่างและสีของเปลือก ในประเทศไทยมีรายงานการพบหอย *Stenothyra* ที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อยทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งมีการจำแนกตามวิธีการของ Brandt (1974)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของหอย *Stenothyra* sp.

### 2.1.2 อนุกรมวิธานของหอย *Stenothyra* sp.

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Subclass Orthogastropoda

Order Caenogastropoda

Suborder Haypsogastropoda

Infraorder Littorinimorpha

Superfamily Risssooidea

Family Stenothyridae

Genus *Stenothyra*

### 2.1.3 ถิ่นที่อยู่อาศัยของหอย *Stenothyra* sp.

พบการกระจายทั่วไปในทวีปเอเชียใต้ ในบริเวณประเทศปากีสถานจนถึงประเทศพม่า ส่วนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบในหลายประเทศเช่นประเทศไทย อินโดนีเซีย และ ฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ยังพบการกระจายในประเทศจีน ญี่ปุ่น รวมไปถึงทางตอนเหนือของทวีปออสเตรเลียและในประเทศปาปัวนิวกินี สามารถแบ่งกลุ่มตามที่อยู่อาศัยได้เป็น 2 กลุ่มคือหอยที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำ บึง คลอง เช่น *Stenothyra koratensis* (รุจิรา และคณะ, 2013) และหอยที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย เช่น *Stenothyra polita* และ *Stenothyra prasongi* (Hena et al., 2004) ในประเทศไทยพบหอย *Stenothyra* ทั้งหมด 32 ชนิด แบ่งเป็นหอยที่อาศัยในน้ำจืด 16 ชนิด และหอยที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย 16 ชนิด หอยที่อาศัยในบริเวณน้ำกร่อยจะพบกระจายตามแนวป่าชายเลน ที่มีดินเป็นลักษณะทรายปนโคลน และในบริเวณที่เป็นบ่อน้ำนิ่งที่ไม่ลึกมาก หอย *Stenothyra* sp. จัดเป็นหอยฝาเดี่ยวขนาดเล็กใช้อวัยวะที่เรียกว่า แรดูลา (radula) ซึ่งเป็นอวัยวะคล้ายฟันในสัตว์ชั้นสูง ในการกินอาหารโดยการขูดแทะ ซากพืช ซากสัตว์ ไดอะตอมที่เกาะตามผิวของสาหร่าย (บพิธ และนันทพร, 2544) โดยลักษณะการอยู่อาศัยตามธรรมชาติจะพบอยู่ได้หลายรูปแบบ เช่น ลอยอยู่ที่ผิวน้ำ อาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน เกาะติดอยู่กับสาหร่ายหรือวัตถุชนิดอื่น เช่น ขอนไม้ ก้อนหิน เป็นต้น (Sri-aroon et al., 2005) หอยชนิดนี้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง นอกจากนี้ยังมีรายงานพบหอย *Stenothyra* sp. ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งหอยชนิดนี้มีความสำคัญในการหมุนเวียนธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยง และยังสามารถเป็นอาหารสมทบให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงอีกด้วย (Fujioka et al., 2007)



ภาพที่ 2.2 แหล่งน้ำธรรมชาติที่พบหอย *Stenothyra* sp.

#### 2.1.4 วงจรการพัฒนาตัวอ่อนของหอย *Stenothyra* sp.

จากการศึกษาของ ประภักษ์ (2556) พบว่าการพัฒนาตัวอ่อนของหอย *Stenothyra* sp. สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะเวลาใหญ่ๆคือ

1. ระยะของไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว (fertilized egg) หอยจะวางไข่ติดอยู่กับสาหร่าย ก้อนหิน กิ่งไม้ เป็นต้น ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 1-2 ชั่วโมง ก็จะมีการแบ่งเซลล์ภายในไข่ (cleavage stage) ซึ่งการแบ่งเซลล์ของหอยชนิดนี้จะเกิดขึ้นทั้งหมด 6 ครั้ง จนได้เซลล์ใหม่ทั้งหมด 64 เซลล์ใช้ระยะเวลาประมาณ 8 – 9 ชั่วโมง หลังจากนั้นอีก 1-2 ชั่วโมง ตัวอ่อนจะเข้าสู่ระยะบลาสตูลา (blastula stage) ในระยะนี้เซลล์มีการจัดเรียงเซลล์เป็นชั้นเดียวทำให้เกิดช่องกลวงภายในเรียกว่า blastocoel และเข้าสู่ระยะแกสตรูลา (gastrula stage) เป็นระยะที่ตัวอ่อนสร้างเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm) เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) และเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) พร้อมทั้งมีการสร้างช่องว่างใหม่เรียกว่า gastrocoel และมีการม้วนตัวของเซลล์ผ่านเข้าช่องว่างภายใน โดย 2 ระยะนี้ใช้เวลาในการพัฒนาประมาณ 20 ชั่วโมง และหลังจากนั้นตัวอ่อนของหอยจะเข้าสู่ระยะโทรโคฟอร์ (trochophore larva) ในระยะนี้เซลล์แต่ละชั้นจะเกิดการพัฒนากลายเป็นอวัยวะต่างๆ โดยเนื้อเยื่อชั้นนอกพัฒนา

เป็นระบบประสาท ระบบท่อหมุนร่างกาย ผิวหนัง เลนส์ตา เนื้อเยื่อชั้นกลางพัฒนาเป็นระบบกล้ามเนื้อ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสืบพันธุ์ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนโลหิต และกระดูก เนื้อเยื่อชั้นในพัฒนาเป็นระบบย่อยอาหาร ระบบหายใจ และหลังจากนั้นตัวอ่อนจะพัฒนาเข้าสู่ระยะ early veliger และหลังจากนั้นประมาณ 20 – 25 ชั่วโมง ตัวอ่อนจะเข้าสู่ระยะฟักตัว (hatching) สรุประยะเวลาการพัฒนาหลังจากวางไข่จนถึงไข่ฟักตัวใช้ระยะเวลาประมาณ 2 – 3 วัน (ตารางที่ 2.1)

2. หลังจากไข่ฟักตัว ตัวอ่อนของหอยจะเข้าสู่ระยะ late veliger หลังจากนั้นประมาณ 6 – 7 วัน หอยก็จะเริ่มหาวัสดุในการยึดเกาะ เช่น สาหร่าย ก้อนหิน กิ่งไม้ เป็นต้น (ตารางที่ 2.1)

3. หลังจากหอยเข้าสู่ระยะลงเกาะ (creeping larva) หลังจากนั้น 20 – 30 วันถัดมา ลูกหอยก็จะพัฒนารูปร่างอย่างสมบูรณ์ มีการสร้างเปลือกห่อหุ้มร่างกาย พัฒนาอวัยวะต่างๆอย่างสมบูรณ์และเข้าสู่ระยะโตเต็มวัย (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 แสดงระยะเวลาของการพัฒนาในแต่ละระยะของหอย *Stenothyra* sp

ระยะของหอย <i>Stenothyra</i> sp	ระยะเวลาในการพัฒนา (ชั่วโมง)
Fertilized egg	1 – 2
2cell (1 <sup>st</sup> cleavage)	2
4cell (2 <sup>nd</sup> cleavage)	3
8cell (3 <sup>rd</sup> cleavage)	4
16cell (4 <sup>th</sup> cleavage)	5
32cell (5 <sup>th</sup> cleavage)	7
64cell (6 <sup>th</sup> cleavage)	8 - 9
Trochophore	30
Early veliger	35
Hatching	2.5 – 3 วัน
Late veliger	5 – 5.5 วัน
Creeping larva	8 – 8.5 วัน
Adult	28 – 30 วัน

ที่มา : ประพัทธ์ (2556)

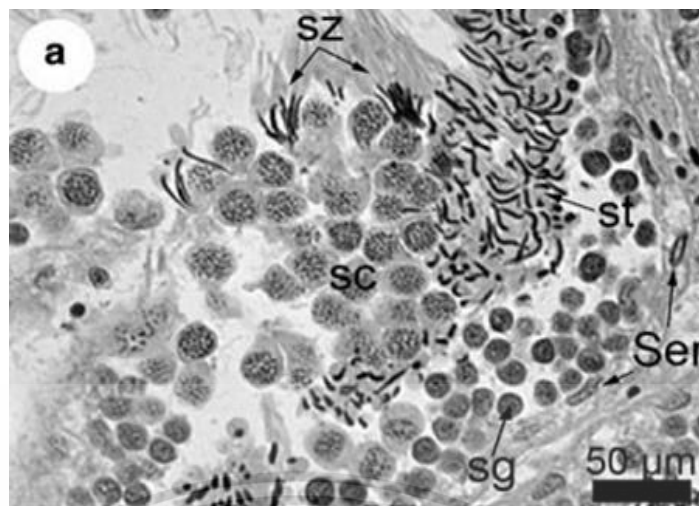
## 2.2 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว

โดยทั่วไปหอยฝาเดียวจะมีลักษณะภายนอกของเปลือก และลำตัวระหว่างเพศผู้กับเพศเมียไม่แตกต่างกัน แต่มีหอยฝาเดียวบางชนิดสามารถแยกเพศผู้และเพศเมียได้หลังจากการถอดเปลือก อย่างเช่นในหอย *Adelomelon brasiliana* หลังจากการถอดเปลือกจะพบอวัยวะที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของหอยเพศผู้ ที่เรียกว่า conspicuous penis มีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตร โดยอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonad) จะอยู่ภายในบริเวณด้านท้อง และอยู่ติดกับ hepatopancreas (Cledon *et al.*, 2005) หอยฝาเดียวส่วนใหญ่โดยเฉพาะหอยที่อาศัยอยู่ในบริเวณน้ำกร่อยหรือบริเวณชายฝั่งจะมีเพศแยก ส่วนหอยฝาเดียวบางชนิดที่มีเพศรวม ถึงแม้จะสร้างอสุจิและไข่ในตัวเดียวกัน แต่เซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองจะสุกไม่พร้อมกัน ส่วนการปฏิสนธิมี 2 ลักษณะ คือ การปฏิสนธินอกตัว และการปฏิสนธิในตัว การปฏิสนธินอกตัวนั้น หอยจะไม่มี การจับคู่ผสมพันธุ์ เพศผู้และเพศเมียต่างปล่อยอสุจิและไข่งน้ำ การปฏิสนธิเกิดในน้ำ เมื่ออสุจิและไข่ มีโอกาสมาอยู่ในที่เดียวกัน ในกรณีนี้อาจมีไข่หอยจำนวนมากที่ไม่ได้รับการผสม เนื่องจากถูกกระแสน้ำพัดพาไปในบริเวณที่ไม่มีอสุจิ ส่วนการปฏิสนธิในตัว หอยจะจับคู่กัน จากนั้นเพศผู้ปล่อยน้ำเชื้อเข้าไปในท่อหน้าไข่ของเพศเมีย และเกิดการปฏิสนธิในบริเวณนี้ ไข่ส่วนมากจะได้รับการผสม หอยที่มีเพศรวมจะมีการผสมข้ามตัว ไข่ที่อยู่ในท่อหน้าไข่จะค่อยๆ เคลื่อนตัวมาตามท่อ และก่อนที่แม่หอยจะวางไข่ จะมีการสร้างวุ้นหรือปลอกหุ้มไข่ไว้ก่อน จึงวางไข่ ภายในวุ้นหรือภายในแต่ละปลอกนั้นจะมีไข่จำนวนมาก ไข่มักถูกวางรวมกันเป็นกระจุก โดยอาจติดอยู่ตามสาหร่ายหรือวัตถุที่อยู่ในน้ำ เช่น ก้อนหิน ท่อนไม้ เปลือกหอยเก่า การเจริญเติบโตของตัวอ่อนที่เกิดจากวิธีการปฏิสนธิต่างกันจะมีความแตกต่างกันไป หอยที่มีการปฏิสนธินอกตัวนั้น ตัวอ่อนเมื่อฟักออกจากไข่ มีรูปร่างคล้ายลูกข่าง มีขนเรียงเป็นแถบรอบตัวและไม่มีเปลือก เรียกว่า ตัวอ่อนระยะโทรโคฟอร (trochophore) ซึ่งจะลอยตัวอยู่ในทะเล จากนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยสร้างวิลัม (velum) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง มีขนตามขอบ เพื่อใช้ในการช่วยพยุงตัวและว่ายน้ำ พร้อมๆ กับเริ่มสร้างเปลือกคลุมตัวเรียกว่า ตัวอ่อนระยะเวลิจเจอร์ (veliger) รูปร่างเปลือกของตัวอ่อน veliger ในหอยแต่ละกลุ่ม มีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น ตัวอ่อน veliger ของหอยเป่าฮื้อ มีเปลือกรูปร่างกลม ส่วนหอยนางรมมีเปลือกรูปร่างคล้ายอักษรตัว D ในระยะแรก และเปลี่ยนเป็นรูปคล้ายสามเหลี่ยมในระยะต่อมา ตัวอ่อน veliger จะค่อยๆ เปลี่ยนรูปร่างไป โดย velum มีขนาดเล็กลงและค่อยๆ หดหายไป เปลือกมีขนาดใหญ่ขึ้นและหุ้มตัวไว้ทั้งหมด จากนั้นจะค่อยๆ จมตัวลงสู่พื้น โดยอาจคืบคลานอยู่ตามพื้นใต้น้ำ หรือเกาะติดอยู่ตามก้อนหินและวัตถุอื่นๆ เรียกว่าระยะลงเกาะ (creeping larvae) ซึ่งจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ส่วนหอยที่มีการปฏิสนธิในตัวนั้น เมื่อไข่ฟักตัวเป็นตัวอ่อน trochophore จะเจริญอยู่ภายในวุ้นหรือปลอกไข่ระยะหนึ่ง จนเมื่อเจริญเป็นตัว

อ่อน veliger แล้ว จึงออกจากเปลือกไข่อยู่น้ำ แล้วเจริญเติบโตเป็นลูกหอยและตัวเต็มวัย (จินตมาศ, 2551)

### 2.2.1 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศผู้

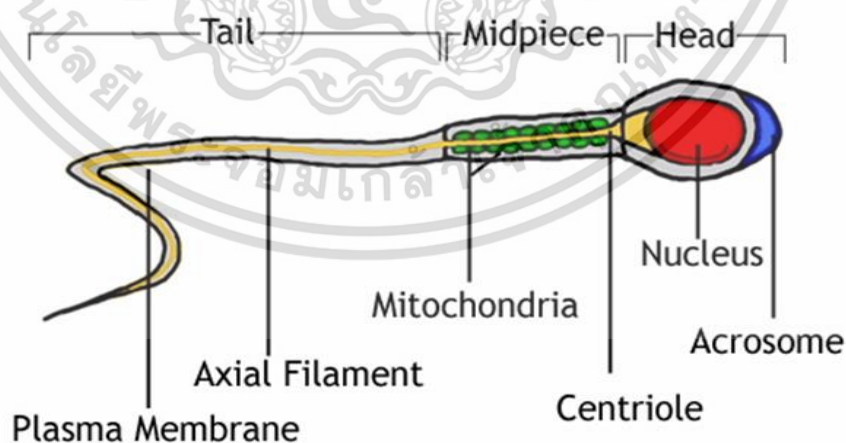
อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศผู้ (testis) จะมีสีน้ำตาลเข้มไปจนถึงสีดำ สามารถสังเกตได้ง่ายเนื่องจากจะมีสีที่แตกต่างจาก hepatopancreas ที่อยู่ติดกันอย่างชัดเจน ภายในของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีหลอดสร้างอสุจิ (seminiferous tubules) สีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเชื่อมติดกันคล้ายกับเขาวงกต เซลล์ของเยื่อที่เป็นเซลล์ขนาดใหญ่กว่าเซลล์สืบพันธุ์เรียกว่า เซอร์ทอร์ไลเซลล์ (sertoli cell) เชื่อว่าเป็นเซลล์ที่ผลิตสารหล่อเลี้ยงตัวอสุจิ บางทีจึงเรียกเซลล์นี้ว่าเซลล์ค้ำจุน (sustentacular cells) หรือเซลล์พยาบาล (nurse cells) เมื่อ อังทอะอยู่ในระยะพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ภายใน หลอดสร้างอสุจิ จะเต็มไปด้วยสเปิร์มของน้ำเชื้อ และ หลอดสร้างอสุจิ ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปตามระยะของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Rocha, 2002) ในการศึกษาทางพยาธิสภาพ ขบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatogenesis) จะเริ่มจากการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) ของเซลล์สืบพันธุ์ระยะแรก (primary germ cell) ที่อยู่รอบๆ ผนังของหลอดสร้างอสุจิ ให้สเปิร์มาโตโกเนียระยะแรก (primary spermatogonia) และระยะที่สอง (secondary spermatogonia) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นนิวเคลียสทรงกลม ต่อมาสเปิร์มาโตโกเนียระยะที่สองจะเปลี่ยนไปเป็นสเปิร์มาโตไซต์ระยะแรก (primary spermatocyte) ซึ่งจะแบ่งตัวแบบไมโอซิส (meiosis) ต่อไปเป็นสเปิร์มาโตไซต์ระยะที่สอง (secondary spermatocyte) โดยนิวเคลียสจะมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากนั้นจะมีการแบ่งตัวแบบไมโอซิสขั้นสุดท้ายเปลี่ยนแปลงไปเป็นสเปิร์มาติด (spermatid) ซึ่งนิวเคลียสจะมีขนาดเล็กและมีลักษณะเป็นรูปทรงรี การสร้างสเปิร์มาโตไซต์ระยะแรกและระยะที่สอง และสเปิร์มาติด (spermatid) เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากผนังเซลล์เข้าสู่ศูนย์กลางของ lumen สเปิร์มาติดจะเปลี่ยนแปลงเป็นสเปิร์มาโตซัว (spermatozoa) ซึ่งจะพบว่ามีหางและจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มจนเต็ม lumen (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 ระยะของเซลล์สืบพันธุ์หอยฝาเดียว *Adelomalon ancilla* เพศผู้ ประกอบด้วย sertoli cell (Ser), spermatogonia (sg), spermatocyte (sc), spermatids (st) และ spermatozoa (sz)

ที่มา : Penchaszaden *et al.* 2009

อสุจิของหอยฝาเดียวมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับอสุจิของสัตว์ทั่ว ๆ ไป คือ ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนหาง ส่วนหัวมีนิวเคลียส (nucleus) มีอะโครโซม (acrosome) ซึ่งมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยผนังของไข่ ส่วนกลางของอสุจิมียไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ล้อมรอบเซนทริโอล (centriole) ส่วนหางของอสุจิ คือ แฟลเจลลัม (flagellum) ใช้ในการเคลื่อนที่ (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในหอยฝาเดียว

ที่มา : <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/macrozoospermia>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

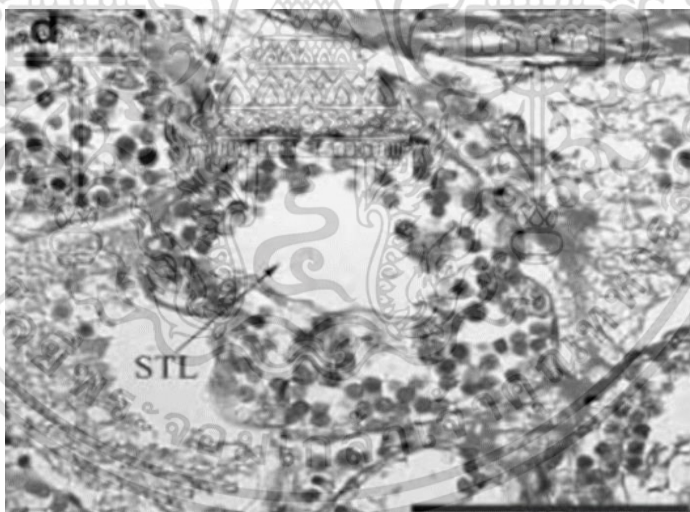
การพัฒนาของ testis ในหอยฝาเดียวส่วนใหญ่จะแบ่งระยะของการพัฒนาออกเป็น 5 ระยะคือ

### 1. ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว

เป็นระยะที่ testis พักตัวและเตรียมเริ่มวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ใหม่ ภายใน พบผนังของหลอดสร้างอสุจิ ที่มีลักษณะหนาและสั้น ในระยะนี้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนน้อย จะพบเพียง spermatogonia และ spermatocytes ตามขอบผนังของหลอดสร้างอสุจิเท่านั้น (ภาพที่ 2.5)

### 2. ระยะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์

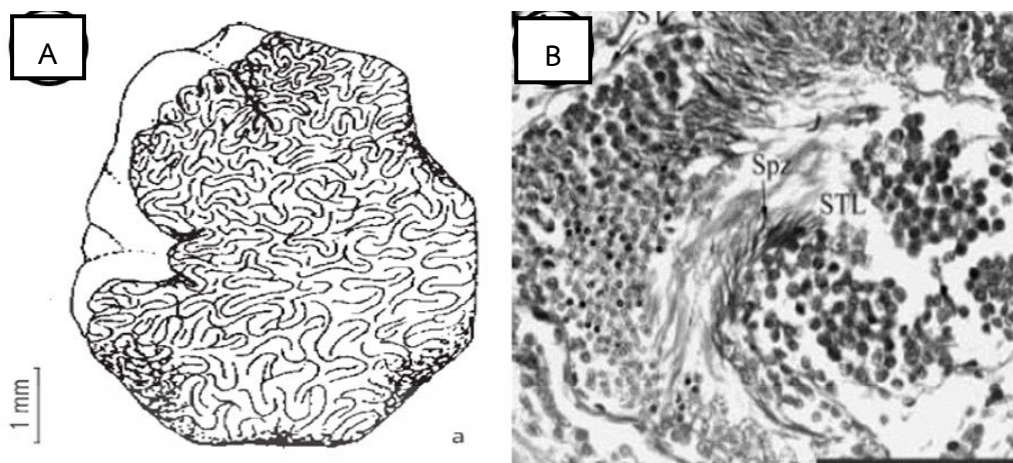
ในระยะนี้ testis จะมีขนาดที่ครอบคลุมบริเวณด้านท้องเกือบทั้งหมด พบผนังของหลอดสร้างอสุจิที่มีลักษณะเป็นเส้นสั้น รวมตัวกันปรากฏเห็นเป็นช่องแคบๆคล้ายกับเขาวงกต (ภาพที่ 4a) ในระยะเริ่มของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ germ cell จะเริ่มทำการแบ่งตัวตามกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ตามขอบผนังของหลอดสร้างอสุจิพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ spermatogonia และ spermatocytes เป็นจำนวนมาก แต่ก็สามารถพบ spermatid และ spermatozoa บ้างเล็กน้อยอยู่ตรงกลางของหลอดสร้างอสุจิใกล้บริเวณ lumen (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะ testis ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ภายใน spermatogenic tubule lumen (STL) พบเพียงเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ spermatogonia และ spermatocytes

ที่มา : Penchaszadeh and Gimenez (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

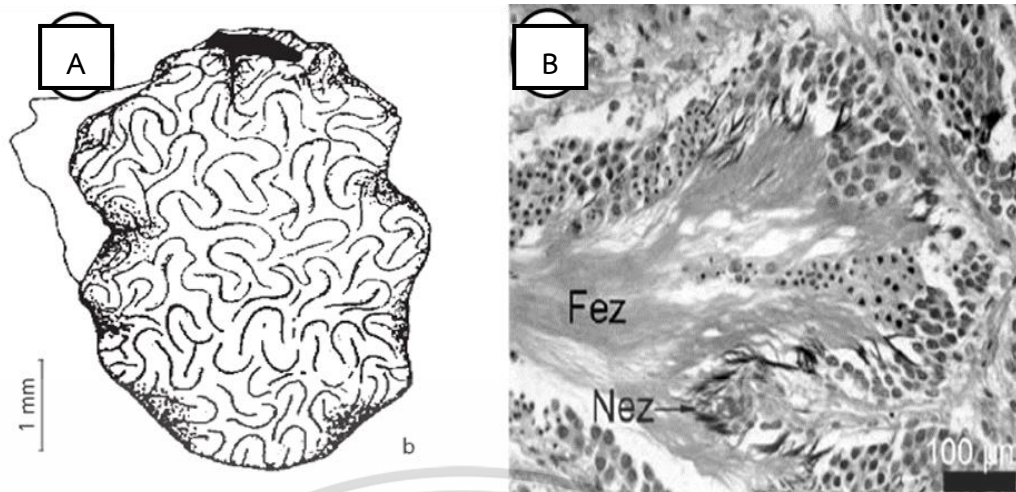


ภาพที่ 2.6 ลักษณะ testis ในระยะพัฒนาเซลล์สเปิร์ม A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีช่องว่างระหว่างผนังของหลอดสร้างอสุจิยังอยู่ชิดกัน B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบ spermatogonia และ spermatocytes บริเวณขอบผนังหลอดสร้างอสุจิและพบ spermatozoa (Spz) เล็กน้อยที่บริเวณใกล้กับ spermatogenic tubule lumen (STL)

ที่มา : Rocha (2002) (A), Penchaszadeh and Gimenez (2002) (B)

### 3. ระยะเซลล์สเปิร์มพัฒนาสมบูรณ์

ในระยะนี้ testis จะมีขนาดใหญ่ขึ้นครอบคลุมบริเวณด้านท้องทั้งหมด หลอดสร้างอสุจิจะยืดยาว มีผนังบางลง และมีช่องว่างระหว่าง หลอดสร้างอสุจิมากขึ้นในระยะนี้ testis จะสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายที่สุด เนื่องจากจะปรากฏสีขาวขุ่นของน้ำเชื้อเป็นจำนวนมากอย่างชัดเจน ภายในจะพบเซลล์สเปิร์มในระยะ spermatozoa ซึ่งเป็นเซลล์สเปิร์มที่อยู่ในระยะสมบูรณ์ รวมตัวกันอยู่ตรงกลางของหลอดสร้างอสุจิ แต่ในระยะนี้ยังสามารถพบเซลล์สเปิร์มในระยะ spermatid และ spermatozoa อยู่บ้าง (ภาพที่ 2.7)

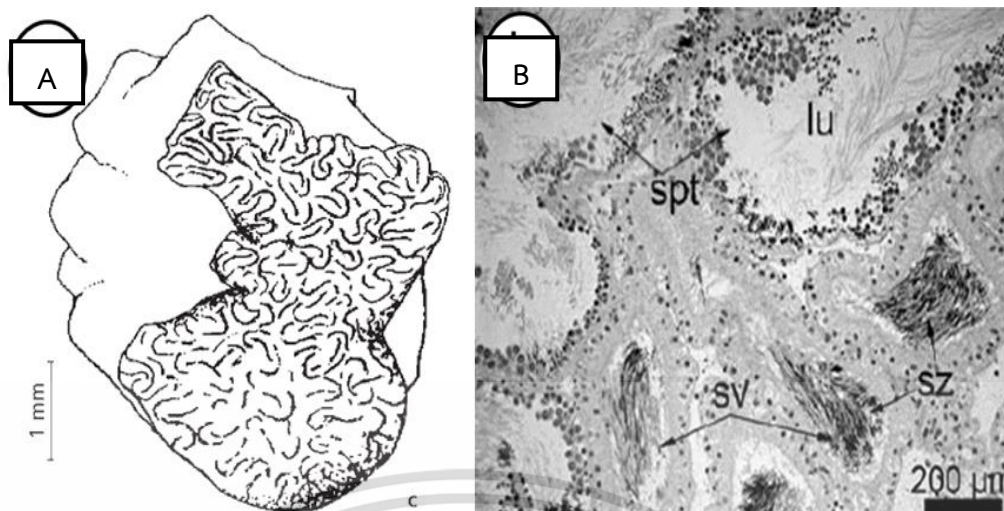


ภาพที่ 2.7 ลักษณะ testis ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีช่องว่างระหว่างผนังของหลอดสร้างอสุจิห่างกัน B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบ spermatogonia และ spermatocytes เล็กน้อยบริเวณขอบผนังของหลอดสร้างอสุจิและพบ spermatozoa ที่มีส่วนประกอบของ nucleus (Nez) และ flagellum (Fez)

ที่มา : Rocha (2002) (A), Penchaszadeh *et al.* (2009) (B)

#### 4. ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

เมื่อเซลล์สืบพันธุ์อยู่ในระยะพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แล้วจะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้น ในระยะนี้ เมื่อมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จะพบว่า testis มีขนาดที่เล็กลง โดยผนังของหลอดสร้างอสุจิเริ่มหดสั้นกลับมา มีลักษณะเป็นช่องแคบอีกครั้ง และจะพบว่ามีส่วนเริ่มสลาย ในระยะนี้จะพบ spermatozoa หลงเหลือรวมตัวกันเป็นกลุ่มเล็กๆ โดยที่ภายในจะพบช่องว่างจากการที่เซลล์สืบพันธุ์ถูกปล่อยแล้ว แต่ตามขอบของผนังหลอดสร้างอสุจิ ยังสามารถพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ spermatogonia และ spermatocytes อยู่บ้างเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 2.8)

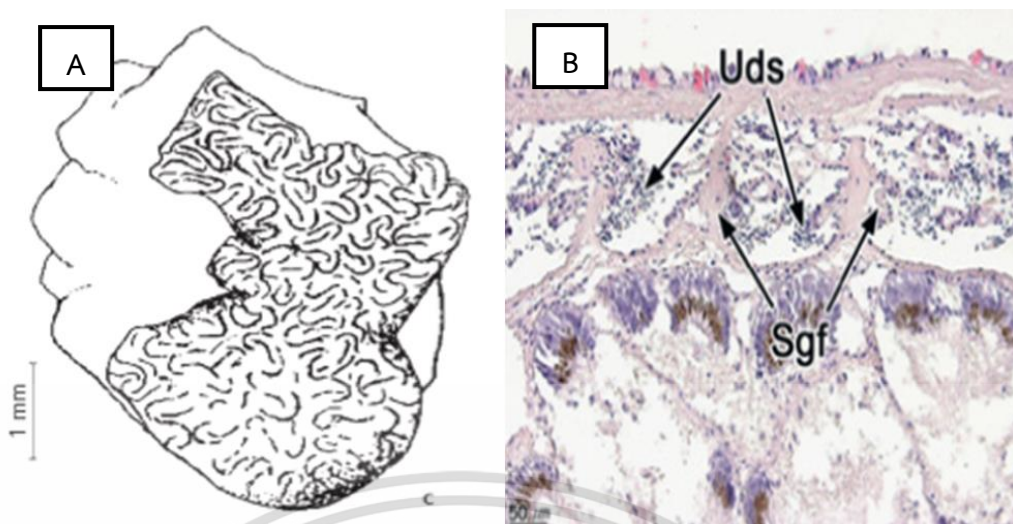


ภาพที่ 2.8 ลักษณะ testis ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีขนาดและช่องว่างระหว่างหลอดสร้างอสุจิลดลง B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis บริเวณ spermatogenic (spt) พบช่องว่างใน lumen (lu) จากการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และพบ spermatozoa (sz) บางส่วนใน seminal vesicle (sv)

ที่มา : Rocha (2002) (A), Penchaszadeh *et al.* (2009) (B)

#### 5. ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

หลังจากเซลล์สืบพันธุ์ถูกปล่อยจนหมดแล้ว testis มีขนาดเล็กลงอย่างเห็นได้ชัดหลอดสร้างอสุจิ จะค่อยๆสลายตัวเพื่อนำสารอาหารกลับไปใช้ใหม่ โดยส่วนใหญ่ในระยะนี้จะไม่พบเซลล์สืบพันธุ์หลงเหลือแล้ว จะสังเกตเห็นช่องว่างภายใน testis แต่ก็อาจจะมีเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ (undischarged sperm) หลงเหลืออยู่เล็กน้อยตามบริเวณ lumen หลังจากนั้น testis จะเข้าสู่ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัวเพื่อเข้าสู่วงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์รอบใหม่ (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 ลักษณะ testis ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ testis ที่มีขนาดลดลง และเกิดการสลายของผนังหลอดสร้างเซลล์อสุจิเกิดขึ้น B) ลักษณะเนื้อเยื่อ testis พบช่องว่างภายในและเกิดการสลายของผนังหลอดสร้างเซลล์อสุจิ พบเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ undischarged sperm (Uds) หลงเหลืออยู่ ; ผนังของหลอดสร้างอสุจิ spermatogenic follicle (Sgf)

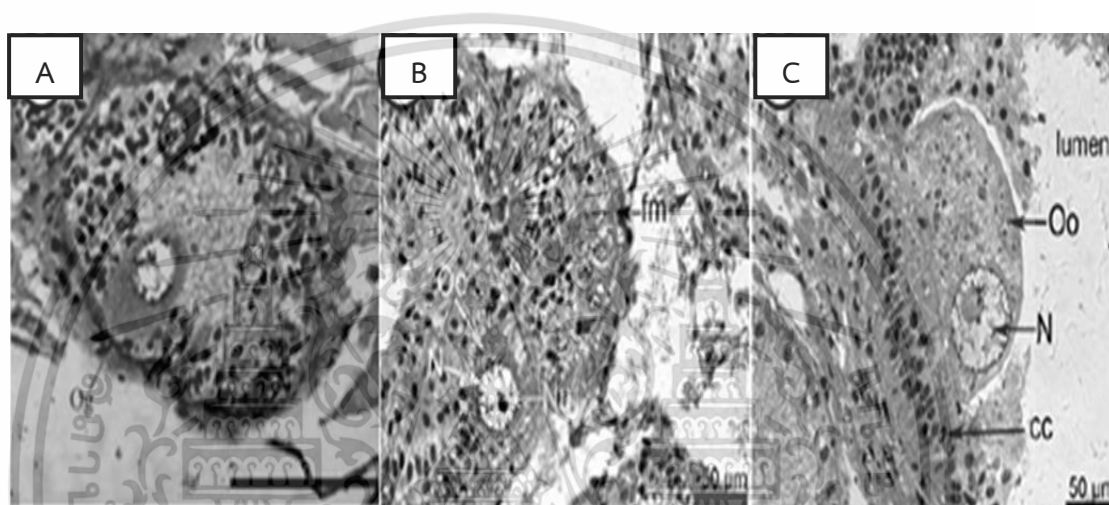
ที่มา : Rocha (2002) (A), Kim *et al.* (2016) (B)

### 2.2.2 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศเมีย

อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเพศเมีย (ovary) ในหอยบางชนิดพบว่ามีส่วนคล้ายคล้ายของอวัยวะที่สามารถสังเกตได้ค่อนข้างยากเนื่องจากจะมีที่คล้าย hepatopancreas ที่อยู่ติดกัน โดยที่โครงสร้างของ ovary จะมีความซับซ้อนน้อยกว่า testis และเยื่อผนังฟอลลิเคิล (follicle) จะไม่ปรากฏเด่นชัดจนกว่าจะถึงระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ และภายในจะมีเซลล์ไซโตพลาสซึมขนาดเล็กที่มีสีเขียวอ่อนอัดแน่นอยู่ กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย (oogenesis) จะเริ่มจากการแบ่งตัวแบบไมโทซิสของเซลล์สืบพันธุ์ (germ cell) ตาม follicle ให้โอโอโกเนีย (oogonia) เป็นเซลล์ระยะแรกมีลักษณะค่อนข้างรี มีขนาดเล็กกว่าเซลล์ในระยะอื่น เกาะติดตามขอบผนังฟอลลิเคิล ไซโตพลาสซึมมีปริมาณน้อยติดสีน้ำเงินจาง ภายในนิวเคลียสไซโตพลาสซึม หลังจากนั้นก็แบ่งตัวแบบไมโอซิสให้โอโอไซต์ (oocyte) เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีลักษณะกลม และเข้าสู่ระยะก่อนการสังเคราะห์ไข่แดง (previtellogenic) นิวเคลียส (nucleus) มีขนาดใหญ่ขึ้น ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) มีปริมาณเพิ่มขึ้นและเริ่มย้อมติดสีแดง และเมื่อถึงระยะที่มีการให้กำเนิดไข่แดง (vitellogenic) จะพบว่าเริ่มมีการสะสมอาหารได้แก่ ไข่แดง (yolk) ไขมัน (lipid) และไกลโคเจน (glycogen) โดยลำเลียงผ่าน companion cell หลังจากนั้น oocyte จะเริ่มเปลี่ยนรูปร่างด้วยการสะสมอาหารเหล่านี้และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ออกจากพอลลิเคิล อย่างไรก็ตามยังมีบางส่วนที่ยังยึดติดกับพอลลิเคิล โดยก้านบาง ๆ เมื่อได้ขนาดก็จะหลุดออกจากก้านเข้าสู่ lumen พร้อมทั้งจะถูกขับออกสู่ภายนอก (ภาพที่ 2.10)

การแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์จะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนได้ไข่และเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่เจริญเต็มที่พร้อมที่จะปล่อยและผสมพันธุ์ได้ หอยที่มีการปล่อยไข่และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หมดแล้ว ลักษณะของถุงจะเหี่ยวและเล็กลง มีการสร้างเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันขึ้นมาแทนภายในถุง และระหว่างถุงซึ่งระยะสืบพันธุ์จะเข้าสู่ระยะเตรียมเยื่อบุผนังพอลลิเคิล ใหม่อีกครั้งและพร้อมที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ใหม่ขึ้นอีก



ภาพที่ 2.10 ระยะเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเทศเมียบ A) ระยะ oogonia , B) ระยะ previtellogenic oocytes และ C) ระยะ vitellogenic oocytes ; oogonia (og), oocyte (oo), nucleus (N), nucleolus (Nu), follicular membrane (fm) และ companion cell (cc)

ที่มา : Penchaszadeh and Gimenez (2002) (A), Penchaszadeh *et al.* (2009) (B&C)

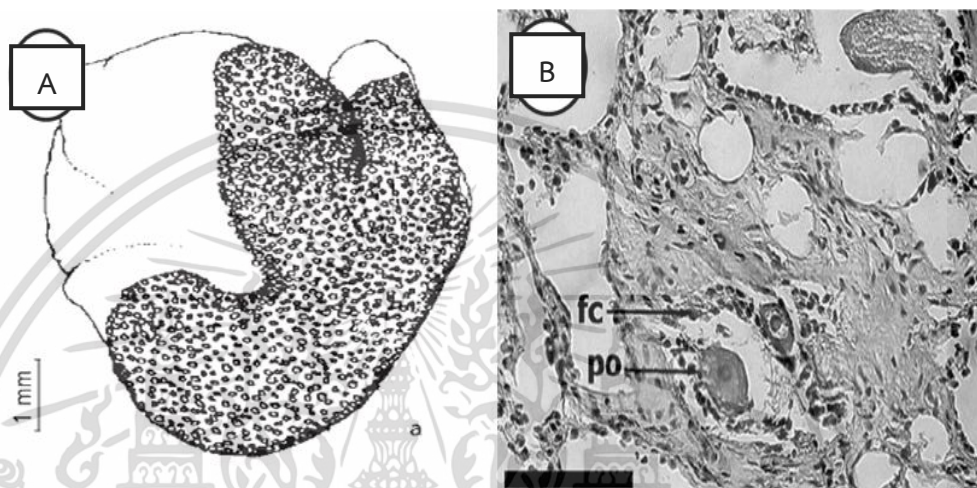
การพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในหอยฝาเดียวเทศเมียบส่วนใหญ่จะแบ่งระยะของการพัฒนาออกเป็น 5 ระยะคือ

#### 1. ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว

ในขณะนี้ ovary จะสังเกตได้ยาก เนื่องจากเยื่อบุผนังพอลลิเคิล ภายในและเซลล์ไข่จะยังไม่ปรากฏชัดเจน อาจพบ oogonia อยู่บ้างเล็กน้อย

## 2. ระยะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์

ระยะเริ่มต้นของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ เยื่อผนังฟอลลิเคิลที่อยู่ภายใน ovary จะปรากฏเป็นเยื่ออ่อนและเซลล์ไข่ที่มีขนาดเล็กอัดแน่นอยู่ติดกันเป็นช่องแคบ ภายในขอบของฟอลลิเคิล จะมี connective tissue ที่ยึดออกและปกคลุม oogonia และถัดออกมาจะพบ previtellogenic oocytes อยู่ติดกับผนังของฟอลลิเคิล (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 ลักษณะ ovary ในระยะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์, A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่เซลล์ไข่ยังมีขนาดเล็ก, B) ลักษณะเนื้อเยื่อ ovary พบ previtellogenic oocytes (po) อยู่ที่ขอบของ follicle (fc)

ที่มา : Rocha (2002) (A), Cledon *et al.* (2005) (B)

## 3. ระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์

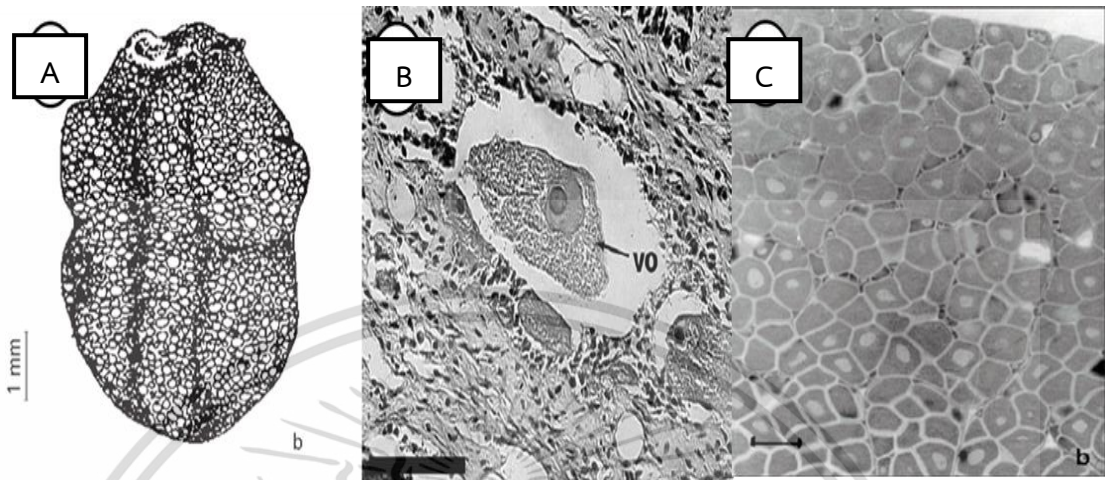
ในระยะนี้เมื่อเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ ovary จะมีขนาดที่ใหญ่ครอบคลุมบริเวณอวัยวะภายในด้านท้องทั้งหมด ในระยะนี้สามารถพบเยื่อผนังฟอลลิเคิล ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ภายใน ฟอลลิเคิลประกอบไปด้วย vitellogenic oocytes อัดแน่นอยู่ภายในจนไม่สามารถมองเห็นที่ว่างภายใน ovary แต่ในระยะนี้ก็อาจจะพบ oogonia และ previtellogenic oocytes อยู่บ้าง (ภาพที่ 2.12)

## 4. ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

หลังจากมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ขนาดของ ovary จะเล็กลง เยื่อผนังฟอลลิเคิลจะเริ่มหดสั้นและกลับมาแคบอีกครั้ง ภายในจะพบ vitellogenic oocytes ที่มีจำนวนที่ลดลงจนสามารถ

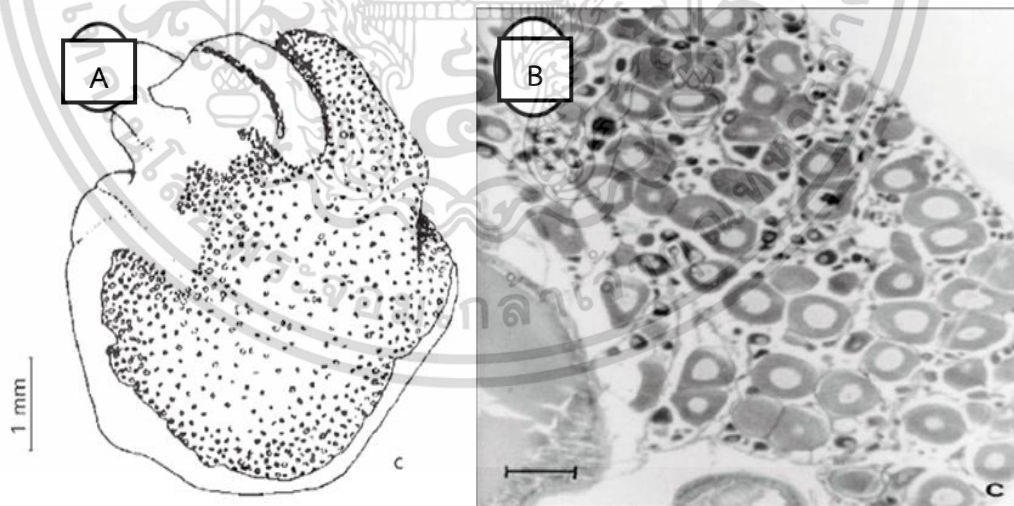
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มองเห็นช่องว่างจากเซลล์สืบพันธุ์ที่ถูกปล่อยออกไป แต่ในระยะนี้ก็อาจจะพบ oogonia และ previtellogenic oocytes อยู่บ้าง (ภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.12 ลักษณะ ovary ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่มีขนาดใหญ่ B) ลักษณะของ vitellogenic oocytes (vo) เซลล์ไข่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ C) ลักษณะเนื้อเยื่อของ ovary ที่พบ vitellogenic oocytes (vo) อัดแน่นอยู่ภายใน

ที่มา : Rocha (2002) (A&C), Cledon *et al.* (2005) (B)



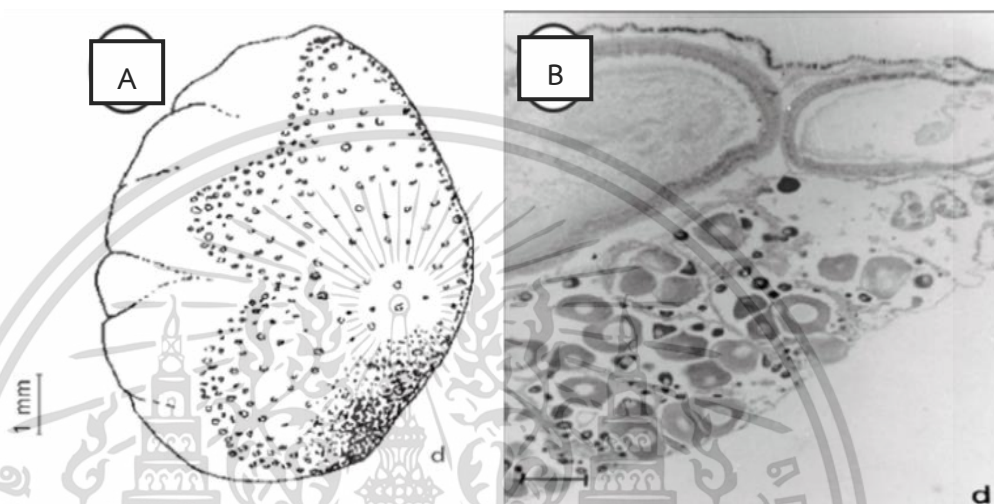
ภาพที่ 2.13 ลักษณะ ovary ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ที่มีขนาดเล็กและพบช่องว่างภายใน follicle มากขึ้น B) ลักษณะเนื้อเยื่อ ovary ที่เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนลดลง พบช่องว่างภายใน follicle

ที่มา : Rocha (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

หลังจากปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แล้ว ovary จะมีขนาดที่เล็กลง และเปลี่ยนเป็นสีดำนวล ทำให้ในระยะนี้ในหอยเพศเมียจะสามารถแยก ovary ได้ง่าย ภายใน ovary จะเกิดการสลายตัวของ ฟอลลิเคิล และเซลล์ไข่ที่ยังหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะพบทั้ง oogonia, previtellogenic oocytes และ vitellogenic oocytes (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 ลักษณะ ovary ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ A) ภาพจำลองลักษณะ ovary ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ B) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ภายใน ovary พบช่องว่างภายใน follicle เนื่องจากเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่ถูกปล่อยเรียบร้อยแล้ว

ที่มา : Rocha (2002)

## 2.3 ขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว

การพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวจะเริ่มมีการสร้างและพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ ซึ่งในหอยแต่ละชนิดมีพัฒนาการที่แตกต่างกันออกไป การศึกษาข้อมูลของขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์มีความสำคัญต่อการรักษาประชากรของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ โดยการเก็บเกี่ยวสัตว์น้ำหรือการนำสัตว์น้ำมาใช้ประโยชน์ ควรที่จะมีขนาดมากกว่าขนาดแรกสืบพันธุ์เพื่อเป็นการยืนยันว่าสัตว์น้ำเหล่านั้นได้มีการสืบพันธุ์อย่างน้อยหนึ่งครั้งก่อนที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อที่จะให้ประชากรของสัตว์น้ำเหล่านั้นคงอยู่ต่อไปได้ (Marian *et al.*, 2012)

การศึกษาของ Elhasni *et al.* (2010) ทำการศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอย *Hexaplex trunculus* ในบริเวณอ่าว Gabes ทางตอนใต้ของประเทศตูนิเซีย เป็นระยะเวลา 17 เดือน ตั้งแต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มกราคม 2007 ถึง เดือนพฤษภาคม 2008 พบว่าหอยชนิดนี้มีขนาดความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 68.70 มิลลิเมตร และมีขนาดแรกสืบพันธุ์เมื่อความยาวเปลือก 36.90 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเปลือกสูงสุด

การศึกษาของ Kobayashi และ Wada (2004) ได้ทำการศึกษานาแรกสืบพันธุ์ในหอย *Iravadia sakaguchii* ในบริเวณปากแม่น้ำ Waka ทางตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น เป็นระยะเวลาทั้งหมด 28 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2000 ถึง เดือนสิงหาคม 2002 พบว่าหอยชนิดนี้มีขนาดความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 5 มิลลิเมตร โดยมีขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยเพศผู้และหอยเพศเมียอยู่ที่ 3.9 และ 4.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีสัดส่วนของขนาดแรกสืบพันธุ์ต่อขนาดสูงสุด ถึง 78 และ 80 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาของ Averbuj *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษานาแรกสืบพันธุ์ของหอย *Buccinanops cochlidium* ในบริเวณอ่าว San jose ประเทศอาร์เจนตินา เป็นระยะเวลา 24 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2004 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2006 พบว่าตัวผู้และตัวเมียมีขนาดความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 91 และ 100 มิลลิเมตร และมีขนาดแรกสืบพันธุ์เมื่อมีความยาวเปลือก 80 และ 88.3 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็น 87.9 และ 88.3 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเปลือกสูงสุด

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆก็อาจจะส่งผลต่อขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยผาเดี่ยวอีกด้วยเนื่องจากการศึกษานาแรกสืบพันธุ์ของหอยชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่คนละพื้นที่พบว่า มีขนาดแรกสืบพันธุ์ที่แตกต่างกัน

โดย Boman *et al.* (2018) ได้ทำการศึกษานาแรกสืบพันธุ์ของหอย *Lobatus gigas* ในพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเล Carribean ใน 7 พื้นที่คือ Abaco, Exuma, St Barthelemy, St Eustatius, Saba bank, Barbados และ San andres archipelago พบว่าในแต่ละพื้นที่หอยเพศเมียมีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร และหอยเพศเมียในแต่ละพื้นที่ที่มีขนาดแรกสืบพันธุ์เท่ากับ 13, 14, 9.5, 11, 7, 10 และ 8 มิลลิเมตร คิดเป็น 28.9, 31.1, 21.1, 24.4, 15.5, 22.2 และ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและหอยเพศผู้มีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร และหอยเพศผู้ในแต่ละพื้นที่ที่มีขนาดแรกสืบพันธุ์มีค่าเท่ากับ 8, 11, 11.5, 4, 9, 5 และ 4 มิลลิเมตร คิดเป็น 17.8, 24.4, 25.6, 8.9, 20, 111.1 และ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากแต่ละพื้นที่ที่มีความแปรปรวนของอุณหภูมิน้ำในรอบปีที่ต่างกัน ส่งผลให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาของ Avaca *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษานาครกสืบพันธุ์ของหอย *Buccinanops globulosus* เพศเมีย ในอ่าว San matias ประเทศ Patagonia โดยทำการศึกษาใน 3 บริเวณคือ Bahia san antonio, Plava villarino และ Bahia nueva พบว่าหอยชนิดนี้มีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 25.0, 44.7 และ 30.1 มิลลิเมตร และมีขนาดนาครกสืบพันธุ์เท่ากับ 15.6, 38.7 และ 19.8 มิลลิเมตร ซึ่งมีสัดส่วนของนาครกสืบพันธุ์ต่อขนาดสูงสุดอยู่ที่ 62.4, 87.8 และ 65.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

## 2.4 วงจรการสืบพันธุ์ (Reproductive cycle) ของหอยฝาเดียว

รูปแบบและวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของหอย รวมไปถึงปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละสถานที่ โดยการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวถูกควบคุมด้วยปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอกได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ น้ำขึ้นน้ำลง ความลึกของน้ำ ปริมาณอาหารและความหนาแน่นของประชากร การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ถูกควบคุมด้วย neurosecretory cell ซึ่งโดยปกติเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวจะมีการพัฒนาตลอดทั้งปี (Rocha, 2002) โดยทั่วไปลักษณะและรูปแบบของวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวใน รอบปี มี 2 ลักษณะ คือ

1. มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และสืบพันธุ์เพียงรอบเดียว ใน 1 ปี โดยมีการศึกษาในหอยฝาเดียว ดังนี้

การศึกษาของ Ng and Williams (2012) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว 2 ชนิด คือ *Littoraria melanostoma* และ *Littoraria ardouinblana* บริเวณป่าชายเลน Tsim Bei Tsui ประเทศฮ่องกง เป็นเวลา 20 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2009 ถึง เดือนมกราคม 2011 พบว่าหอยทั้ง 2 ชนิดมีช่วงของการพัฒนาและสืบพันธุ์อยู่ในช่วงเดียวกันคือใน เดือนพฤษภาคม – เดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (ตารางที่ 2.2)

การศึกษาของ Kobayashii and Wada (2004) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Iravadia sakaguchii* ซึ่งเป็นหอยที่ใกล้สูญพันธุ์เนื่องจากมีอัตราการเพิ่มของประชากรที่ต่ำ โดยทำการศึกษาในบริเวณปากแม่น้ำ Waka ประเทศญี่ปุ่น เป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2001 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2002 พบว่าหอยชนิดนี้มีช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์อยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (ตารางที่ 2.2)

การศึกษาของ Aranda *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Strombus gigas* ในบริเวณชายฝั่งของทะเลแคริบเบียน ประเทศเม็กซิโก ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน 1995 พบว่าหอยชนิดนี้มีช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์อยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (ตารางที่ 2.2)

2. มีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และสืบพันธุ์ 2 รอบ ใน 1 ปี คือ จะมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้นก่อน 1 รอบ ซึ่งจะยังเหลือเซลล์สืบพันธุ์ที่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ เซลล์เหล่านั้นจะพัฒนาต่อและเมื่อถึงช่วงเวลาก็จะเกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้ง โดยการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกจะมีจำนวนเซลล์สืบพันธุ์ที่มากกว่ารอบที่สอง โดยการศึกษาในหอยฝาเดียวตัวนี้

การศึกษาของ Penchaszadeh *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon ancilla* ในบริเวณชายฝั่งของทะเล Golfo Nuevo ประเทศอาร์เจนติน่า เป็นระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่เดือนกันยายน 2000 ถึง เดือนกรกฎาคม 2004 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และ เกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือน มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วง (ตารางที่ 2.2)

การศึกษาของ Cledon *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon brasilana* ในบริเวณชายฝั่ง Mar Chiquita ในมหาสมุทร Atlantic ประเทศอาร์เจนติน่า เป็นระยะเวลา 24 เดือนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2000 ถึง เดือนธันวาคม 2002 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วง (ตารางที่ 2.2)

การศึกษาของ Gimenez and Penchaszadeh (2002) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Zidona dufresnei* ในบริเวณชายฝั่ง Mar del Plata ประเทศอาร์เจนติน่า เป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 1999 ถึง เดือนธันวาคม 2000 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วง (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ช่วงเวลาและฤดูกาลการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว

สายพันธุ์	ช่วงปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	ฤดูกาล	ประเทศ	อ้างอิง
<i>Littoraria melanostoma</i>	พฤษภาคม - กันยายน	ฤดูร้อน	ฮ่องกง	Ng and Williams (2012)
<i>Littoraria ardouinblana</i>	พฤษภาคม - กันยายน	ฤดูร้อน	ฮ่องกง	Ng and Williams (2012)
<i>Iravadia sakaguchii</i>	มิถุนายน - กรกฎาคม	ฤดูร้อน	ญี่ปุ่น	Kobayashii and Wada (2004)
<i>Strombus gigas</i>	มิถุนายน - สิงหาคม	ฤดูร้อน	เม็กซิโก	Aranda et al. (2003)
<i>Adelomelon ancilla</i>	กรกฎาคม - พฤศจิกายน	ฤดูร้อน	อาร์เจนตินา	Penchaszadeh et al. (2009)
	มีนาคม	ฤดูใบไม้ร่วง		
<i>Adelomelon brasiliانا</i>	กันยายน - ตุลาคม	ฤดูร้อน	อาร์เจนตินา	Cledon et al. (2005)
	มกราคม	ฤดูใบไม้ร่วง		
<i>Zidona dufresnei</i>	กันยายน - ตุลาคม	ฤดูร้อน	อาร์เจนตินา	Gimenez and Penchaszadeh
	มีนาคม	ฤดูใบไม้ร่วง		(2002)

## 2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว ถูกควบคุมด้วยปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความเค็ม การขึ้นลงของน้ำ และปัจจัยภายใน คือฮอร์โมนที่ควบคุมการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ โดยที่ปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ รวมไปถึงการวางไข่และการฟักของตัวอ่อนหอยฝาเดียว โดยที่การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวเกิดขึ้นตลอดทั้งปี และเซลล์สืบพันธุ์จะถูกปล่อยในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิ และความเค็มของน้ำเหมาะสม

### 2.5.1 ปัจจัยภายใน

ฮอร์โมน คือ สารเคมีชนิดหนึ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อสื่อสารและทำหน้าที่ร่วมกันกับอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย โดยฮอร์โมนจะหลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อและซึมเข้าสู่เส้นเลือด จากนั้นจะอาศัยระบบการไหลเวียนของกระแสเลือด ส่งต่อไปยังเซลล์หรืออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เมื่อฮอร์โมนไปสัมผัสกับอวัยวะที่เป็นเป้าหมาย ก็จะทำหน้าที่ต่าง ๆ เพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างปกติ ฮอร์โมนเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว โดยฮอร์โมน

melatonin และ 5-methoxytryptophol เป็นส่วนประกอบหนึ่งของฮอร์โมน melatonin ถูกหลั่งมาจากเอกลีนาเป็นเอกลีนาที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปมประสาทสมอง (Cerebral ganglia) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน ในช่วงเวลาที่ได้รับแสงมากหอยฝาดเดียวจะมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ โดยในหอยฝาดเดียวเพศผู้มีฮอร์โมน testosterone เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ หอยฝาดเดียวเพศผู้จะหลั่งฮอร์โมน Alanine-Proline-Glycine-Tryptophan amide (APGW amide) จากปมประสาทสมองและปมประสาทเท้า (Cerebral and pedal ganglia) และฮอร์โมน conopressin ที่หลั่งจาก หลอดนำอสุจิ (Vas deferens) ซึ่งช่วยควบคุมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาดเดียวเพศผู้ ในขณะที่หอยฝาดเดียวเพศเมียหลั่งฮอร์โมน progesterone และ 20-hydroxyecdysone มากระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ หอยฝาดเดียวเพศเมียจะทำการหลั่งฮอร์โมน Phenylalanine-Methionine-Arginine-Phenylalanine amide (FMRF amide), Gonadotropin releasing hormone (GNRH) และ caudodorsal cell hormone จากระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) และฮอร์โมน egg-laying ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการวางไข่ของหอยฝาดเดียวเพศเมีย (ตารางที่ 2.3)

**ตารางที่ 2.3** ฮอร์โมนที่ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาดเดียว

ฮอร์โมน	ที่มา	หน้าที่
Melatonin, 5-methoxytryptophol	Cerebral ganglia	ส่งสัญญาณช่วงเวลาของแสง
APGW amide	Cerebral and pedal ganglia	ควบคุมการพัฒนาและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศผู้
Conopressin	Vas deferens	ควบคุมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศผู้
Testosterone	-	กระตุ้นการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้
FMRF amide	Central nervous system (CNS)	ควบคุมการวางไข่ของหอยเพศเมีย
GNRH	CNS; cerebral, pedal, and abdominal ganglia; gonads	เกี่ยวข้องกับการวางไข่
Egg-laying hormone	Bag cells	ควบคุมการวางไข่ของหอยเพศเมีย
Caudodorsal cell hormone	Central nervous system (CNS)	ควบคุมการวางไข่ของหอยเพศเมีย
Progesterone	-	กระตุ้นการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย
20-hydroxyecdysone	Dorsal bodies	กระตุ้นการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย

ที่มา : Sternberg *et al.* (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 ปัจจัยภายนอก

การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก ไม่ว่าจะเป็น แสง อุณหภูมิ ความเค็ม ล้วนส่งผลต่อพฤติกรรมของหอยฝาเดียว ทั้งในเรื่องของการกินอาหาร การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การจับคู่ปฏิสนธิ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ การวางไข่ และปัจจัยภายนอกยังมีอิทธิพลที่ส่งผลต่อการผลิตฮอร์โมนของหอยฝาเดียวอีกด้วย

### แสง

ในแต่ละฤดูกาลมีช่วงเวลาของแสงในระหว่างวันที่แตกต่างกัน หอยฝาเดียวมีอวัยวะรับแสงคือตาที่อยู่ปลายหนวด Melatonin เป็นฮอร์โมนที่หลั่งจาก ต่อม pineal ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับความเข้มของแสง ระดับของ Melatonin จะเพิ่มขึ้นในช่วงกลางคืน โดยระดับของ Melatonin ทำให้หอยฝาเดียวสามารถรับรู้ถึงช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน และเห็นความแตกต่างของฤดูกาล ส่วนประกอบหนึ่งของ ฮอร์โมน Melatonin คือ 5-methoxytryptophol (5-ML) จะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของหอยฝาเดียว ช่วงเวลาที่ได้รับแสงมากจะกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์สมบูรณ์และเกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (Roin *et al.*, 2010)

มีการศึกษาของ Sokolove *et al.* (1984) ทำการศึกษาช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Limax maximus* พบว่าในช่วงฤดูร้อน และฤดูใบไม้ผลิ ซึ่งเป็นช่วงที่มีเวลาของแสงระหว่างวันนานกว่าฤดูอื่น เซลล์สืบพันธุ์จะอยู่ในช่วงพัฒนาสมบูรณ์และพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

Emam and Madsen (1982) ได้ทำการศึกษาผลของแสงต่อการวางไข่ของหอย *Helisoma Duryi* โดยการเลี้ยงหอยวัยเจริญพันธุ์เป็นเวลา 16 สัปดาห์ แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงหอยที่สภาวะปกติ ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงหอยในที่มืดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงหอยในที่มืดเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงหอยในที่มืดเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า หอยที่เลี้ยงในสภาวะปกติ มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 60 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 4 หอยที่เลี้ยงในที่มืด 2 สัปดาห์ มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 29.1 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 5 หอยที่เลี้ยงในที่มืด 4 สัปดาห์ มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 64.1 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 6 ในขณะที่หอยที่เลี้ยงในที่มืด 16 สัปดาห์พบว่ามีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพียง 9 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด

การศึกษาของ Penchaszadeh *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon ancilla* ในบริเวณชายฝั่งของทะเล Golfo Nuevo ประเทศอาร์เจนติน่า เป็น

ระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่เดือนกันยายน 2000 ถึง เดือนกรกฎาคม 2004 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และวางไข่ในช่วงเดือนที่มีช่วงของแสงระหว่างวันที่ยาวนาน (ภาพที่ 2.15)

### อุณหภูมิ

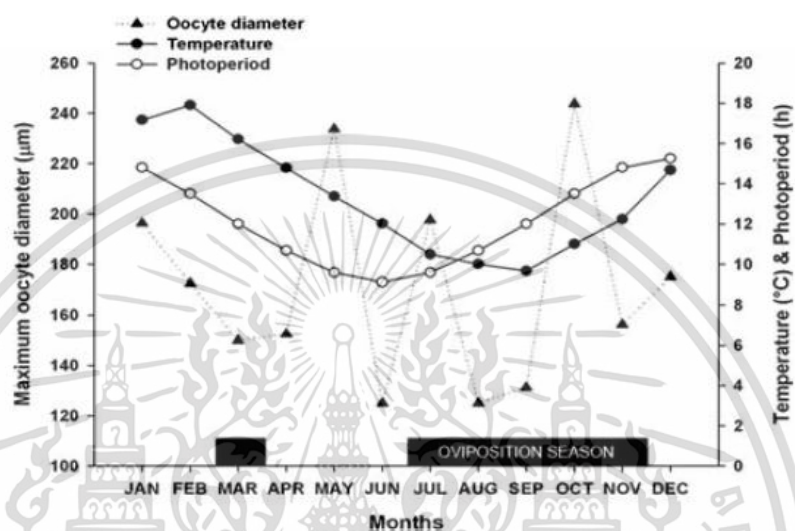
จากตารางที่ 2.1 จะพบว่าช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์อยู่ในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์จะอยู่ในช่วงฤดูร้อน แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ อุณหภูมิที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาในรอบปีทำให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลเกิดการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งทางกายภาพ เช่น ช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน ความโปร่งใสของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และในทางชีวภาพ เช่น การว่ายน้ำ การกินอาหารของสัตว์ที่เพิ่มขึ้น เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้นเนื่องจากสัตว์มีการทำกิจกรรมที่เพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาที่กินอาหารมากขึ้นส่งผลให้หอยฝาเดียวมีการสะสมโปรตีนที่ใช้ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่มากขึ้น (Penchaszaden and Gimenez, 2002) และอุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลต่อพฤติกรรมการจับคู่ และเป็นตัวกระตุ้น neurosecretory cell ที่ควบคุม APGW amide ในหอยเพศผู้ และ Egg laying hormone (ELH) ในหอยเพศเมีย ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และการวางไข่ในหอยเพศเมีย และเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง พบการวางไข่ของหอย *Aplysia californica* น้อย และมีการวางไข่มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น (Wayne, 2001)

การศึกษาของ Penchaszadeh *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon ancilla* ในบริเวณชายฝั่งของทะเล Golfo Nuevo ประเทศอาร์เจนตินา เป็นระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่เดือนกันยายน 2000 ถึง เดือนกรกฎาคม 2004 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และวางไข่ในช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิสูง (ภาพที่ 2.15)

Emam and Madsen (1982) ได้ทำการศึกษามวลของอุณหภูมิต่อการวางไข่ของหอย *Helisoma Duryi* โดยการเลี้ยงหอยวัยเจริญพันธุ์โดยการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเป็นเวลา 16 สัปดาห์ แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง คือเลี้ยงในน้ำที่อุณหภูมิ 10, 18, 26, 28 และ 33 องศาเซลเซียส พบว่าหอยในชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ และหอยไม่มีการวางไข่ หอยในชุดการทดลองที่ 2 มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 3 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 15 ชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 60 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 4 ชุดการทดลองที่ 4 มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 46.8 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 5 และในชุดการทดลองที่ 5 มีอัตราการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 4 เปอร์เซ็นต์ และเริ่มวางไข่ในสัปดาห์ที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่ได้ส่งผลให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การสืบพันธุ์เกิดมากขึ้นตามไปด้วย แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากสภาวะที่เหมาะสมส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ และการวางไข่ของหอยฝาเดียว ซึ่งหอยฝาเดียวแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ และการวางไข่ที่แตกต่างกันไป



ภาพที่ 2.15 แสดงช่วงเวลาการวางไข่ของหอย *Adelomelon ancilla* ในรอบปี ที่มีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิและช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน  
ที่มา : Penchaszadeh *et al.* (2009)

### ความเค็ม

ความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณปากแม่น้ำ หรือบริเวณน้ำกร่อย เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้จำเป็นต้องใช้พลังงานในการปรับสมดุลน้ำในร่างกาย เมื่อความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นในการรักษาสมดุล ในหอยฝาเดียว การเปลี่ยนแปลงความเค็มอาจไม่ได้ส่งผลต่อระบบการสืบพันธุ์โดยตรง แต่ส่งผลในเรื่องการทำงานของระบบอวัยวะ เช่น การบริโภคออกซิเจน การขับถ่ายแอมโมเนีย และพฤติกรรมของหอยฝาเดียว ในการกินอาหารรวมทั้งการเคลื่อนที่ เมื่อความเค็มลดลงหอยฝาเดียวมีการบริโภคออกซิเจนน้อยลง และการขับถ่ายแอมโมเนียลดน้อยลงตามไปด้วย ทำให้อัตราส่วนของการบริโภคออกซิเจนและการขับถ่ายแอมโมเนีย (O:N) ลดลง ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการสลายสารอาหารไปเป็นพลังงาน โดยหอยฝาเดียวต้องการพลังงานเหล่านี้ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การวางไข่ เมื่อมีพลังงานไม่เพียงพอจึงส่งผลให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการวางไข่ของหอยฝาเดียวลดลงตามไปด้วย การบริโภคออกซิเจนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงยังส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร และการเคลื่อนที่ของหอยฝาเดียวอีกด้วย เมื่อหอยฝาเดียวกินอาหารลดลงทำให้ปริมาณสะสมของโปรตีนมีไม่เพียงพอต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ และการเคลื่อนที่น้อยลงของหอยฝาเดียวทำให้พฤติกรรมการจับคู่ของหอยฝาเดียวลดลงอีกด้วย (Cheung, 1997)

การศึกษาของ Cheung (1997) ได้ทำการศึกษากำหนดจำนวนของฝักไข่ในการวางไข่หอยฝาเดียว *Nassarius festivus* เพศเมีย เมื่อความเค็มเปลี่ยนไป โดยการนำหอยมาเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 5 ระดับ คือ 15, 20, 25, 30 และ 35 พีพีที เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ชุดการทดลองที่ความเค็ม 25 พีพีที เป็นชุดการทดลองควบคุม พบว่าชุดการทดลองที่ความเค็ม 15 พีพีที หอยมีค่าการเฉลี่ยการวางไข่ 33.7 ฝักไข่ต่อ 1 ตัว ชุดการทดลองที่ความเค็ม 20 พีพีที หอยมีค่าการเฉลี่ยการวางไข่ 39.1 ฝักไข่ต่อ 1 ตัว ชุดการทดลองที่ความเค็ม 25 พีพีที หอยมีค่าการเฉลี่ยการวางไข่ 43.4 ฝักไข่ต่อ 1 ตัว ชุดการทดลองที่ความเค็ม 30 พีพีที หอยมีค่าการเฉลี่ยการวางไข่ 65.1 ฝักไข่ต่อ 1 ตัว และชุดการทดลองที่ความเค็ม 35 พีพีที หอยมีค่าการเฉลี่ยการวางไข่ 42.5 ฝักไข่ต่อ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- 3.1.1 Quadrat ขนาด 10x10 เซนติเมตร
- 3.1.2 ขวดเก็บตัวอย่างหอย
- 3.1.3 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
- 3.1.4 กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX41)
- 3.1.5 เข็มเขี่ย
- 3.1.6 บล็อกฝังเนื้อเยื่อ
- 3.1.7 สไลด์ขนาด 25.4 x 76.2 มิลลิเมตร
- 3.1.8 แผ่นปิดสไลด์ขนาด 24 x 40 มิลลิเมตร
- 3.1.9 ชุดเครื่องมือผ่าตัด
- 3.1.10 ขวดย้อมสี
- 3.1.11 เครื่องเตรียมชิ้นเนื้ออัตโนมัติ (Leica 1020)
- 3.1.12 เครื่องฝังชิ้นเนื้อเยื่อ (Microm HM335E)
- 3.1.13 เครื่องอุ่นชิ้นเนื้อเยื่อ
- 3.1.14 อ่างลอยเนื้อเยื่อ
- 3.1.15 เครื่องอุ่นสไลด์
- 3.1.16 ตู้ดูดควัน
- 3.1.17 กล่องใส่สไลด์
- 3.1.18 10% Neutral buffered formalin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.19 Davidson fixative

3.1.20 Decalcification solution

3.1.21 5% Sodium sulfate

3.1.22 Xylene

3.1.23 Ethyl alcohol

3.1.24 สีย้อม Eosin

3.1.25 สีย้อม Harris's hematoxylin

3.1.26 Paraplast

3.1.27 น้ำยา Permount

## 3.2 พื้นที่การศึกษาและการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณพื้นที่ใกล้คลองส่งน้ำบางแก้ว ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ตั้งอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 21 ลิปดา 01.2 พิลิปดาเหนือ ลองติจูด 100 องศา 02 ลิปดา 55 พิลิปดาตะวันออก มีทางเข้าออกของน้ำจากคลองส่งน้ำบางแก้ว (ภาพที่ 3.1) เก็บตัวอย่าง หอยทุกเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 เป็นระยะเวลา 14 เดือน ในบริเวณดังกล่าวพบการกระจายของหอย *Stenothyra* sp. อยู่ 3 จุด คือ บนสาหร่ายผิวน้ำ สาหร่ายที่พื้นที่ตองน้ำ และที่ผิวดิน จึงทำการเก็บตัวอย่างหอย *Stenothyra* sp. โดยทำการสุ่มวาง quadrat ขนาด 10x10 เซนติเมตร ในบริเวณดังกล่าว บริเวณละ 3 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างหอยทั้งหมดใน quadrat เพื่อนำกลับไปศึกษาที่ห้องปฏิบัติการ และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำ ความเค็ม และค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยข้อมูลของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณน้ำฝน ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสมุทรสงคราม



ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่าง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ; A = บริเวณเก็บตัวอย่าง

### 3.3 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและอัตราส่วนเพศ

ทำการศึกษาลักษณะภายนอกและทำการวัดขนาดของหอย *Stenothyra* sp. จากตัวอย่างที่เก็บมา นำหอยที่ได้มาผ่านตะแกรงร่อน 3 ขนาด คือ 2.00, 1.60 และ 1.00 มิลลิเมตร โดยเลือกหอยที่ไม่ผ่านตะแกรงขนาด 2.00 และ 1.60 มิลลิเมตร มาทำการแยกเพศเนื่องจากเป็นขนาดของหอยที่สามารถสังเกตเพศได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นทำการแยกเพศของหอยเพื่อทำการหาอัตราส่วนของหอยเพศผู้และเพศเมีย ด้วยวิธีการส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยหอยเพศผู้จะพบอวัยวะที่ใช้ในการสืบพันธุ์ (conspicuous penis) อยู่หลังส่วนหัว ทำการบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์หาความแตกต่างของสัดส่วนเพศของประชากรหอย *Stenothyra* sp. ด้วยโปรแกรม SPSS, Chi-square ( $p < 0.05$ )

### 3.4 ขนาดแรกสืบพันธุ์

ตรวจสอบขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละฤดู โดยการสุ่มตัวอย่างหอยจากหอยที่ทำการเก็บในแต่ละเดือน ฤดูร้อนเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ หลังจากนั้นทำการแบ่งตัวอย่างหอยในแต่ละฤดูออกเป็น 6 ขนาด ขนาดละ 10 ตัว มาผ่านกระบวนการตามวิธีทางเนื้อเยื่อวิทยา (Histological technique) เพื่อทำ paraffin section และย้อมสีเนื้อเยื่อด้วย Harris's Hematoxylin และ Eosin ตามวิธีการของ Bancroft and Gamble (2002) โดยหอยที่ตรวจพบเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาอยู่ในระยะ 2-5 จะถือว่าเป็นวัยเจริญพันธุ์แล้ว หลังจากนั้นจะทำการบันทึกผลและทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของหอยกับสัดส่วนของสัตว์น้ำในวัยเจริญพันธุ์ต่อสัตว์น้ำทั้งหมดด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (logistic model) ตามวิธีการของ Pauly (1984) และคำนวณหาขนาดแรกสืบพันธุ์ที่สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ จากสูตรซึ่งดัดแปลงจากการคำนวณของ เสรี (2528)

$$P(L) = 1/1+e^{a+bL}$$

โดย

$P(L)$  = สัดส่วนสัตว์น้ำวัยเจริญพันธุ์ต่อสัตว์น้ำทั้งหมด

$L$  = ความยาว

$a, b$  = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณได้

(เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากโมเดลการถดถอยโลจิสติกในโปรแกรม spss)

$e$  = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 2.718

แทนค่าสมการเพื่อคำนวณหาความยาวของหอย *Stenothyra* sp. ที่เจริญพันธุ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า จำนวนของหอยในขนาดที่คำนวณได้จะพบว่าเป็นวัยเจริญพันธุ์แล้ว 50 เปอร์เซ็นต์

### 3.5 ศึกษาระยะเวลาของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์

ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สืบพันธุ์ ของหอย *Stenothyra* sp. จากสไลด์ที่ย้อมสีแล้ว ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำแนกจากจำนวนและระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ภายในอวัยวะสืบพันธุ์ โดยแบ่งระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ทั้งในเพศผู้และเพศเมียเป็น 5 ระยะ ซึ่งดัดแปลงจากการจำแนกของ จินตมาส (2551) ดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว (resting stage) เป็นระยะที่อวัยวะสืบพันธุ์พักตัว หรือเตรียมเริ่มวงจรใหม่ ระยะนี้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนน้อย ในเพศผู้พบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Spermatogonia และ Spermatocyte ในขณะที่เพศเมียพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ Oogonia (ตารางที่ 3.1)

ระยะที่ 2 ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ (developing stage) เป็นระยะที่อวัยวะสืบพันธุ์มีการฟื้นตัว เพื่อเข้าสู่วงจรใหม่ มีพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้น ต่อเนื่อง โดยในเพศผู้พบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ Spermatocyte และ Spermatid มากที่สุด และในเพศเมียพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ Previtellogenic oocytes มากที่สุด (ตารางที่ 3.1)

ระยะที่ 3 ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ (maturing stage) เป็นระยะที่อวัยวะสืบพันธุ์สมบูรณ์ มีเซลล์ สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ในเพศผู้พบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Spermatozoa มากที่สุด และเพศเมียพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Vitellogenic oocytes มากที่สุด (ตารางที่ 3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 4 ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawning stage) เป็นระยะที่อวัยวะสืบพันธุ์ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่ภายนอกเพื่อการปฏิสนธิ หลังจากปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ปริมาณเซลล์สืบพันธุ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในระยะนี้หอยเพศผู้จะไม่พบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Spermatogonia หลงเหลืออยู่แล้ว ในขณะที่เพศเมียพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Vitellogenic oocytes และ ระยะ Previtellogenic oocytes หลงเหลืออยู่บ้างบางส่วน (ตารางที่ 3.1)

ระยะที่ 5 ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spent) เป็นระยะที่เซลล์สืบพันธุ์ถูกขับออกจากร่างกาย อวัยวะสืบพันธุ์ที่พบเป็นเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ ในระยะนี้เซลล์สืบพันธุ์หลงเหลืออยู่น้อยมาก ในเพศผู้พบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Spermatozoa ที่ถูกปล่อยไม่หมดเล็กน้อย และในระยะนี้สามารถพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Spermatogonia ที่เกิดขึ้นใหม่รอพัฒนาในรอบต่อไป ในขณะที่เพศเมียจะพบแค่เพียงเซลล์สืบพันธุ์ระยะ Vitellogenic oocytes ที่ยังไม่ถูกปล่อยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 การจำแนกปริมาณเซลล์สืบพันธุ์ในระยะต่างๆในอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์หอย

*Stenothyra* sp.

Stage	ปริมาณเซลล์สืบพันธุ์ระยะต่างๆในอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์หอย <i>Stenothyra</i> sp.						
	เพศผู้				เพศเมีย		
	Spermatogonia	Spermatocyte	Spermatid	Spermatozoa	Oogonia	Previtellogenic oocytes	Vitellogenic oocytes
Resting	+++	++	-	-	+++	+	-
Developing	++	+++	+++	++	+++	++++	++
Maturing	+	++	+++	++++	-	++	++++
Spawning	-	+	++	+++	-	-	++
Spent	+	-	-	+	-	-	+

เครื่องหมาย ++++ ถึง + หมายถึง มากที่สุด ถึง น้อยที่สุด ตามลำดับ และ - หมายถึงไม่มี

### 3.6 ศึกษาวงจรการเปลี่ยนแปลงของระยะเซลล์สืบพันธุ์ในรอบปี

ทำการวิเคราะห์วงจรสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละเดือน หลังจากนั้นโดยคำนวณเป็นร้อยละของแต่ละระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่พบในแต่ละเดือน โดยการสร้างรูปฮิสโตแกรม เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน และทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับร้อยละของระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เพื่อให้ทราบแนวโน้มของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละฤดูกาล

### 3.7 ศึกษาพลวัตรประชากรของหอย *Stenothyra* sp.

ทำการศึกษาพลวัตรประชากรของหอย *Stenothyra* sp. โดยการนำหอยที่ทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละเดือน มาผ่านตะแกรงร่อน 3 ขนาด คือ 1.00, 1.60 และ 2.00 มิลลิเมตร โดยแบ่งกลุ่มประชากรหอยออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.80 – 1.59 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 – 1.99 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 3 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรขึ้นไป หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาสร้างฮิสโตแกรมเพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของประชากรกลุ่มประชากรหอยที่พบในแต่ละเดือน

### 3.8 การหาค่า Gonad index

นำผลจากการวิเคราะห์วงจรสืบพันธุ์ตั้งแต่ เดือน มกราคม 2561 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2562 มาแปลงเป็นค่า Gonad index (GI) ตามวิธีการของ Seed (1989) โดยกำหนด ค่าน้ำหนักจำนวน (numerical weight) ของระยะต่างๆ ในทั้งเพศผู้และเมียดังนี้

ระยะของเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ค่า numerical weight = 1

ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 2

ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ค่า numerical weight = 3

ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 2

ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 1

หาค่า GI ของแต่ละเดือนตามสูตร

Sum ( numerical weight x number of snail in each gonadal stage )

GI =

\_\_\_\_\_

Total number of snail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### 4.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐาน

ลักษณะทางชีววิทยาของหอยชนิดนี้มีเปลือกที่เป็นทรงกรวยสีน้ำตาลเข้มและขดขวาเป็นเกลียว 5 เกลียว เปลือกบางและผิวเรียบ ปลายยอดของเปลือกมีลักษณะแหลมปานกลาง ส่วนบอร์ดีเวิร์ล (body whorl) มีขนาดใหญ่กว่าสไปร์ (spires) มีขนาด 3 ใน 4 ของความยาวเปลือก ขนาดของหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำเก็บตัวอย่างมีขนาดตั้งแต่ 0.80 – 3.00 มิลลิเมตร เมื่อโตเต็มวัยปากเปลือกมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 0.50 - 0.90 มิลลิเมตร และเป็นรูปรี ปากเปลือกมีลักษณะเรียบไม่มีสันลักษณะหนา (ภาพที่ 4.1A) ในบริเวณส่วนหัวจะมีดวงตาสีดำหนึ่งคู่ที่โคนของหนวด หนวดมักมีความยาวมากกว่าส่วนของงอยปากและพบจุดสีดำและเหลืองกระจายอยู่ทั่วตามหัว หนวดและเท้าโดยหอยชนิดนี้มีลักษณะภายนอกของเปลือก และลำตัวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย แต่จะสามารถแยกเพศของหอยเพื่อทำการหาอัตราส่วนของหอยเพศผู้และเพศเมีย ด้วยวิธีการส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ หลังจากหอยเปิดเปลือกและยื่นส่วนหัวออกมาหอยเพศผู้จะพบอวัยวะที่ใช้ในการสืบพันธุ์ (conspicuous penis) (ภาพที่ 4.1B) เมื่อนำหอย *Stenothyra* sp. มาผ่านกระบวนการทางเนื้อเยื่อวิทยา บริเวณปากเปลือกจะพบเท้า (foot) ในบริเวณบอร์ดีเวิร์ล พบเรกตรัม (rectum) ซึ่งเป็นส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ และแอนัส (anus) อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonad) อยู่ตรงตำแหน่งสไปร์ของหอย อยู่ติดกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ต่อมย่อยอาหาร (digestive gland) และกระเพาะอาหาร (gastric) เหมือนกันทั้งเพศผู้และเพศเมีย ขนาดของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะเปลี่ยนไปตามวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (ภาพที่ 4.1C) ในการจำแนกชนิดของหอย *Stenothyra* มีวิธีการจำแนกอยู่ 2 วิธี 1. คือการตรวจสอบชีวโมเลกุล และ 2. การจำแนกจากลักษณะภายนอกของปากเปลือก ลักษณะและสีของเปลือก ลักษณะของการขดเกลียว ความยาวเปลือก ในประเทศไทยมีรายงานการพบหอย *Stenothyra* ที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อยทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งมีการจำแนกตามวิธีการของ Brandt (1974) ดังนี้

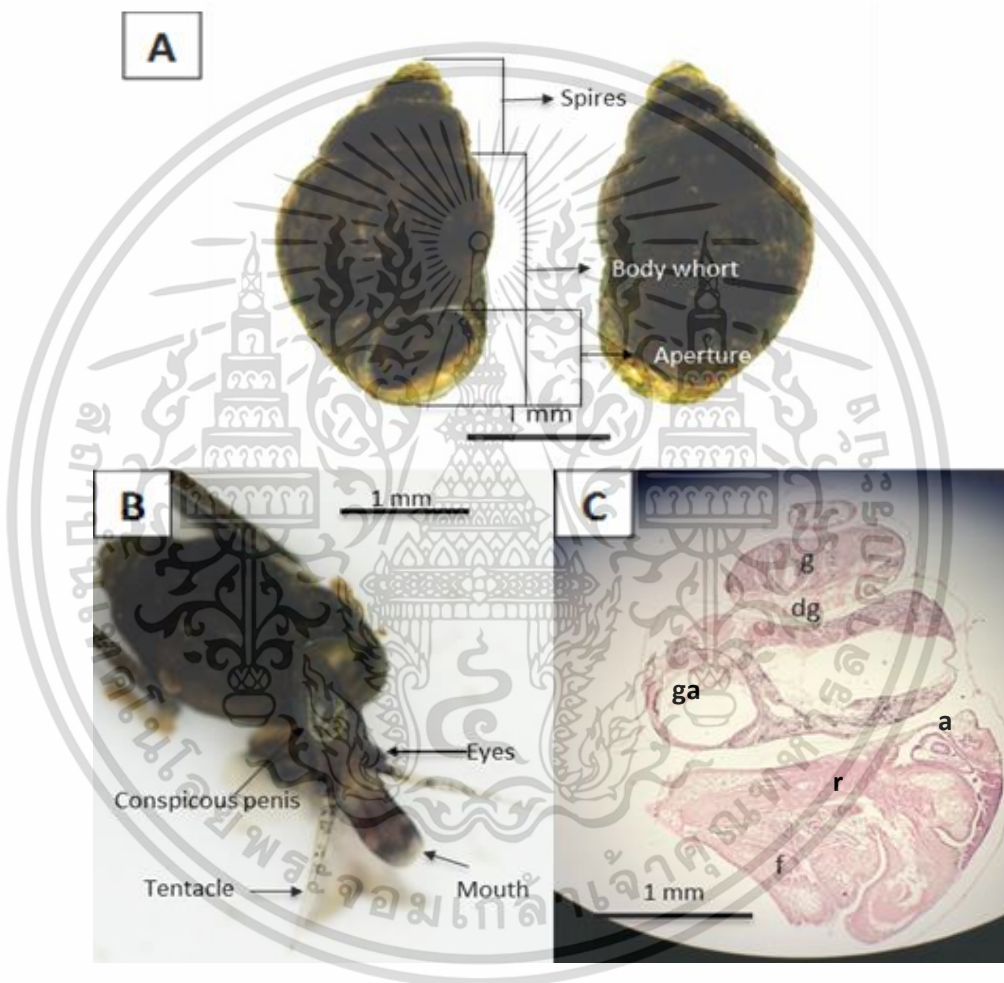
1. บริเวณขอบของปากเปลือกเรียบไม่มีสันลักษณะหนา, ส่วนของ body whorl ไม่ขดเกลียว.....2
- บริเวณขอบของปากเปลือกมีการพับขึ้นปรากฏเป็นสัน.....15
2. บริเวณขอบปากเปลือกด้านนอกปรากฏรอยสีน้ำตาลสนิม.....3
- บริเวณขอบปากเปลือกด้านนอกไม่ปรากฏรอยสีน้ำตาลสนิม.....5
3. บริเวณขอบปากเปลือกด้านนอกปรากฏรอยสีน้ำตาลสนิม 1 จุด.....4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บริเวณขอบปากเปลือกด้านนอกปรากฏรอยสีน้ำตาลสนิมมากกว่า 1 จุด.....*maculata*
- 4. ขนาดความยาวเปลือกเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร.....*schlickumi*
- ขนาดความยาวเปลือกใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร.....*moussoni*
- 5. บริเวณผิวของเปลือกไม่พบลวดลาย หรือเป็นตุ่ม หนาม.....**10**
- บริเวณผิวของเปลือกพบลวดลาย หรือเป็นตุ่ม หนาม.....6
- 6. บริเวณ แนวขีดปรากฏเส้นชัดเจน.....7
- บริเวณ แนวขีดเรียบเนียนไม่ปรากฏเส้นชัดเจน.....*cyrtochila*
- 7. ขนาดความยาวเปลือกเล็กกว่า 3.5 มิลลิเมตร.....8
- ขนาดความยาวเปลือกใหญ่กว่า 4 มิลลิเมตร.....9
- 8. เปลือกหอยเป็นทรงกรวยมีสีมันาว.....*mandahlbarthi*
- เปลือกหอยมีลักษณะโค้งมนมีสีแดงไม่มันาว.....*nana*
- 9. ฐานของเปลือกยกมุ่มมีลักษณะเป็นสัน.....13
- ฐานของเปลือกเรียบไม่ยกมุ่มเป็นสัน.....14
- 10. เปลือกเป็นรูปทรงกรวย พื้นผิวระหว่างรอยขีดตัวเป็นร่องลึก มีขนาดเล็กกว่า 3.5 มิลลิเมตร.....**11**
- เปลือกมีลักษณะโค้งมน พื้นผิวระหว่างรอยขีดตัวเป็นร่องตื้น มีขนาดใหญ่กว่า 3.5 มิลลิเมตร.....*glabrata*
- 11. มีขนาดความยาวเปลือกเล็กกว่า 2.1 มิลลิเมตร บริเวณใกล้ปากเปลือกมีรูเล็กคล้าย สะดือ.....*anandalei*
- มีขนาดความยาวเปลือกมากกว่า 2.1 มิลลิเมตร บริเวณใกล้ปากเปลือกไม่มีรูเล็ก.....**12**
- 12. บริเวณขีดตัวของเปลือกมีลักษณะนูน ปลายยอดของเปลือกแหลมปาน กลาง.....*krungtensis*
- บริเวณขีดตัวของเปลือกมีลักษณะแบน ปลายยอดของเปลือกแหลมมาก.....*acuta*
- 13. การยกมุ่มของเส้นที่ผิวเปลือกสิ้นสุดที่บริเวณฐานของปากเปลือก.....*polita*
- การยกมุ่มของเส้นที่ผิวเปลือกสิ้นสุดที่บริเวณด้านข้างของปากเปลือก.....*prasongi*
- 14. บริเวณ body whorl พบลายเส้นบนผิวเปลือกเป็นหลุมตื้น 19-21 เส้น.....*monilifera*
- บริเวณ body whorl พบลายเส้นบนผิวเปลือก 25 เส้น.....*hardouini*
- 15. บริเวณขีดตัวของเปลือกมีลักษณะเป็นสันเกลียวมีขนาดเล็ก.....*labiata*
- บริเวณขีดตัวของเปลือกมีลักษณะเป็นสันมีขนาดใหญ่.....*spinosa*

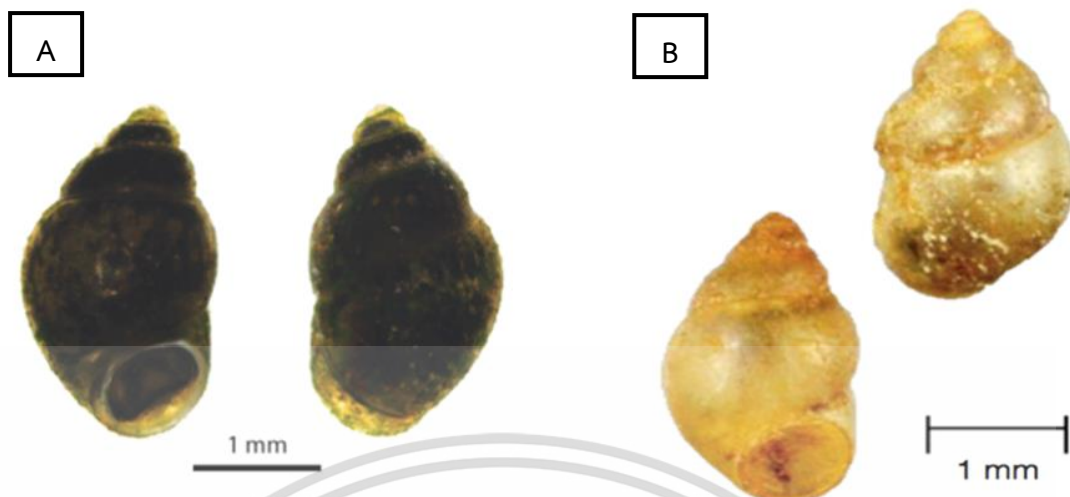
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการจำแนกชนิดของหอย *Stenothyra* ในบริเวณที่ทำการศึกษพบว่าลักษณะภายนอกมีความใกล้เคียงกับชนิด *Stenothyra krungtepensis* (ภาพที่ 4.2B) แต่เมื่อดูจากลักษณะจากภายนอกของเปลือกพบว่าความชันของการขดเกลียวในส่วนของสไปร์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยหอย *Stenothyra* sp. ที่ทำการศึกษามีความชันในส่วนสไปร์มากกว่า *Stenothyra krungtepensis* ดังนั้นในการระบุชนิดของหอย *Stenothyra* sp. ที่ทำการศึกษาอาจต้องทำการวิเคราะห์ในระดับโมเลกุลเพื่อเป็นการยืนยันชนิดของหอยชนิดนี้



ภาพที่ 4.1 หอย *Stenothyra* sp. A: ลักษณะทางสัณฐานวิทยา, B: ลักษณะส่วนหัว, C: ลักษณะทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อหอย ; g = gonad, dg = digestive gland, a = anus, ga = gastric, r = rectum and f = foot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



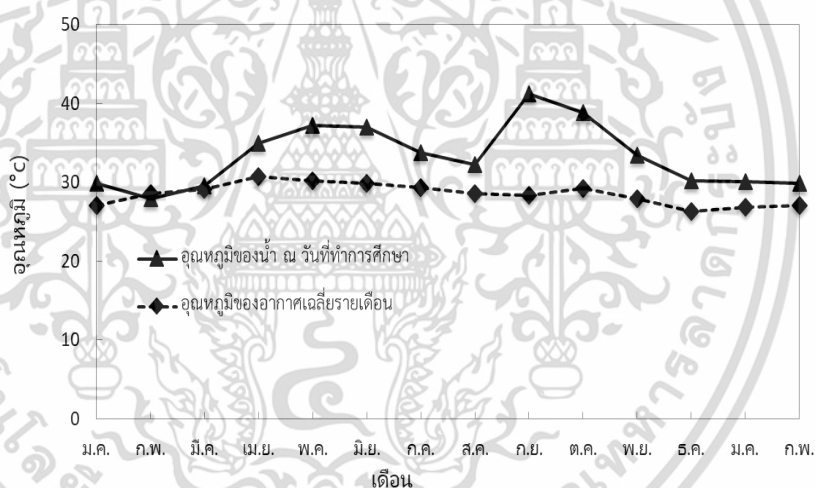
ภาพที่ 4.2 ลักษณะภายนอกของหอย *Stenothyra* sp. A: หอย *Stenothyra* sp. ที่ทำการศึกษ  
และ B: หอย *Stenothyra krungtepensis*  
ที่มา Brandt (1974) (B)

#### 4.2 สภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษาโดยการบันทึกค่า อุณหภูมิของน้ำ ณ วันที่ทำการศึกษา อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยรายเดือน ความเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และตรวจสอบปริมาณน้ำฝน ในแต่ละเดือนระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 ได้ผล ดังนี้ อุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง 27.9 – 41.2 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน 2561 และมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 จากภาพที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิของน้ำลดลงในช่วงเดือน ธันวาคม ถึง เดือนมีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.9 – 30.2 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายนอุณหภูมิของน้ำเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากเข้าสู่ช่วงฤดูร้อน โดยมีค่าเท่ากับ 37.2 องศาเซลเซียส ในเดือนพฤษภาคม 2561 และในกลางเดือนกรกฎาคมเข้าสู่ฤดูฝนอุณหภูมิลดลงเล็กน้อย และกลับมาขึ้นสูงอีกครั้งในเดือนกันยายน 2561 ซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับ 41.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยรายเดือน มีค่าระหว่าง 26.28 – 30.74 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 4.3 พบว่าช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.28 – 28.58 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.07 – 30.74 องศาเซลเซียส และในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 28.39 – 29.37 องศาเซลเซียส ส่วนความเค็มมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 15 – 32 พีพีที มีค่าความเค็มสูงสุดในเดือนมกราคม 2561 และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม

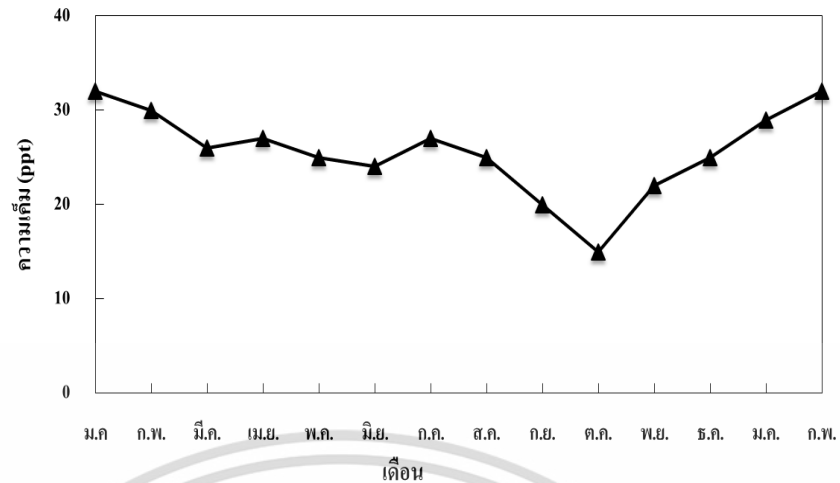
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2561 จากภาพที่ 4.4 พบว่าความเค็มลดลงในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง เดือนตุลาคม (15 – 25 พีพีที) และเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (22 – 32 พีพีที) ส่วนในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนกรกฎาคมความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (24 – 27 พีพีที) ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ทำการศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยเวลาที่ทำการศึกษามีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 1113.6 มิลลิเมตร จากภาพที่ 4.5 พบว่าเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม โดยมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 250.2 และ 271.3 มิลลิเมตรตามลำดับ และช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม มีปริมาณน้ำฝนน้อยมากอยู่ที่ระหว่าง 2.1 – 11.1 มิลลิเมตร และเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในพื้นที่ดังกล่าว ในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงความเค็มของน้ำมีค่าลดลง และมีความเค็มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในพื้นที่ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ โดยมีค่าระหว่าง 7.3 - 8.74 (ภาพที่ 4.6)

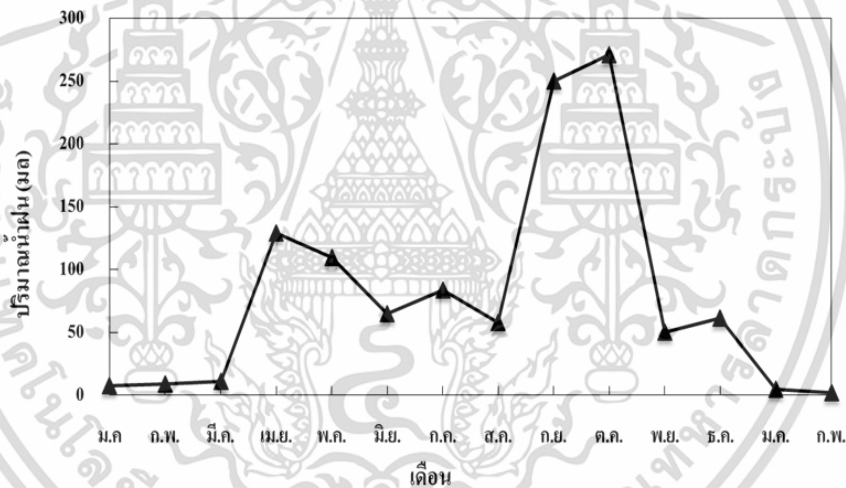


ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา และอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยรายเดือน ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

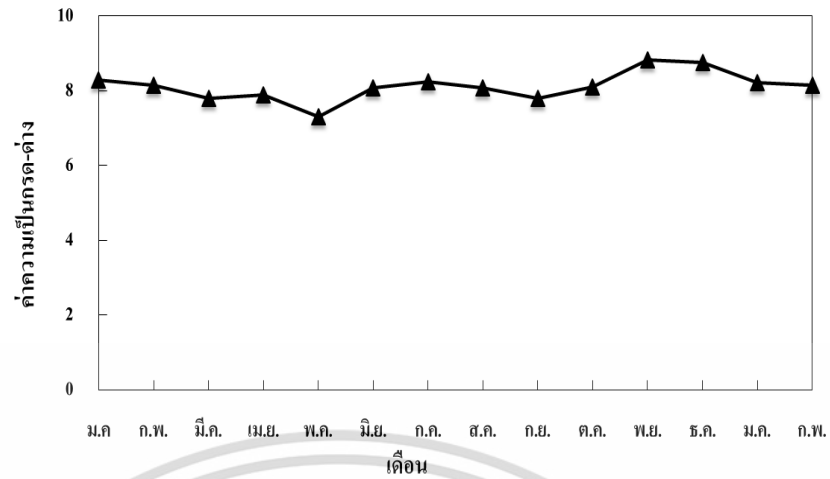


ภาพที่ 4.4 ความเค็มของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562



ภาพที่ 4.5 ปริมาณน้ำฝนในบริเวณที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562



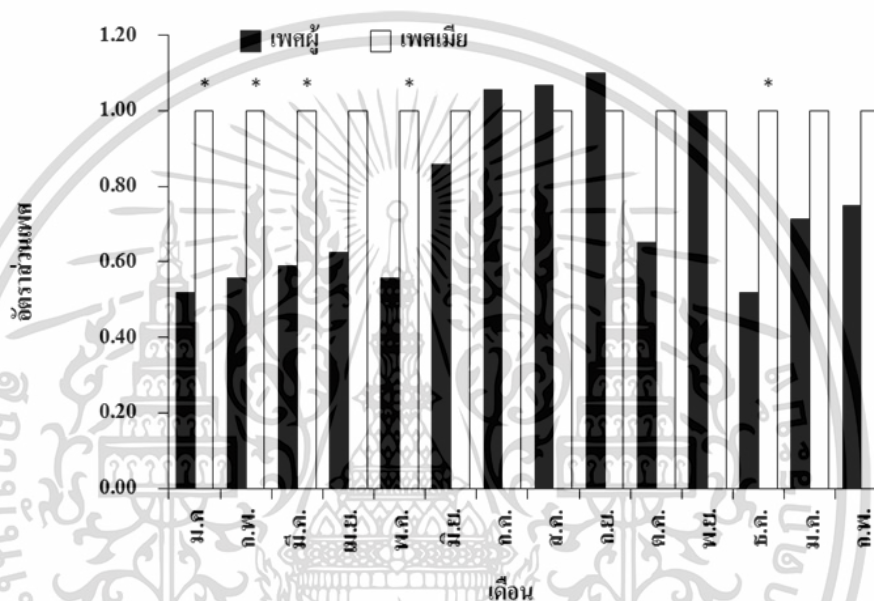
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 อัตราส่วนเพศ

จากการศึกษาอัตราส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp. ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 ติดต่อกันเป็นเวลา 14 เดือน ได้ทำการคัดเลือกหอยที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1.60 มิลลิเมตร ขึ้นไป พบว่ามีจำนวนตัวอย่างหอยทั้งหมด 1130 ตัว พบว่าเป็นเพศผู้ 469 ตัว และเพศเมีย 661 ตัว จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 0.71 : 1.00 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อแยกวิเคราะห์อัตราส่วนเพศของหอยในแต่ละเดือนพบว่าอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมีย มีค่าอยู่ที่ระหว่าง 0.52 : 1.00 จนถึง 1.10 : 1.00 โดยเดือนที่อัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และเพศเมีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) คือเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พฤษภาคม และเดือนธันวาคม 2561 มีอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และเพศเมียเท่ากับ 0.52 : 1.00, 0.56 : 1.00, 0.59 : 1.00, 0.56 : 1.00 และ 0.52 : 1.00 ตามลำดับ ในแต่ละเดือนพบว่าส่วนมากจำนวนของหอยเพศเมียมีมากกว่าจำนวนของหอยเพศผู้ แต่ในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และเดือนกันยายน 2561 พบว่าจำนวนของหอยเพศผู้มากกว่าหอยเพศเมีย โดยมีอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมียเท่ากับ 1.06 : 1.00, 1.07 : 1.00 และ 1.10 : 1.00 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 4.7) การศึกษาอัตราส่วนเพศมีความสำคัญในการคาดการณ์ขนาดของประชากรและผลต่อสิ่งแวดล้อม จากรายงานการศึกษาอัตราส่วนเพศของหอยฝาเดียวพบทั้งอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และเพศเมียไม่แตกต่างกัน และอัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมียแตกต่างกัน แต่โดยส่วนใหญ่พบว่าหอยฝาเดียวมีอัตราส่วนเพศของหอยเพศเมียมากกว่าหอยเพศผู้ อย่างเช่น หอย *Babylonia areolate* (จินตมาศ สุวรรณจรัส และคณะ 2551) และหอย *Helicon pruinosus* (Henninger and Hodgson, 2001) โดยพฤติกรรมการสืบพันธุ์ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม การกินอาหาร ล้วนมีผลต่ออัตราส่วนเพศของหอยฝาเดียว หอย *Hexaplex trunculus* (Elhasni et al., 2010), *Adelomelon brasilana* (Cledon et al., 2005), *Littoraria arduiniana* (Gimenez and Penchaszadeh, 2002) พบอัตราส่วนของหอยเพศเมียมากกว่าหอยเพศผู้ในช่วงการสืบพันธุ์ เนื่องจากหอยเพศเมียเคลื่อนที่มากขึ้นเพื่อหาที่วางไข่ที่เหมาะสม ในขณะที่หอยเพศผู้จะกินอาหารน้อยลงและเริ่มจับคู่จึงทำให้เคลื่อนที่น้อยลง ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาอัตราส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษานี้เนื่องจากในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อัตราส่วนเพศระหว่างหอยเพศเมียและเพศผู้ ของหอย *Stenothyra* sp. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้พฤติกรรมการกินอาหารของหอยฝาเดียวยังส่งผลให้พบอัตราส่วนเพศของหอยเพศเมียมากกว่าหอยเพศผู้ เนื่องจากในช่วงของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์หอยฝาเดียวเพศเมียต้องการสะสมโปรตีนในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการเจริญเติบโตมากกว่าหอยฝาเดียวเพศผู้ทำให้หอยเพศเมียมีการเคลื่อนที่เพื่อหาอาหารมากกว่าหอยเพศผู้ (Elhasni et al., 2013) และปัจจัยสิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อการกินอาหารพบว่าเมื่ออุณหภูมิและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค็มสูงขึ้นหอยฝาเดียวจะมีการกินอาหารมากขึ้น (Penchaszaden and Gimenez, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาอัตราส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษาคพบอัตราส่วนเพศของหอยเพศเมียมากกว่าหอยเพศผู้ ในช่วงเดือนที่มีความเค็มของน้ำสูง (25 – 32 พีพีที) และเป็นช่วงพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่ออัตราส่วนระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมีย เช่นความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศที่อยู่อาศัย จำนวนประชากรของหอยฝาเดียว เป็นต้น (Elhasni *et al.*, 2013)



ภาพที่ 4.7 อัตราส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp. ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2562

\*แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนเพศของหอย *Stenothyra* sp. ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือน  
กุมภาพันธ์ 2562

เดือน	เพศผู้		เพศเมีย		สัดส่วนเพศ เพศผู้ : เพศเมีย
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
มกราคม	45	34.09	87	65.91	0.52 : 1.00*
กุมภาพันธ์	30	35.71	54	64.29	0.56 : 1.00*
มีนาคม	30	37.04	51	62.96	0.59 : 1.00*
เมษายน	30	38.46	48	61.54	0.63 : 1.00
พฤษภาคม	30	35.71	54	64.29	0.56 : 1.00*
มิถุนายน	30	46.15	35	53.85	0.86 : 1.00
กรกฎาคม	38	51.35	36	48.65	1.06 : 1.00
สิงหาคม	48	51.61	45	48.39	1.07 : 1.00
กันยายน	33	52.38	30	47.62	1.10 : 1.00
ตุลาคม	30	39.47	46	60.53	0.65 : 1.00
พฤศจิกายน	35	50.00	35	50.00	1.00 : 1.00
ธันวาคม	30	34.09	58	65.91	0.52 : 1.00*
มกราคม	30	41.67	42	58.33	0.71 : 1.00
กุมภาพันธ์	30	42.86	40	57.14	0.75 : 1.00
รวม	469	41.50	661	58.50	0.71 : 1.00*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp.

##### 4.4.1 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้

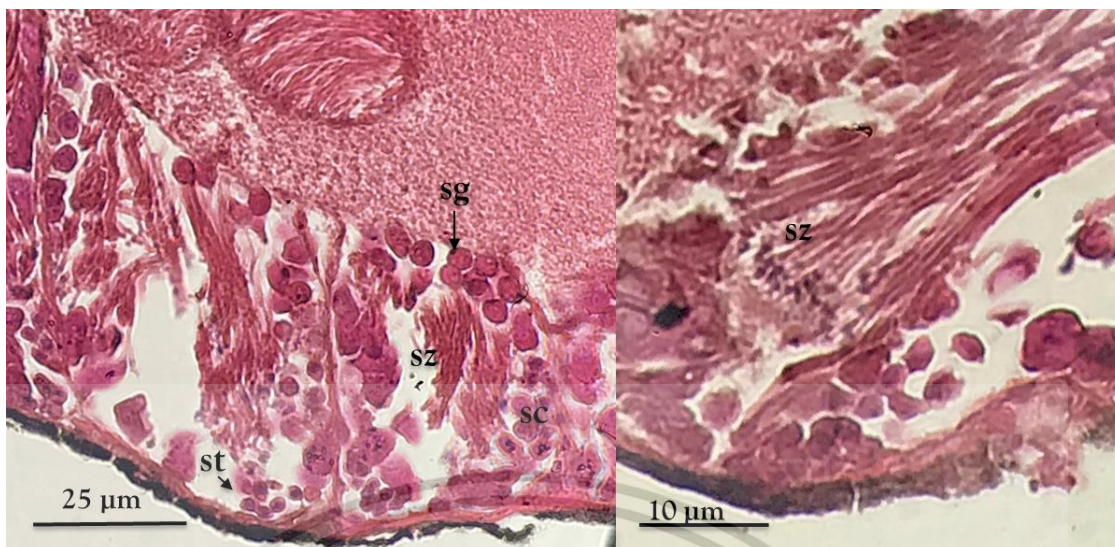
อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศผู้ (testis) พบอยู่ในช่วงสไปร์ของหอย อยู่ติดกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) และต่อมย่อยอาหาร (digestive gland) สังเกตได้จากภายในของ testis พบหลอดสร้างอสุจิ (seminiferous tubules) จำนวนมากมีขนาดแตกต่างกันไปตามช่วงของการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (ภาพที่ 4.10A) ภายในหลอดสร้างอสุจิประกอบไปด้วยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ซึ่งกระบวนการสร้างอสุจิ (spermatogenesis) จำแนกได้ออกเป็น 4 ระยะ คือ Spermatogonia, Spermatoocyte, Spermatoxid และ Spermatozoa (ภาพที่ 4.8) คล้ายคลึงกับระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของ หอยฝาเดียว *Adelomelon ancilla* (Penchaszadeh et al., 2009), หอยฝาเดียว *Adelomelon brasiliana* (Cledon et al., 2005), หอยฝาเดียว *Zidona dufresnei* (Penchaszadeh and Gimenez, 2002) และหอยฝาเดียว *Littoraria ardouinblana* (Ng and Williams, 2012) แต่ละระยะมีรายละเอียดดังนี้

1. Spermatogonia (Sg) เซลล์สืบพันธุ์ในระยะนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะอยู่บริเวณผนังหลอดสร้างอสุจิ เซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้มีลักษณะกลม มีขนาด 2-3 ไมโครเมตร นิวเคลียสมีขนาดใหญ่เกือบเต็มเซลล์ ภายในนิวเคลียสพบเส้นใยโครมาตินกระจายอย่างหลวมๆโดยย้อมติดสีน้ำเงินจาง (ภาพที่ 4.8)

2. Spermatoocyte (Sc) เซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้เรียงตัวอัดเข้ามาใน Lumen ของหลอดสร้างอสุจิ โดยอยู่ถัดจาก spermatogonia ซึ่งเซลล์มีลักษณะกลมขนาดใหญ่กว่า spermatogonia เล็กน้อย มีขนาดประมาณ 5-7 ไมโครเมตร นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ เส้นใยโครมาตินเริ่มขดตัวกันแน่นมากขึ้น ทำให้ย้อมติดสีน้ำเงินมากขึ้น (ภาพที่ 4.8)

3. Spermatoxid (St) เซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้รวมกลุ่มกันในบริเวณ Lumen ของหลอดสร้างอสุจิ และมีขนาดเล็กกว่า spermatoocyte โดยเห็นเป็นจุดเข้ม เนื่องจากเส้นใยโครมาตินขดตัวกันแน่นมากขึ้น มีลักษณะที่ไม่แน่นอน และนิวเคลียสมีขนาดเล็ก (ภาพที่ 4.8)

4. Spermatozoa (Sz) เซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้เป็นเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญเต็มที่แล้ว อยู่ในบริเวณ Lumen ของหลอดสร้างเซลล์อสุจิเป็นจำนวนมาก โดยอยู่ถัดจาก spermatoxid ส่วนหัวเซลล์มีขนาดเล็กย้อมติดสีน้ำเงิน และส่วนหางย้อมติดสีชมพู (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้ในระยะต่างๆ ; sg = spermatogonia, sc = spermatocytes, st = spermatid and sz = spermatozoa

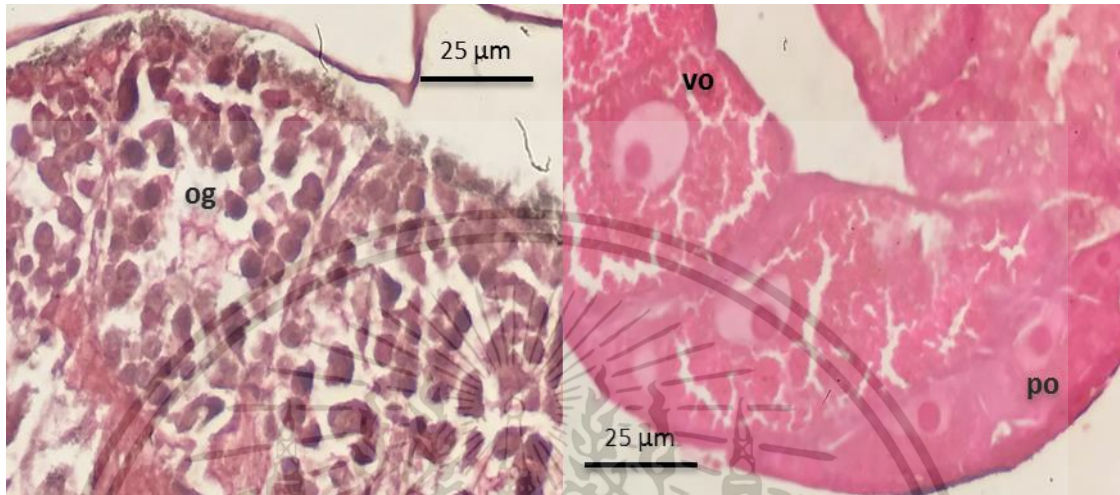
#### 4.4.2 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศเมีย

อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย (ovary) พบอยู่ในช่วงสไปร์ของหอยมีลักษณะเป็นกระเปาะ สีน้ำตาลอ่อน อยู่ติดกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) และต่อมย่อยอาหาร (digestive gland) สังกะได้อาจมาจากภายในของ ovary พบโครงสร้างคล้ายถุงเรียกว่า ฟอลลิเคิล (follicle) จำนวนมาก โดยฟอลลิเคิลมีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน และหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (ภาพที่ 4.10B) ภายในฟอลลิเคิลมีเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (female germ cell) ซึ่งจำแนกได้ 3 ระยะ คือ Oogonia, Previtellogenic oocytes และ Vitellogenic oocytes (ภาพที่ 4.9) แต่ละระยะมีรายละเอียดดังนี้

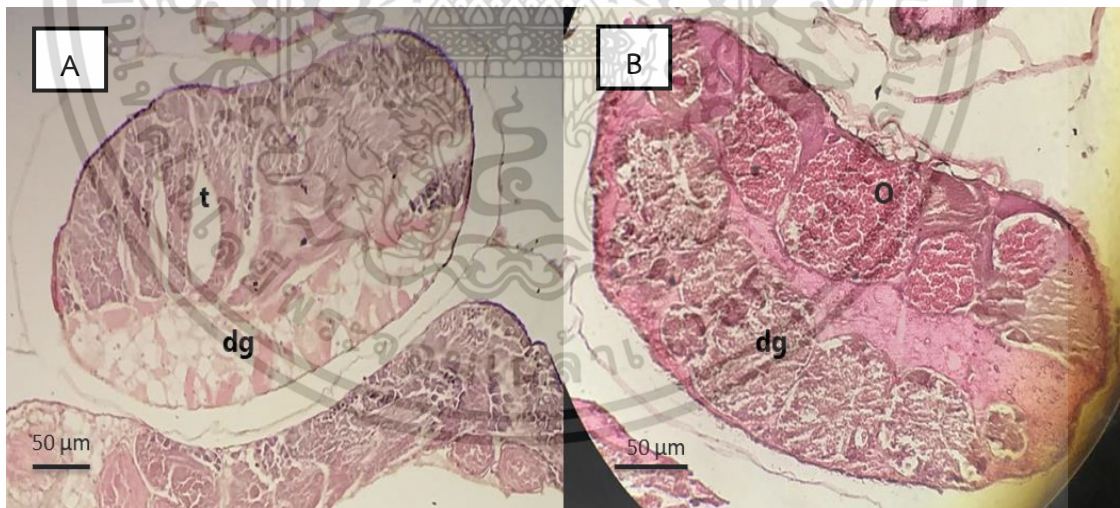
1. Oogonia (Og) เป็นเซลล์ระยะแรกลักษณะรูปร่างค่อนข้างรีเป็นรูปไข่ มีขนาดประมาณ 5 - 10 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเซลล์ระยะอื่น มักเกาะติดอยู่กับขอบผนังฟอลลิเคิล นิวเคลียสกลม มีไฮโทพลาสซึมเล็กน้อย เส้นใยโครมาตินเห็นเป็นจุดเล็กย้อมติดสีชมพูเข้มอยู่รอบนิวเคลียส (ภาพที่ 4.9)

2. Previtellogenic oocytes (Po) เซลล์ไขในระยะนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเซลล์ไขในระยะ oogonia มีขนาดประมาณ 10 - 25 ไมโครเมตร รูปร่างค่อนข้างรี มักอยู่ติดขอบผนังฟอลลิเคิล นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมและมีไฮโทพลาสซึมย้อมติดสีแดงล้อมรอบนิวเคลียสเล็กน้อย (ภาพที่ 4.9)

3. Vitellogenic oocytes (Vo) เซลล์ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีขนาดประมาณ 30 - 60 ไมโครเมตร เป็นเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาสมบูรณ์แล้ว นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ ภายในนิวเคลียสใส นิวคลีโอลัสย้อมติดสีชมพูเข้ม ไซโทพลาสซึมย้อมติดสีแดงอยู่รอบนิวเคลียส เซลล์ไข่มีการสะสม yolk (ภาพที่ 4.9)



ภาพที่ 4.9 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศเมียในระยะต่างๆ ; og = oogonia, po = previtellogenic oocytes and vo = vitellogenic oocytes



ภาพที่ 4.10 ลักษณะอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. A: อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศผู้, B: อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย ; t = testis, o = ovary and dg = digestive gland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ระยะเวลาพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์

จากการตรวจสอบการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของตัวอย่างหอยที่ย้อมด้วยสี H&E ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หอยทั้งเพศผู้และเพศเมียสามารถแบ่งระยะของการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ออกเป็น 5 ระยะ ตามพัฒนาการและปริมาณของเซลล์สืบพันธุ์ที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการพัฒนาซึ่งมีลักษณะดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว (resting stage) เป็นระยะพักตัวและเตรียมเริ่มวงจรการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ใหม่ ในระยะนี้ขนาดของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์มีขนาดเล็ก เซลล์สืบพันธุ์ที่พบในระยะนี้มีจำนวนไม่มากนัก ภายใน testis ของหอยเพศผู้พบว่า หลอดสร้างอสุจิมีขนาดเล็กและมีผนังที่หนาพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ spermatogonia และ spermatocytes ตามขอบของผนังเท่านั้น (ภาพที่ 4.11A) ส่วนในหอยเพศเมียลักษณะของฟอลลิเคิลมีผนังที่บาง เซลล์สืบพันธุ์ที่พบส่วนใหญ่คือเซลล์สืบพันธุ์ระยะ oogonia และสามารถพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ previtellogenic oocytes อยู่เล็กน้อย (ภาพที่ 4.12A)

ระยะที่ 2 ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ (developing stage) ในระยะนี้จะเริ่มพบการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้พบเซลล์สืบพันธุ์ทุกระยะขนาดของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นจากการขยายตัวของหลอดสร้างอสุจิและเยื่อผนังฟอลลิเคิล ในหอยเพศผู้จะมีจำนวนของ spermatogonia และ spermatocytes มากขึ้น และยังสามารถพบ spermatid และเริ่มพบหางของ spermatozoa บ้างเล็กน้อยอยู่ตรงกลางของหลอดสร้างอสุจิ (ภาพที่ 4.11B) ในหอยเพศเมียเซลล์สืบพันธุ์ที่พบมากที่สุดคือ ระยะ previtellogenic oocytes ติดอยู่กับเยื่อผนังฟอลลิเคิล มีนิวเคลียสที่อยู่ภายในไซโตพลาสซึม มีขนาดประมาณ 10 - 20 ไมโครเมตร และพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ oogonia และเซลล์สืบพันธุ์ระยะ vitellogenic oocytes บ้างเล็กน้อย (ภาพที่ 4.12B)

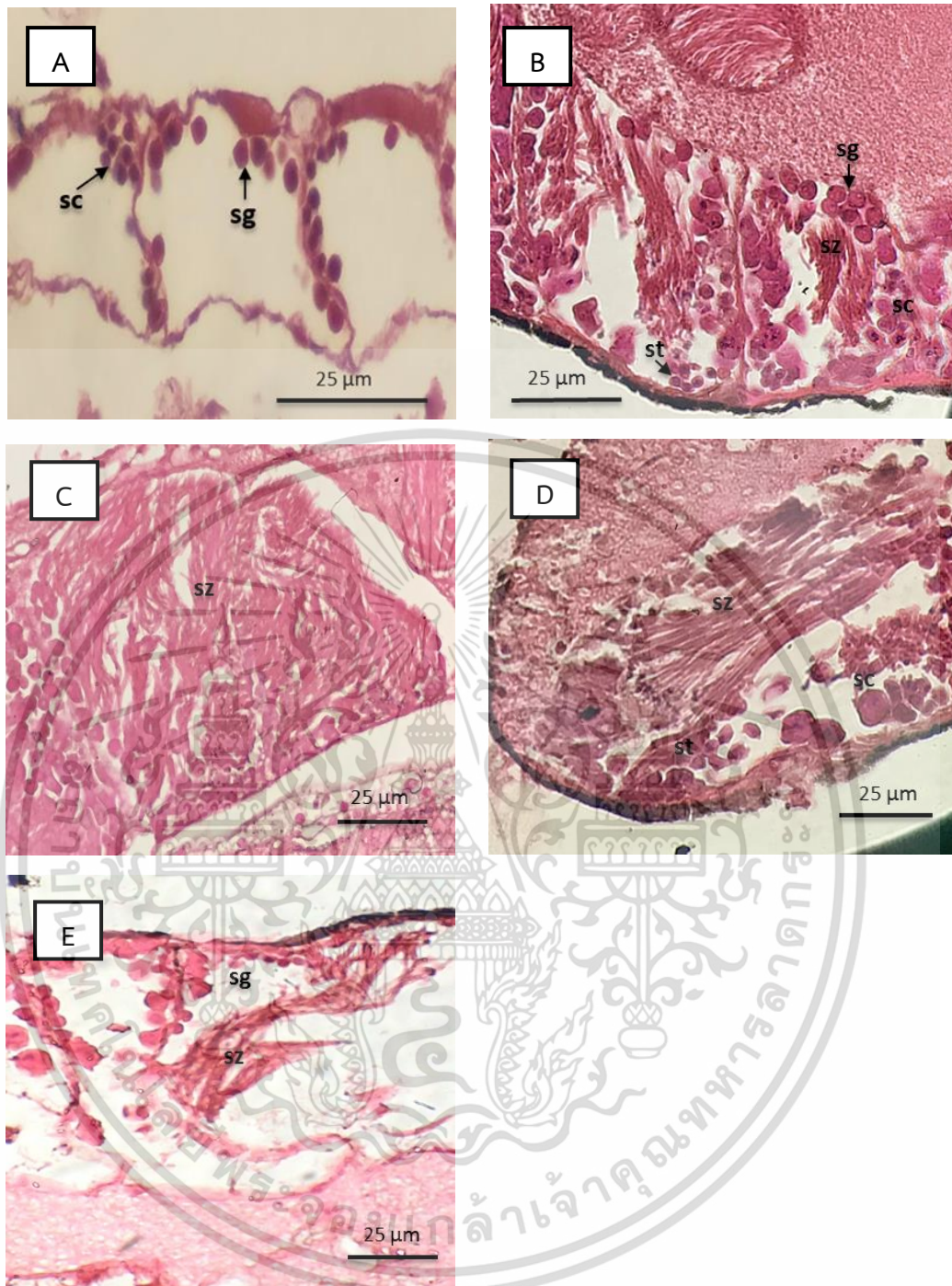
ระยะที่ 3 ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ (maturing stage) ระยะนี้เป็นระยะที่เซลล์สืบพันธุ์อยู่ในระยะที่สมบูรณ์พร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ในหอยเพศผู้พบว่าหลอดสร้างอสุจิมีลักษณะที่ขยายใหญ่ขึ้นมีผนังที่บางลงสามารถแยกขอบของผนังได้อย่างชัดเจน พบ spermatozoa ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์ที่อยู่ในระยะสมบูรณ์ เป็นจำนวนมากรวมตัวอยู่ส่วนกลางของหลอดสร้างอสุจิ และยังสามารถพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะอื่นอยู่บ้างตามขอบของหลอดสร้างอสุจิ (ภาพที่ 4.11C) ในหอยเพศเมีย เยื่อผนังฟอลลิเคิลขยายติดกับเนื้อเยื่อของอวัยวะที่อยู่ใกล้เคียงจนไม่สามารถเห็นขอบผนังได้อย่างชัดเจน ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ไข่พบ yolk granule จำนวนมาก (vitellogenic oocytes) ซึ่งเป็นเซลล์ไข่ในระยะสมบูรณ์ มีขนาดประมาณ 50 - 70 ไมโครเมตร และพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะ previtellogenic oocytes อยู่บ้างตามขอบของผนังฟอลลิเคิล (ภาพที่ 4.12C)

ระยะที่ 4 ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawning stage) ในระยะนี้เป็นช่วงที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้น ผนังของหลอดสร้างอสุจิและเยื่อผนังฟอลลิเคิลบางส่วนจะเริ่มสลาย ในหอยเพศผู้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบ spermatozoa ที่มีปริมาณลดน้อยลงและพบช่องว่างเนื่องจาก spermatozoa บางส่วนได้ถูกปล่อยไปแล้ว โดยบริเวณขอบผนังของหลอดสร้างอสุจิยังสามารถพบ spermatocytes อยู่บ้างเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.11D) ในหอยเพศเมียพอลลิเคิลมีลักษณะขยายเต็มที่เหมือนกับระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ แต่ภายในปรากฏช่องว่างจากเซลล์ไข่ที่ถูกปล่อยไปแล้ว โดยพบ vitellogenic oocytes หลงเหลืออยู่บ้างเล็กน้อย (ภาพที่ 4.12D)

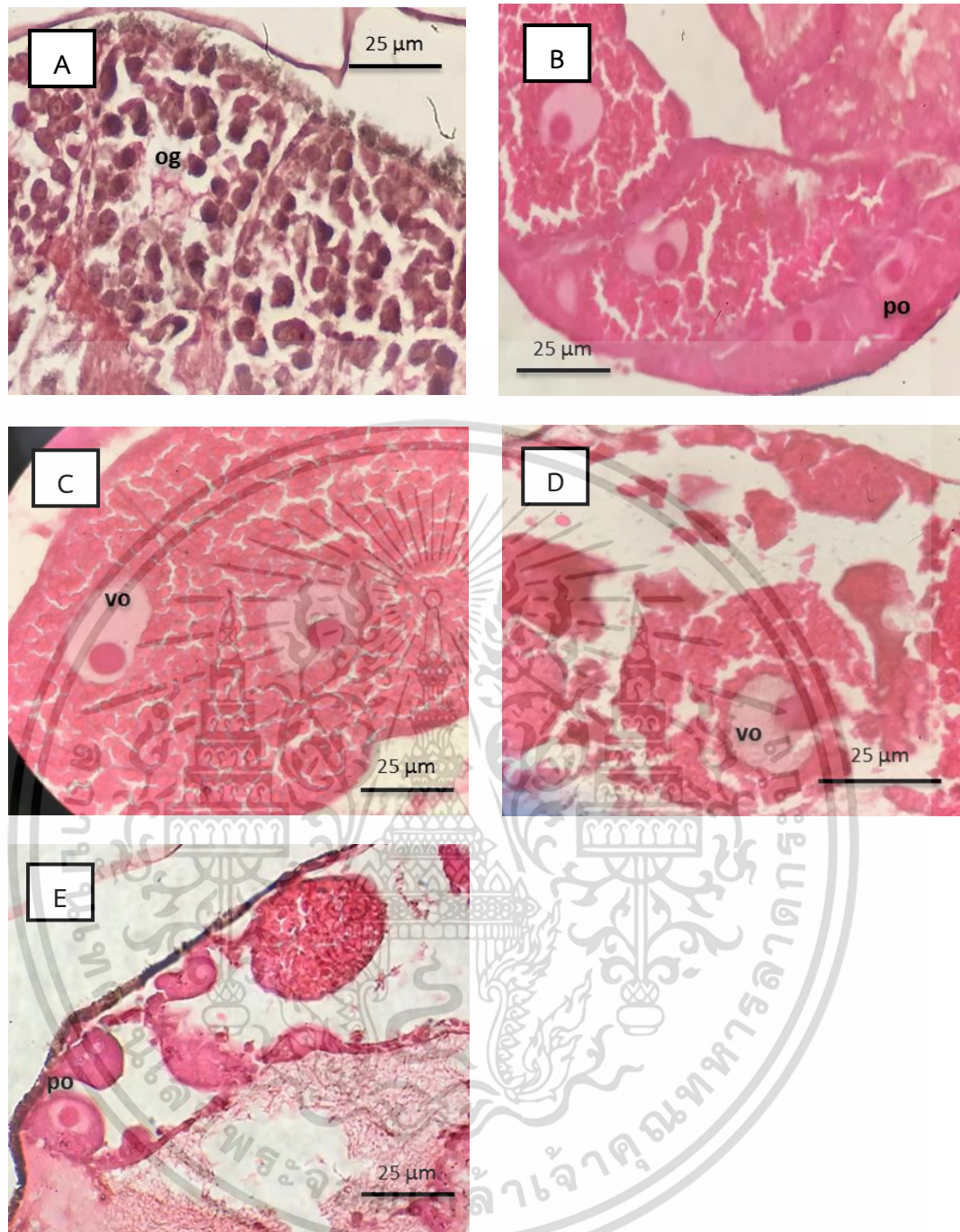
ระยะที่ 5 ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spent stage) หลังจากมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ขนาดของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีขนาดที่เล็กลง หลอดสร้างอสุจิและเยื่อบุผนังพอลลิเคิลที่อยู่ภายในเริ่มสลายเพื่อนำสารอาหารกลับไปใช้ใหม่ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์รอบต่อไป ในระยะนี้จะพบเซลล์สืบพันธุ์หลงเหลืออยู่ไม่มากนัก ในหอยเพศผู้จะพบ spermatozoa อยู่บ้างเล็กน้อย (ภาพที่ 4.11E) ในหอยเพศเมียปรากฏช่องว่างอย่างชัดเจนจากการที่เยื่อบุผนังพอลลิเคิลเริ่มสลาย เซลล์ไข่ที่พบเหลืออยู่จะเป็นเซลล์ไข่ที่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ (ภาพที่ 4.12E)

การพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวส่วนใหญ่สามารถแบ่งได้ออก เป็น 5 ระยะ ซึ่งตรงกับการศึกษาในหอยหวน *Babylonia areolata* (จินตมาศ สุวรรณจรัส และคณะ 2551), *Strombus gigas* (Aranda et al., 2003), *Adelomelon brasilana* (Cledon et al., 2005) และ *A ancilla* (Penchazadeh et al., 2009) โดยหอยฝาเดียวมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์อยู่ตลอด ทำให้บางครั้งในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ในหอยเพศผู้และเพศเมียสามารถพบ spermatogonia และ oogonia ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์ในระยะเริ่มต้นเกิดที่ขึ้นใหม่เพื่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในรอบต่อไป ทำให้สังเกตระยะการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ได้ค่อนข้างยาก โดยทำให้ในหอยฝาเดียวบางชนิด เช่น *Hexaplex trunculus* (Elhasni et al., 2010) สามารถแบ่งระยะของการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้เพียง 4 ระยะ และจากการที่หอยฝาเดียวมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์อยู่ตลอดทำให้ ในหอยฝาเดียวเพศผู้บางชนิดพบว่าอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์ตลอดทั้งปี เช่น ในหอย *Adelomelon ancilla* (Penchazadeh et al., 2009) ข้อมูลการพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เป็นข้อมูลที่สำคัญเมื่อศึกษาอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถรู้ช่วงของการสืบพันธุ์และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และทราบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในรอบปี



ภาพที่ 4.11 ลักษณะเนื้อเยื่อของ testis ในระยะต่างๆ A: ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, B: ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, C: ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ , D: ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ E: ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ; sg = spermatogonia, sc = spermatocytes, st = spermatid and sz = spermatozoa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ลักษณะทางเนื้อเยื่อของ ovary ในระยะต่างๆ A: ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, B: ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, C: ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่, D: ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ E: ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ; og = oogonia, po = previtellogenic oocytes and vo = vitellogenic oocytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 ขนาดแรกสืบพันธุ์

หอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. ที่ทำการสุ่มตัวอย่างตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีขนาดตั้งแต่ 0.80 – 3.00 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างหอยจากหอยที่ทำการเก็บในแต่ละเดือน โดยฤดูร้อนเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวเป็นตัวอย่างหอยที่เก็บในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ แบ่งตัวอย่างหอยในแต่ละฤดูออกเป็น 6 ขนาด ขนาดละ 10 ตัว แบ่งช่วงของขนาดดังนี้ ขนาดที่ 1 มีความยาว 0.7 – 1.0 มิลลิเมตร ขนาดที่ 2 มีความยาว 1.1 – 1.4 มิลลิเมตร ขนาดที่ 3 มีความยาว 1.5 – 1.8 มิลลิเมตร ขนาดที่ 4 มีความยาว 1.9 – 2.2 มิลลิเมตร ขนาดที่ 5 มีความยาว 2.3 – 2.6 มิลลิเมตร และขนาดที่ 6 มีความยาว 2.7 – 3.0 มิลลิเมตร โดยแต่ละขนาดมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ  $0.95 \pm 0.09$ ,  $1.35 \pm 0.10$ ,  $1.75 \pm 0.06$ ,  $2.15 \pm 0.07$ ,  $2.35 \pm 0.06$  และ  $2.75 \pm 0.09$  มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำตัวอย่างหอยมาผ่านกระบวนการตามวิธีทางเนื้อเยื่อวิทยา (Histological technique) และไปส่องใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อตรวจสอบการพบอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ โดยกำหนดให้หอยที่พบอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์และภายในพบการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์นั้นเป็นหอยที่สามารถสืบพันธุ์ได้แล้ว พบว่าในฤดูร้อน หอยในขนาดที่ 1 และ 2 จากลักษณะของเนื้อเยื่อยังไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และหอยในขนาดที่ 3 พบว่ามีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหอยในขนาดที่ 4, 5 และ 6 พบการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.2) ในฤดูฝนหอยในขนาดที่ 1 และ 2 จากลักษณะของเนื้อเยื่อยังไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และหอยในขนาดที่ 3 พบว่ามีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหอยในขนาดที่ 4, 5 และ 6 พบการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.3) ส่วนในฤดูหนาว หอยทั้งหมดในขนาดที่ 1 จากลักษณะของเนื้อเยื่อยังไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ หอยในขนาดที่ 2 และ 3 พบว่ามีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 20 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหอยในขนาดที่ 4, 5 และ 6 พบการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.4) เมื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของหอยกับสัดส่วนของสัตว์น้ำในวัยเจริญพันธุ์ต่อสัตว์น้ำทั้งหมดด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (logistic model) ตามวิธีการของ Pauly (1984) เพื่อหาขนาดแรกสืบพันธุ์ที่สัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าขนาดแรกสืบพันธุ์ของตัวแทนประชากรหอยในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าเท่ากับ 1.71, 1.71 และ 1.63 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าจำนวนของหอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. ในขนาดเหล่านี้ จะเป็นวัยเจริญพันธุ์ 50 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.13) และพบว่าหอยที่มีขนาดเปลือก 1.9 มิลลิเมตรขึ้นไป จะมีการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ 100 เปอร์เซ็นต์โดยในฤดูหนาวหอย *Stenothyra* sp. มีขนาดแรกสืบพันธุ์เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูอื่น จากข้อมูลอัตราส่วนเพศในเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว อัตราส่วนของหอยเพศเมียมากกว่าหอยเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเหตุผลให้หอย *Stenothyra* sp. มีขนาดแรกสืบพันธุ์เร็วกว่าหอยในฤดูอื่น เนื่องจากโดยทั่วไปหอยฝาเดียวเพศเมียมีการเจริญเติบโตและการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เร็วกว่าหอยเพศผู้ (Elhasni *et al.*, 2013) เมื่อเทียบขนาดแรกสืบพันธุ์กับความยาวเปลือกสูงสุดของหอย *Stenothyra* sp. ที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษานี้เท่ากับ 3.00 มิลลิเมตร และพบว่าหอย *Stenothyra* sp. จะถึงวัยเจริญพันธุ์เมื่อความยาวเปลือกมีสัดส่วนเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ ของความยาวเปลือกสูงสุด ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Elhasni *et al.* (2010) ในหอย *Hexaplex trunculus* มีขนาดความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 68.70 มิลลิเมตร โดยพบว่าหอยชนิดนี้มีขนาดแรกสืบพันธุ์เมื่อมีความยาวเปลือก 36.90 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเปลือกสูงสุด และจากการศึกษาของ Averbuj *et al.* (2010) ในหอย *Buccinanops cochlidium* ตัวผู้และตัวเมียมีขนาดความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 91 และ 100 มิลลิเมตร และมีขนาดแรกสืบพันธุ์เมื่อมีความยาวเปลือก 80 และ 88.3 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็น 87.9 และ 88.3 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเปลือกสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆก็อาจจะส่งผลต่อขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียวอีกด้วยเนื่องจากมีการศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่คนละพื้นที่พบว่ามีความยาวเปลือกที่แตกต่างกัน โดยมีการศึกษาของ Boman *et al.*, (2018) ได้ทำการศึกษานานแรกสืบพันธุ์ของหอย *Lobatus gigas* ในพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเล Carribean ใน 7 พื้นที่คือ Abaco, Exuma, St Barthelemy, St Eustatius, Saba bank, Barbados และ San andres archipelago พบว่าในแต่ละพื้นที่หอยเพศเมียมีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร และหอยเพศเมียในแต่ละพื้นที่มีขนาดแรกสืบพันธุ์เท่ากับ 13, 14, 9.5, 11, 7, 10 และ 8 มิลลิเมตร คิดเป็น 28.9, 31.1, 21.1, 24.4, 15.5, 22.2 และ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและหอยเพศผู้มีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร และหอยเพศผู้ในแต่ละพื้นที่มีขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยเพศผู้มีค่าเท่ากับ 8, 11, 11.5, 4, 9, 5 และ 4 มิลลิเมตร คิดเป็น 17.8, 24.4, 25.6, 8.9, 20, 111.1 และ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการศึกษาของ Avaca *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษานานแรกสืบพันธุ์ของหอย *Buccinanops globulosus* เพศเมีย ในอ่าว San matias ประเทศ Patagonia โดยทำการศึกษาใน 3 บริเวณคือ Bahia san antonio, Plava villarino และ Bahia nueva พบว่าหอยชนิดนี้มีความยาวเปลือกสูงสุดเท่ากับ 25.0, 44.7 และ 30.1 มิลลิเมตร และมีขนาดแรกสืบพันธุ์เท่ากับ 15.6, 38.7 และ 19.8 มิลลิเมตร ซึ่งมีสัดส่วนของขนาดแรกสืบพันธุ์ต่อขนาดสูงสุดอยู่ที่ 62.4, 87.8 และ 65.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความแตกต่างกันของขนาดแรกสืบพันธุ์ของในแต่ละพื้นที่เกิดจากความแปรปรวนของอุณหภูมิในในรอบปีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน โดยสัดส่วนของขนาดแรกสืบพันธุ์ต่อความยาวสูงสุดยังมีค่าน้อย แสดงถึงโอกาสที่มากขึ้นของการได้ผสมพันธุ์ของสัตว์น้ำเหล่านั้น โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ในหอย *Iravadia sakaguchii* เป็นหอยที่ใกล้จะสูญพันธุ์ มีสัดส่วนของขนาดแรกสืบพันธุ์ต่อขนาดสูงสุด ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. โดยข้อมูลของขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์มีความสำคัญต่อการรักษาประชากรของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ โดยการเก็บเกี่ยวสัตว์น้ำหรือการนำสัตว์น้ำมาใช้ประโยชน์ ควรที่จะมีขนาดมากกว่าขนาดแรกสืบพันธุ์เพื่อเป็นการยืนยันว่าสัตว์น้ำเหล่านั้นจะมีการสืบพันธุ์อย่างน้อยหนึ่งครั้งก่อนที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อที่จะให้ประชากรของสัตว์น้ำเหล่านั้นคงอยู่ต่อไปได้ (Marian *et al.*, 2012)

ตารางที่ 4.2 จำนวนของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม - เดือนพฤษภาคม)

ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	จำนวนที่พบเซลล์สืบพันธุ์
0.7-1.0	10	0
1.1-1.4	10	0
1.5-1.8	10	6
1.9-2.2	10	10
2.3-2.6	10	10
2.7-3.0	10	10
รวม	60	36

ตารางที่ 4.3 จำนวนของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายน - เดือนตุลาคม)

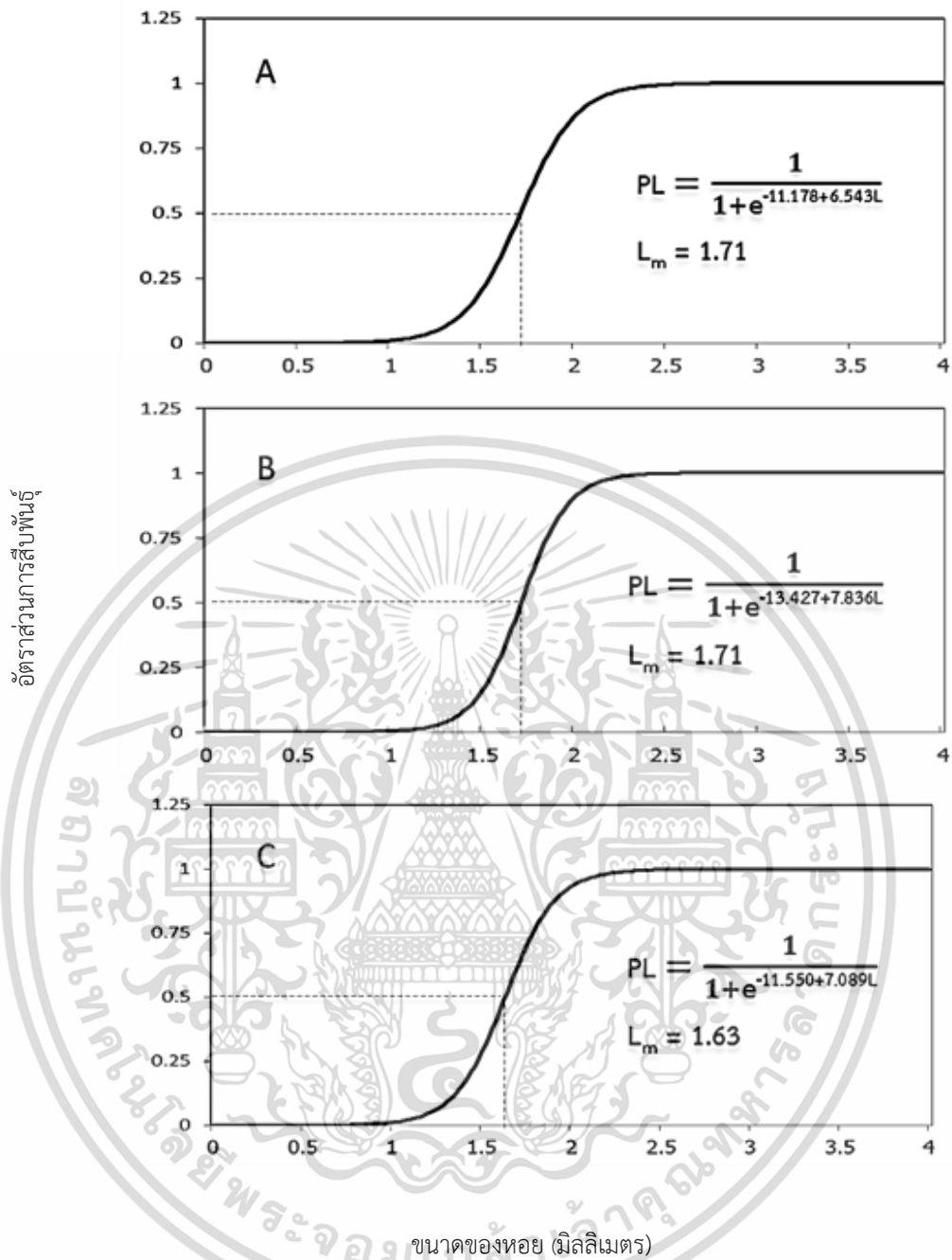
ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	จำนวนที่พบเซลล์สืบพันธุ์
0.7-1.0	10	0
1.1-1.4	10	0
1.5-1.8	10	4
1.9-2.2	10	10
2.3-2.6	10	10
2.7-3.0	10	10
รวม	60	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 จำนวนของหอย *Stenothyra* sp. ในแต่ละช่วงความยาวเปลือก 0.7 – 3.0 มิลลิเมตร ที่พบเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน - เดือนกุมภาพันธ์)

ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	จำนวนที่พบเซลล์สืบพันธุ์
0.7-1.0	10	0
1.1-1.4	10	2
1.5-1.8	10	6
1.9-2.2	10	10
2.3-2.6	10	10
2.7-3.0	10	10
รวม	60	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 อัตราส่วนสืบพันธุ์และขนาดของหอย *Stenothyra* sp. A: ฤดูร้อน, B: ฤดูฝน และ C: ฤดูหนาว ;  $L_m$  = ขนาดแรกสืบพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7 วงจรการสืบพันธุ์จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ (Histological analysis)

จากการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Stenothyra* sp. ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 – เดือนกุมภาพันธ์ 2562 ในแต่ละเดือนทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ โดยการคัดเลือกหอยเพศผู้ 20 ตัว และหอยเพศเมีย 20 ตัว ที่มีขนาดมากกว่า 2.00 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่พบว่ามีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 100 เปอร์เซ็นต์แล้ว พบว่าในแต่ละเดือนมีระยะเวลาพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์แตกต่างกัน ดังนี้

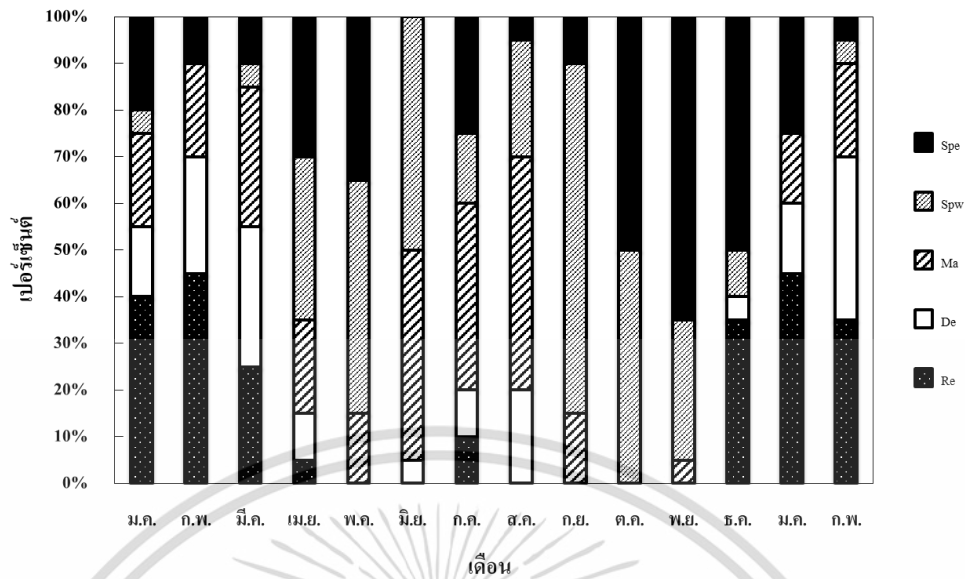
วงจรการสืบพันธุ์ในรอบปีของหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้ ในบริเวณที่ทำการศึกษา พบว่ามีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สูงสุด 2 รอบในช่วงปี คือช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนมิถุนายน และในช่วงเดือนกันยายน – เดือนตุลาคม โดยในเดือนมกราคม – เดือนมีนาคม 2561 อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัวโดยมีจำนวน 40, 45, และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หอยบางส่วนเริ่มเข้าสู่ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์มีจำนวน 15, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถัดมาในเดือนเมษายน 2561 หอยเพศผู้เริ่มมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพิ่มขึ้นในเดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายน 2561 มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ลดลงในเดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม 2561 มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยหอยส่วนใหญ่อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกันยายน 2561 หอยเพศผู้กลับมาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งโดยมีจำนวนถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ต่อเนื่อง ในเดือนตุลาคม 2561 หอยเพศผู้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่หอยเพศผู้ส่วนใหญ่ทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ทำให้ในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม 2561 หอยเพศผู้ส่วนใหญ่อยู่ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 65 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ หอยเพศผู้เริ่มมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 15 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.14)

วงจรการสืบพันธุ์ในรอบปีของหอย *Stenothyra* sp. เพศเมีย ในบริเวณที่ทำการศึกษา พบว่าอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัวค่อนข้างสั้น และมีอัตราส่วนของระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สูงอยู่ในช่วงเดือนเมษายน – เดือนพฤศจิกายน 2561 ในช่วงเดือนมกราคม 2561 อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยส่วนใหญ่อยู่ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หอย 30 เปอร์เซ็นต์ เริ่มมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนมีนาคม 2561 หอยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ 50 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และหอยบางส่วนพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์สมบูรณ์แล้ว 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นตั้งแต่เดือนเมษายน – เดือนพฤศจิกายน 2561 พบว่าหอยเพศเมียส่วนใหญ่อยู่ในช่วงปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีจำนวน 45, 50, 40, 35, 45, 40, 45, และ

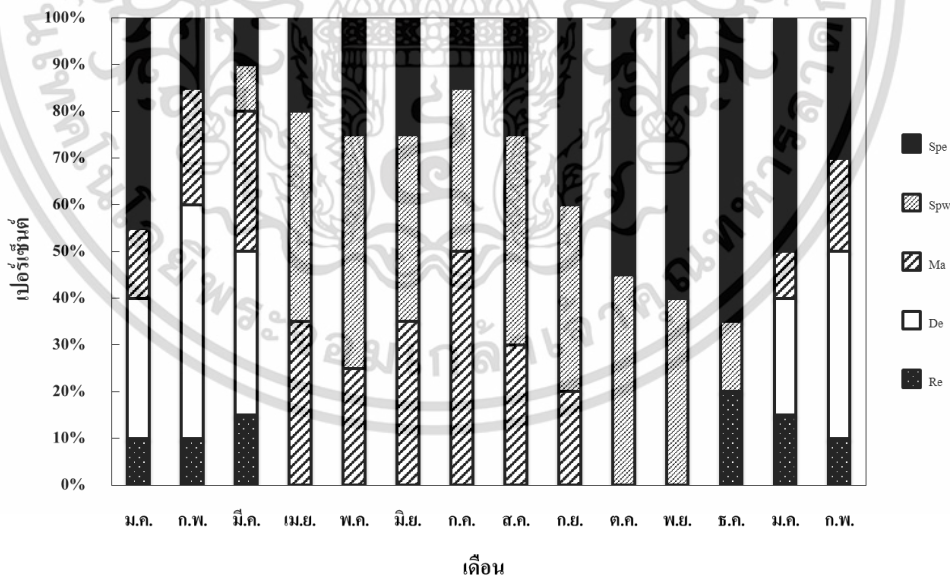
40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเพศเมียลดลงในเดือนธันวาคม 2561 ทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอยเพศเมียส่วนใหญ่อยู่ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 65 เปอร์เซ็นต์ และกลับมาพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีค่า 25 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.15)

จากวงจรการพัฒนาอวัยวะของหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีความสอดคล้องกัน คือหอยเริ่มมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนเมษายน และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพิ่มขึ้นในเดือนพฤษภาคม และเดือนมิถุนายน และในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมหอยเพศผู้ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด อวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่กลับมาอยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ในขณะที่หอยเพศเมียอัตราส่วนระหว่างระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่แตกต่างกันไม่มากนัก และในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคมทั้งหอยเพศผู้และเพศเมียส่วนใหญ่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้ง สรุปได้ว่าในรอบปี หอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษามีช่วงของการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อยู่ 2 ช่วง ซึ่งสอดคล้องกลับการศึกษาของของ Penchaszadeh *et al.* (2009) ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon ancilla* ในบริเวณชายฝั่งของทะเล Golfo Nuevo ประเทศอาร์เจนตินา เป็นระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่เดือนกันยายน 2000 ถึง เดือนกรกฎาคม 2004 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และเกิดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วง การศึกษาของ Cledon *et al.* (2005) ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Adelomelon brasilana* ในบริเวณชายฝั่ง Mar Chiquita ในมหาสมุทร Atlantic ประเทศอาร์เจนตินา เป็นระยะเวลา 24 เดือนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2000 ถึง เดือนธันวาคม 2002 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม อยู่ในช่วงฤดูร้อน และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือนมกราคม อยู่ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง และการศึกษาของ Gimenez and Penchaszadeh (2002) ทำการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว *Zidona dufresnei* ในบริเวณชายฝั่ง Mar del Plata ประเทศอาร์เจนตินา เป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 1999 ถึง เดือนธันวาคม 2000 พบว่าหอยชนิดนี้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์รอบแรกในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม ในช่วงฤดูร้อน และมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อีกครั้งในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วงเช่นกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหอยฝาเดียวจะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว



ภาพที่ 4.14 วงจรการพัฒนาวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้ ; Re = ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, De = ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, Ma = ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่, Spr = ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ Spe = ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์



ภาพที่ 4.15 วงจรการพัฒนาวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. เพศเมีย ; Re = ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว, De = ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์, Ma = ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่, Spr = ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และ Spe = ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับร้อยละของระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) พบว่า ในหอยเพศผู้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับอุณหภูมิของน้ำ ( $r = 0.972$ ) และปริมาณน้ำฝน ( $r = 0.836$ ) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับกลางกับอุณหภูมิอากาศ ( $r = 0.533$ ) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $r = 0.145$ ) และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความเค็ม ( $r = -0.752$ ) โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในหอยเพศเมียมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับอุณหภูมิของน้ำ ( $r = 0.814$ ) อุณหภูมิของอากาศ ( $r = 0.693$ ) และปริมาณน้ำฝน ( $r = 0.682$ )

มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $r = 0.167$ ) และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความเค็ม ( $r = -0.714$ ) โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 เมื่อดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงคือ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน หมายความว่าปริมาณร้อยละการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. จะมากขึ้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความเค็ม ซึ่งจะมีปริมาณร้อยละการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มลดลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาดเดียว จากการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ทั้งเพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิสูง (33.2 – 41.2 องศาเซลเซียส) โดยเริ่มมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนเมษายน ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน สอดคล้องกับการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอยฝาดเดียว *Littoraria melanostoma* (Ng and Williams, 2012), *Littoraria ardouinblana* (Ng and Williams, 2012), *Iravadia sakaguchii* (Kobayashii and Wada, 2004), *Strombus gigas* (Aranda et al., 2003), *Adelomelon ancilla* (Penchaszadeh et al., 2009), *Adelomelon brasiliiana* (Cledon et al., 2005) และ *Zidona dufresnei* (Penchaszadeh and Gimenez, 2002) ที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงฤดูร้อนเช่นเดียวกัน โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ อุณหภูมิที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาในรอบปีทำให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลเกิดการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งทางกายภาพ เช่น ช่วงเวลาของแสงระหว่างวัน ความโปร่งใสของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และในทางชีวภาพ เช่น การว่ายน้ำ การกินอาหารของสัตว์ที่เพิ่มขึ้น เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิซิมเพิ่มขึ้นเนื่องจากสัตว์มีการทำกิจกรรมที่เพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาที่กินอาหารมากขึ้นส่งผลให้หอยฝาเดียวมีการสะสมโปรตีนที่ใช้ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่มากขึ้น (Penchaszaden and Gimenez, 2002) และอุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลต่อ พฤติกรรมการจับคู่ และเป็นตัวกระตุ้น neurosecretory cell ที่ควบคุม APGW amide ในหอยเพศผู้ และ Egg laying hormone (ELH) ในหอยเพศเมีย ส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และการวางไข่ในหอยเพศเมีย และเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง พบการวางไข่ของหอย *Aplysia californica* น้อย และมีการวางไข่มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น (Wayne, 2001) ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนและความเค็มเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน และมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับร้อยละการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ในบริเวณที่ทำการศึกษาในช่วงการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (15 – 32 พีพีที) โดยในช่วงเดือนที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความเค็มอยู่ในช่วง 15 – 27 พีพีที แสดงให้เห็นว่าความเค็มในช่วงดังกล่าวเป็นความเค็มที่เหมาะสมต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มในรอบปีมีผลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของช่วงความเค็มที่มีช่วงของการเปลี่ยนแปลงมากจะส่งผลต่อการทำงานของระบบอวัยวะ เช่นการบริโภคนอกซิเจน การขับถ่าย แอมโมเนีย และพฤติกรรมในการกินอาหารรวมทั้งการเคลื่อนที่ เมื่อความเค็มลดลงมากส่งผลให้หอยฝาเดียวมีการบริโภคนอกซิเจนน้อยลง และการขับถ่ายแอมโมเนียน้อยลงตามไปด้วย ทำให้อัตราส่วนของการบริโภคนอกซิเจนและการขับถ่ายแอมโมเนีย (O:N) ลดลง ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการสลายสารอาหารไปเป็นพลังงาน โดยหอยฝาเดียวต้องการพลังงานเหล่านี้ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ การวางไข่ เมื่อมีพลังงานไม่เพียงพอจึงส่งผลให้การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการวางไข่ของหอยฝาเดียวลดลงตามไปด้วย การบริโภคนอกซิเจนที่ลดลงยังส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร และการเคลื่อนที่ของหอยฝาเดียว เมื่อหอยฝาเดียวกินอาหารลดลงทำให้ปริมาณโปรตีนสะสมมีไม่เพียงพอต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ และการเคลื่อนที่น้อยลงของหอยฝาเดียวทำให้พฤติกรรมการจับคู่ของหอยฝาเดียวลดลงด้วย (Cheung, 1997) อย่างไรก็ตามนอกจากปัจจัยของอุณหภูมิและความเค็มแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง และส่งผลต่อวงจรสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว Aldana et al. (2003) ได้รวบรวมข้อมูลการศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของหอยฝาเดียว 7 สายพันธุ์ เพื่อวิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างกันของหอยต่างสายพันธุ์ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่หลากหลายและมีข้อสรุปที่น่าสนใจ พบว่าหอยหลายชนิดแม้อยู่ในภูมิภาคเดียวกัน อาจมีฤดูการแพร่พันธุ์ไม่อยู่ในช่วงเดือนเดียวกัน และหอยชนิดเดียวกัน แต่อยู่อาศัยอยู่ในภูมิภาคที่ต่างกันก็มีช่วงเวลาแพร่พันธุ์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้

ขึ้นอยู่กับระดับความคงที่ของสภาพแวดล้อม ถ้าระดับความคงที่ของสภาพแวดล้อมน้อย วงจรสืบพันธุ์ของประชากรหอยในบริเวณนั้นจะมีความแปรผันมาก

#### 4.8 พลวัตรประชากรของหอย *Stenothyra* sp.

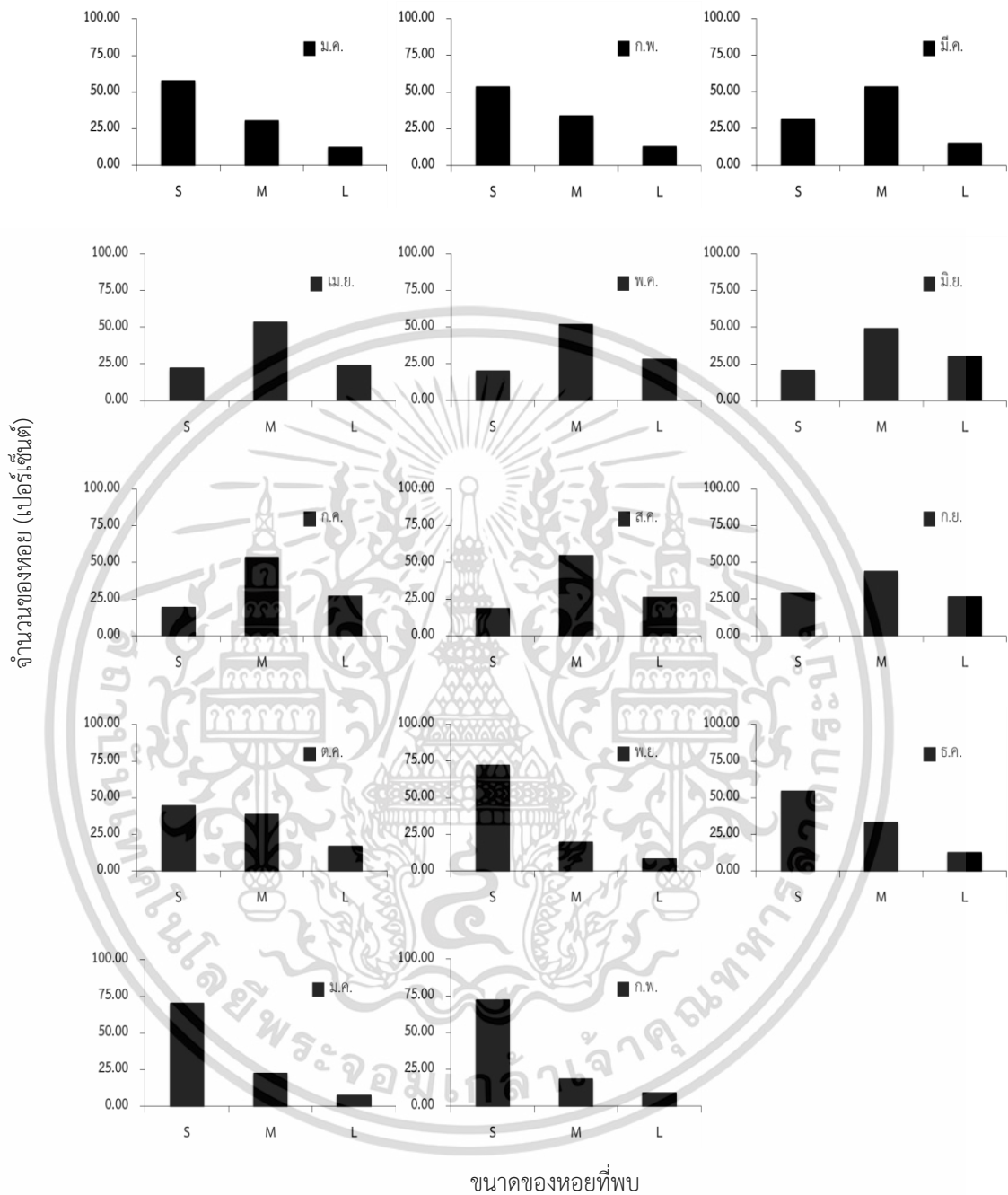
ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษาจากการนำหอยมาผ่านตะแกรงร่อน 3 ขนาด คือ 1.00, 1.60 และ 2.00 มิลลิเมตร โดยแบ่งกลุ่มประชากรหอยออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.80 – 1.59 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 – 1.99 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 3 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรขึ้นไป พบว่า ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2561 พบประชากรหอยในกลุ่มที่ 1 มากที่สุด คือ 57.96 และ 53.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบประชากรหอยกลุ่มที่ 2 จำนวน 30.34 และ 33.74 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยพบประชากรหอยกลุ่มที่ 3 น้อยที่สุดมีจำนวน 12.83 และ 11.97 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในเดือนมีนาคม 2561 ประชากรหอยกลุ่มที่ 1 มีแนวโน้มลดลง พบจำนวน 31.56 เปอร์เซ็นต์ และพบประชากรหอยกลุ่มที่ 2 มากที่สุดจำนวน 53.32 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พบประชากรหอยในกลุ่มที่ 3 น้อยที่สุดจำนวน 15.12 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาในเดือนเมษายน 2561 ถึง เดือนกันยายน 2561 พบประชากรหอยกลุ่มที่ 2 มากที่สุด โดยมีจำนวน 53.52, 51.73, 49.09, 53.50, 54.81 และ 44.16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบประชากรหอยกลุ่มที่ 3 เพิ่มขึ้นจำนวน 24.29, 28.14, 30.12, 26.95, 26.27 และ 26.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบประชากรหอยกลุ่มที่ 1 น้อยที่สุดจำนวน 22.19, 20.13, 20.79, 19.55, 18.92 และ 29.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในช่วงเดือนตุลาคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 ประชากรหอยกลุ่มที่ 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยพบมากที่สุดจำนวน 44.60, 72.29, 54.53, 70.21 และ 72.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบประชากรหอยกลุ่มที่ 2 จำนวน 38.52, 19.42, 32.94, 22.46 และ 18.69 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบประชากรหอยกลุ่ม 3 จำนวนน้อยที่สุดจำนวน 23 16.88, 8.29, 12.53, 7.33 และ 9.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 4.16)

เมื่อศึกษาความเชื่อมโยงกับวงจรการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในรอบปีของหอย *Stenothyra* sp. พบว่าในช่วงเดือนเมษายน ถึง เดือนกันยายน 2561 เป็นช่วงเดือนที่พบว่าหอยส่วนใหญ่อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาสมบูรณ์และระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยประชากรหอยที่พบมากที่สุดคือประชากรหอยกลุ่มที่ 2 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 – 1.99 มิลลิเมตร และพบประชากรหอยกลุ่มที่ 3 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรขึ้นไปรองลงมา และจากการศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ พบว่าหอยในช่วงดังกล่าวมีขนาดแรกสืบพันธุ์ (Size at first maturity)  $L_{50}$  ที่ 1.71 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชากรหอยส่วนใหญ่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แล้ว หลังจากนั้นในช่วงเดือนตุลาคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบประชากรหอยกลุ่มที่ 1 คือหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.80 – 1.59 มิลลิเมตรมากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงหลังจากหอยมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สูงสุดในช่วงเดือนกันยายน 2561 จากการศึกษาของประภัทร์ (2556) พบว่าหอย *Stenothyra* sp. มีระยะเวลาในการพัฒนาจากไข่ที่ถูกวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึงโตเต็มวัยอยู่ที่ประมาณ 28 – 30 วัน จึงทำให้ในช่วงเดือนตุลาคมพบหอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.08 – 1.59 มิลลิเมตรมากขึ้น และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน 2561

เมื่อศึกษาจากจำนวนของหอยที่พบในแต่ละเดือนพบว่า ในเดือนมกราคม 2561 พบจำนวนหอยมากที่สุดอยู่ที่ 312 ตัว ถัดมาในเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมีนาคม 2561 จำนวนหอยที่พบลดลงอยู่ที่ 180 และ 118 ตัว ตามลำดับ ในช่วงเดือนเมษายน 2561 ถึง เดือนกันยายน 2561 ซึ่งเป็นช่วงที่หอยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเซลล์สืบพันธุ์พัฒนาเต็มที่และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เป็นช่วงที่พบจำนวนหอยน้อยที่สุดอยู่ที่ 89 – 115 ตัว และช่วงเดือนหลังจากที่หอยปล่อยเซลล์สืบพันธุ์คือในช่วงเดือนตุลาคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 พบหอยจำนวนมากขึ้นอยู่ที่ 137 – 253 ตัว จากผลพบว่าจำนวนประชากรของหอย *Stenothyra* sp. ที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษามีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนเมษายน 2561 ซึ่งไม่สัมพันธ์กับจำนวนของหอยที่เกิดใหม่ในช่วงเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ 2561 จากการศึกษาของ Kobayashi and Wada (2004) ที่ทำการศึกษาในหอยฝาเดียวขนาดเล็ก *Iravadia sakaguchii* ในบริเวณปากแม่น้ำ Waka ทางตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น เป็นระยะเวลาทั้งหมด 28 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2000 ถึง เดือนสิงหาคม 2002 พบว่าหลังจากที่พบประชากรหอยที่เกิดใหม่ในช่วงเดือนเมษายน หลังจากนั้นจำนวนประชากรของหอยที่พบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนมิถุนายน ทั้งนี้ก็ยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อจำนวนประชากรหอย อย่างเช่นคุณภาพน้ำ หรือปริมาณอาหาร (ณัฐกิตติ์, 2560) โดยสาเหตุที่ทำให้พบจำนวนหอย *Stenothyra* sp. ลดลงมาจากในช่วงเดือนเมษายน 2561 ถึง เดือนกันยายน 2561 อาจเนื่องมาจากสาหร่ายในบริเวณที่ทำการศึกษามีจำนวนลดลงและหายไปมากที่สุด จากพฤติกรรมการกินอาหาร และการเลือกที่อยู่อาศัยของหอยชนิดนี้ ที่มักจะเกาะติดอยู่กับสาหร่ายเพื่อทำการกินไดอะตอมที่เกาะอยู่ที่สาหร่าย เมื่อมีปริมาณอาหารลดลงจึงทำให้ในช่วงเดือนดังกล่าวมีจำนวนของประชากรหอย *Stenothyra* sp. ลดลงตามไปด้วย



ภาพที่ 4.16 พลวัตประชากรของหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษาดังแต่เดือน มกราคม 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562; S = หอยที่มีขนาดตั้งแต่ 0.8 – 1.59 มิลลิเมตร, M = หอยที่มีขนาดตั้งแต่ 1.60 – 1.99 มิลลิเมตร และ L = หอยที่มีขนาดตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.9 การหาค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ (Gonad index)

ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ (Gonad index) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเจริญพันธุ์ของสัตว์ โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงที่สัตว์อยู่ในระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์และสูงสุดในระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ และลดลงในระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (Barber *et al.*, 2005) จากการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มาแปลงเป็นค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ (Gonad index) ตามวิธีการของ Seed (1989) โดยกำหนด ค่าน้ำหนักจำนวน (numerical weight) จากระยะของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทั้งเพศผู้และเมีย โดยมีเกณฑ์การให้ค่าดังนี้ ระยะของเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ค่า numerical weight = 1, ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 2, ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ค่า numerical weight = 3, ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 2 และระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ค่า numerical weight = 1 หลังจากนั้นในแต่ละเดือนจะนำค่าผลรวมของผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักจำนวนและจำนวนของหอยที่พบในแต่ละระยะมาหารด้วยจำนวนหอยทั้งหมดที่ศึกษาในเดือนนั้น ได้ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอย *Stenothyra* sp. โดยในแต่ละเดือนมีค่าดังนี้

ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพหอย *Stenothyra* sp. เพศผู้ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีค่าเท่ากับ 1.60, 1.65, 1.95, 1.85, 1.80, 2.45, 2.05, 2.45, 2.05, 1.50, 1.40, 1.15, 1.45 และ 1.80 (ภาพที่ 4.16) โดยมีค่ามากที่สุดในเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.45 ในเดือนดังกล่าวเป็นช่วงที่หอยอยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์เต็มที่ ถึง 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2562 มีค่าเท่ากับ 1.15 เนื่องจากเป็นเดือนที่หอย *Stenothyra* sp. เพศผู้ส่วนใหญ่อยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัวถึง 45 เปอร์เซ็นต์

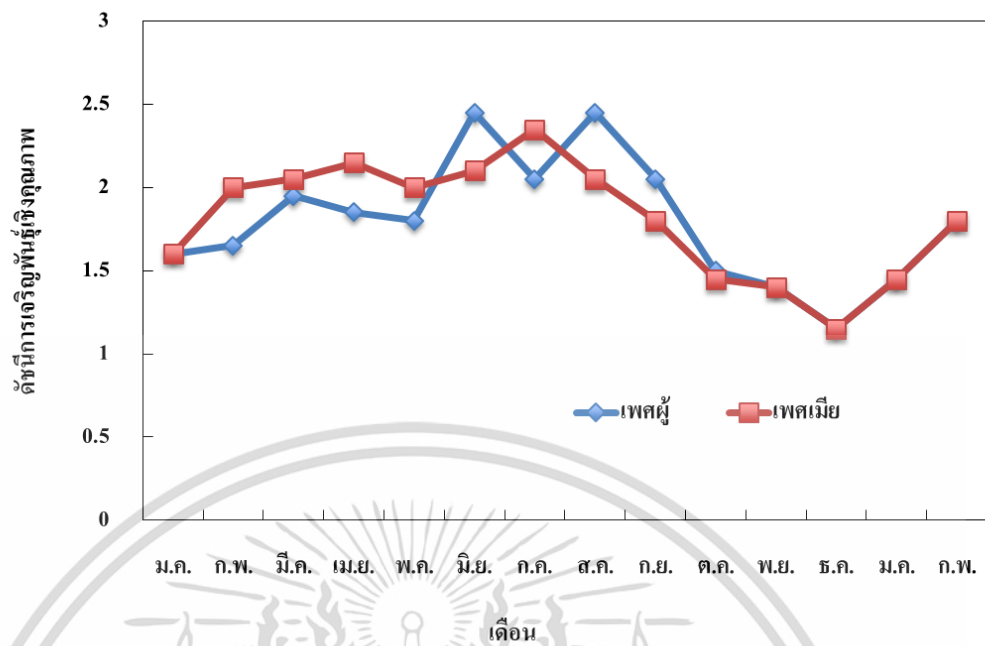
ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพหอย *Stenothyra* sp. เพศเมีย ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 มีค่าเท่ากับ 1.60, 2.00, 2.05, 2.15, 2.00, 2.10, 2.35, 2.05, 1.80, 1.45, 1.40, 1.15, 1.45 และ 1.80 (ภาพที่ 4.16) โดยมีค่ามากที่สุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 2.35 ในเดือนดังกล่าวเป็นเดือนที่หอยอยู่ในระยะเซลล์สืบพันธุ์เต็มที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 1.15 เนื่องจากเป็นเดือนที่หอย *Stenothyra* sp. เพศเมียส่วนใหญ่อยู่ในระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ถึง 65 เปอร์เซ็นต์

ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศผู้และเพศเมียมีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันคือ ช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรวมระหว่างเพศผู้และเพศเมีย พบว่า ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศผู้ ( $1.79 \pm 0.37$ ) มีค่าน้อยกว่าของเพศเมีย ( $1.81 \pm 0.34$ ) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สอดคล้องกับการศึกษาในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอย *Babylonia areolate* (จินตมาศ และคณะ, 2551) และหอย *Halotis discus* (Kim et al., 2016) พบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศเมียมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศผู้เล็กน้อย

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทะเลกับค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอย *Stenothyra* sp. โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) พบว่า ในหอยเพศผู้ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) กับค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพคือ อุณหภูมิของอากาศโดยมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ( $r = 0.535$ ) ในขณะที่ปัจจัยอื่นไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับปัจจัยอุณหภูมิของน้ำ ( $r = 0.316$ ) ปริมาณน้ำฝน ( $r = 0.069$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $r = 0.014$ ) และความเค็ม ( $r = -0.021$ ) เช่นเดียวกันกับ ในหอยเพศเมียค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) กับอุณหภูมิของอากาศ โดยมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ( $r = 0.728$ ) ในขณะที่ปัจจัยอื่นไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำต่อปัจจัยอุณหภูมิของน้ำ ( $r = 0.217$ ) ความเค็ม ( $r = 0.127$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $r = 0.017$ ) และปริมาณน้ำฝน ( $r = -0.047$ ) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในแต่ละเดือนส่งผลไปในทางทิศเดียวกันกับค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาในหอย *Babylonia areolate* (จินตมาศ, 2551), *Halotis discus* (Kim et al., 2016), *Strombus gigas* (Aranda et al., 2003), *Adelomelon brasilana* (Cledon et al., 2005), *Littoraria arduiniana* (Gimenez and Penchaszadeh, 2002), *Iravadia sakaguchii* (Kobayashii and Wada, 2004), *Zidona dufresnei* (Ng and Williams, 2012) และ *Adelomelon ancilla* (Penchazadeh et al., 2009) พบว่าค่าดัชนีการเจริญพันธุ์มีค่าสูงในช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งหอย *Stenothyra* sp. มีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์มีค่าสูงที่สุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิสูง (32.2 – 37.2 องศาเซลเซียส) เช่นเดียวกันกับการศึกษาข้างต้น และจากการศึกษาพบว่าหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์ในแต่ละเดือนใกล้เคียงกันเนื่องจากหอย *Stenothyra* sp. พบการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และเซลล์สืบพันธุ์ที่พัฒนาสมบูรณ์ได้เกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ทำการศึกษาอาจจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. จึงทำให้ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์มีค่าสูงตลอดทั้งปี ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าพลวัตรประชากรที่สามารถพบหอยทุกขนาดตลอดทั้งปี แต่จำนวนมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับช่วงการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอย *Stenothyra* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวงจรการสืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในบริเวณพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ บริเวณพื้นที่ใกล้คลองส่งน้ำบางแก้ว ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เบื้องต้นพบว่า ยังไม่สามารถจำแนกชนิดที่แน่นอนของหอยชนิดนี้ได้ชัดเจน เนื่องจากยังมีลักษณะภายนอกบางส่วนที่แตกต่างกับชนิด *Stenothyra krungtepensis* ที่จำแนกได้ จึงอาจต้องทำการศึกษาในระดับชีวโมเลกุลเพื่อที่จะสามารถยืนยันสายพันธุ์ของหอยชนิดนี้ได้ เป็นหอยที่มีเพศแยกมีอัตราส่วนเพศระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมียเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 : 1.00 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การพัฒนาของอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์สามารถจำแนกได้ 5 ระยะ ทั้งเพศผู้และเพศเมีย คือ ระยะเซลล์สืบพันธุ์พักตัว ระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ ระยะเซลล์สืบพันธุ์เจริญเต็มที่ ระยะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ และระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยหอยเพศผู้พบเซลล์สืบพันธุ์ 4 ระยะ คือ Spermatogonia, Spermatocyte, Spermatid และ Spermatozoa และหอยเพศเมียพบเซลล์สืบพันธุ์ 3 ระยะ คือ Oogonia, Previtellogenic oocytes และ Vitellogenic oocytes ขนาดแรก สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp. ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าเท่ากับ 1.71, 1.71 และ 1.63 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์วงจรการสืบพันธุ์ด้วยวิธีการทางเนื้อเยื่อวิทยา พบว่าหอยเพศผู้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ส่วนใหญ่ 2 ช่วงในรอบปี โดยช่วงแรกอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และช่วงที่ 2 คือเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม ในขณะที่หอยเพศเมียปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตั้งแต่มิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน โดยมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ลดลงในเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 32.2 - 38.8 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 - 27 พีพีที และปริมาณน้ำฝน 64.7 - 271.3 มิลลิเมตร ค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพของหอยเพศผู้และเพศเมียมีค่าสูงสุดในช่วงเดียวกันคือ ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม และต่ำสุดในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับร้อยละของระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เชิงคุณภาพมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความเค็ม ส่งผลต่อการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของหอย *Stenothyra* sp.

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ วงจรการสืบพันธุ์ และปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของหอยฝาดเดียว *Stenothyra* sp. ผลจากการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของหอย *Stenothyra* sp. เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการนำหอยชนิดนี้ไปใช้ร่วมกับระบบการเลี้ยงกุ้งทะเล โดยยังจำเป็นต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับวงจรการสืบพันธุ์ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากร รวมไปถึงการศึกษาในพื้นที่อื่นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- จินตมาศ สุวรรณจรัส. 2551. “วงจรการสืบพันธุ์ของหอยหวานในอ่าวไทย”. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 11(2): 71-86.
- ณัฐกิตติ์ โตอ่อน. 2560. “สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดกลางในพื้นที่ป่าชายเลนปลูกปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสงคราม”. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 9(11): 13-23.
- ประภัสร์ ยูฮันเงาะ. 2556. “การศึกษาการพัฒนาตัวอ่อนของหอย *Stenothyra* sp.”. **สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**. 21 หน้า.
- รุจิรา จำปาปน, ชนวัฒน์ ตันติวารุรักษ์ และ พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา. 2013. “ความหลากหลายชนิด ของหอยน้ำจืดในพื้นที่เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร”. **Burapha Science Journal**. 18(2):124-131.
- เสรี นิยมเดชา. 2558. “การเปรียบเทียบวงจรการสืบพันธุ์ และขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอยแมลงภู่ (*Nema viridis*) ระหว่างบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามัน”. **มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**. 128 หน้า.
- Ancona, G. D. and Damiani, F. 2002. “Spermiogenesis in the vermetid gastropod *Dendropoma petraeum* (Gastropoda, Prosobranchia)”. **European Journal Histochem**. 46: 75-86.
- Aranda, D. A., Cardenas, E. B., Morales, I. M., Baez, R. I. O. and Brule, T. 2003. “Gonad behavior during peak reproduction period of *Strombus gigas* from Banco chinchorro”. **Bulletin of Marine Science**. 73(1): 241-248.
- Aldana, A. D., Baqueiro, C. E., Martinez, M. I., Zetina, A. Z. and Thierry, B. 2003. “A review of the reproductive patterns of Gastropod Mollusks from Mexoco”. **Bulletin of Materials Science**. 73 (3): 629-641.
- Auderheide, J., Warbritton, R., Pounds, N., Emperador, S. F., Staples, C., Caspers, N. and Forbes, V. 2006. “Effects of husbandry parameters on the life-history trail of the apple snail *Marisa cornuarietis* effects of temperature photoperiod and population density”. **Invertebrate Biology**. 125(1): 9-20.
- Bancroft, J. D. and Gamble, M. 2002. “Theory and practical of histological techniques”. **Churerchill Livingstone**. 796.
- Bomen, E. M., Graal, M. D., Nagelkderke, L. A. J., Stoner, A.W., Bissada, C. E., Poveda, O. H. A., Cardenas, E. R. B. and Smaal, C. 2018. “Variability in size at maturity and reproductive season of queen conch *Lobatus gigas* (Gastropoda:

- Strombidae) in the Wider Caribbean Region”. **Fisheries Research**. 201: 18-25.
- Brandt, R. A. M. 1974. “The non-marine aquatic Mollusca of Thailand”. **Archiv Fur Molluskenkunde**. 423 p.
- Chen, S. H., Xia, L. P., Dahms, H. U., Peng, X. and Ying, X. P. 2015. “The ultrastructural characteristics of spermatogenesis in *Onchidium struma* (Pulmonata: Onchidiidae) and its functional adaptation”. **Italian Journal of Zoology**. 82(4): 489-498.
- Cheung, S. G. 1997. “Physiological and behavioural responses of the intertidal scavenging gastropod *Nassarius festivus* to salinity changes”. **Marine Biology**. 129: 301-307.
- Chim, C. K. and Tan, K. S. 2009. “Verticle distribution, spawnig and recruitment of *Siphonaria guameni* (Gatropoda : Pulmonata) on a seawall in Singapore”. **The Raffles Bulletin of Zoology**. 22: 271-280
- Cledon, M., Arntz, W. and Panchazadeh, P. E. 2005. “Gonadal cycle in an *Adelomelon brasiliiana* (Neogastropoda: Volutidae) population of Buenos Aires province, Argentina”. **Marine Biology**. 147: 439-445.
- Collin, R., Kerr, K., Contolini, G. and Ochoa, I. 2017. “Reproductive cycles in tropical intertidal gastropods are timed around tidal amplitude cycle”. **Ecology and Evolution**. 7: 5977-5991.
- El-Emam, M. A. and Madsen, H. 1982. “The effect of temperature darkness starvarious and various food types on growth survival and reproduction of *Helisoma duryi*, *biomphalaria alexandrina* and *Bulinus truncates* (Gastropoda: Planorbidae)”. **Hydrobiologis**. 88: 265-275.
- Elhasni, K., Ghorbel, M., Vasconcelos, P. and Jarboui, O. 2010. Reproductive cycle and size at first sexual maturity of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) in the Gulf of Gabès (southern Tunisia). **Invertebrate Reproduction and Development**. 54: 213-225.
- Fujioka, Y., Shimada, T. and Srithong, C. 2007. “Diversity and community structure of microbenthic fauna in shrimp aquaculture pond of the gulf of Thailand”. **Japan Agricultural Research Quarterly**. 41(2): 163-172.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Gimenez, J. and Penchaszadeh, P. E. 2002. "Reproductive cycle of *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: Volutidae) from the southwestern Atlantic ocean". **Marine Biology**. 140: 755-761.
- Hena, M. K., Hshamuddin, O., Misri, K., Abdullah, F. and Loo, K. K. 2004. Benthic faunal composition of *Penaeus monodon* fabricius culture pond in west coast of Peninsular Malaysia. **Journal of Biological Sciences**. 4(5): 631-636.
- Henninger, T. O. and Hodgson, A. L. 2001. The reproductive cycle of *Helicon pruinosus* (Patellogastropoda) on two South African boulder shores. **Journal of Molluscan Studies**. 67: 385-394.
- Kim, H., Kim, B. H., Son, M. H., Jeon, M. A., Lee, Y. G. and Lee, J. S. 2016. "Gonadal development and reproductive cycle of cultured Abalone, *Haliotis discus hannai* (Gastropoda: Haliotidae) in Korea: Implications for seed production" . **Journal of Shellfish Research**. 35(3): 653-659.
- Kobayashi, Y. and Wada, K. 2004. "Growth, reproduction and recruitment of the endangered brackish water snail *Iravadia* (Fairbankia) *sakaguchii* (Gastropoda: Iravadiidae)". **Mollucan Research**. 24: 33-42.
- Marian, A. C., Marcial, A. M. and Bente, P. V. C. 2012. "Particular features of gonadal maturation and size at first maturity in *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae)". **Scientia Marina**. 16(3): 539-548.
- Ordonez, E .O., Santana, E. L. M., Perez, J. B. and Benavides, T. N. V. P. 2009. "Histological Description of the Male and Female Gonad in *Tegula eiseni*, *T. funebris*, *T. aureotincta*, *T. gallina* and *T. regina* from Bahia Tortugas, B.C.S., Mexico" **International Journal of Morphology**. 27(3): 691-697.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamic in tropical water a manual for use with programmable calculator. The international center for liring aquatic resources manggement.
- Panchaszadeh, P. E., Antelo, C. S., Zabala, S. and Bigatt, G. 2009. "Reproduction and imposex in the edible snail *Adelomelon ancilla* from northern Patagonia Argentina". **Marine Biology**. 156: 1929-1939.

- Power, A.J. and Keegan, B. F. 2001. The significance of imposex levels and TBT contamination in the red whelk, *Neptunea antiqua* (L.) from the offshore Irish Sea. **Marine Pollution Bulletin**. 42(9): 761-772.
- Qin, Z., Yang, M., Zhang, J. E. and Deng, Z. 2019. "Effects of salinity on survival, growth and reproduction of the invasive aquatic snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae)". **Hydrobiologia**.
- Rocha-Barr, C. A. 2002. "Gonad characterization and reproductive cycle *Collisella subrugosa* (Orbigny, 1846) (Gastropoda: Acmaeidae) in the northeastern Brazil". **Brazilian Journal of Biology**. 62: 885-895.
- Sternberg, R., Gooding, M. P., Hotchkiss, A. K. and Leblanc, G. A. 2010. "Environmental-endocrine control of reproductive maturation in gastropods: implications for the mechanism of tributyltin-induced imposex in prosobranchs". **Ecotoxicology**. 19: 4-23.
- Terence, P. T. Nga. and Williams, G. A. 2012. "Contrasting reproductive traits in two species of mangrove-dwelling littorinid snails in a seasonal tropical habitat". **Invertebrate Biology**. 131(3): 177-186
- Tsutsui, I., Aue-umneoy, D., Pinphoo, P., Thuamsuwan, W., Janeauksorn, K., Meethong, G., Keattanaworada, P., Songphatkaew, J., Ganmanee, M., Abe, O. and Hamano, K. 2020. "Use of a filamentous green alga (*Chaetomorpha* sp.) and microsnaill (*Stenothyra* sp.) as feed at an early stage of intensive aquaculture promotes growth performance, artificial feed efficiency, and profitability of giant tiger prawn (*Penaeus monodon*)". **Plos One**. 15(12): e0244607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244607>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 สภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือน  
กุมภาพันธ์ 2562

เดือน	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ปริมาณน้ำฝน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
มกราคม	29.9	32	7.4	8.30
กุมภาพันธ์	27.9	30	9.1	8.16
มีนาคม	29.6	26	11.1	7.80
เมษายน	35	27	129.5	7.90
พฤษภาคม	37.2	25	109.4	7.30
มิถุนายน	37	24	64.7	8.08
กรกฎาคม	33.8	27	83.8	8.25
สิงหาคม	32.2	25	58.1	8.09
กันยายน	41.2	20	250.2	7.80
ตุลาคม	38.8	15	271.3	8.10
พฤศจิกายน	33.4	22	50.4	8.84
ธันวาคม	30.2	25	61.7	8.75
มกราคม	30.1	29	4.8	8.23
กุมภาพันธ์	29.9	32	2.1	8.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 น้ำหนักของหอย *Stenothyra* sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ในฤดูร้อน

จำนวน	ขนาดที่ 1	ขนาดที่ 2	ขนาดที่ 3	ขนาดที่ 4	ขนาดที่ 5	ขนาดที่ 6
1	0.97	1.48	1.77	2.18	2.37	2.67
2	1.04	1.34	1.90	2.10	2.38	2.62
3	0.95	1.38	1.87	2.21	2.33	2.73
4	0.91	1.43	1.96	2.15	2.36	2.74
5	0.81	1.29	1.78	2.13	2.35	2.83
6	0.99	1.40	1.73	2.08	2.34	2.70
7	0.98	1.18	1.54	2.18	2.36	2.95
8	0.93	1.34	1.57	2.20	2.41	2.86
9	0.94	1.41	1.82	2.19	2.32	2.83
10	1.03	1.40	1.57	2.08	2.30	2.70

ตารางภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักของหอย *Stenothyra* sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ในฤดูฝน

จำนวน	ขนาดที่ 1	ขนาดที่ 2	ขนาดที่ 3	ขนาดที่ 4	ขนาดที่ 5	ขนาดที่ 6
1	0.87	1.12	1.53	2.31	2.48	2.70
2	1.05	1.38	1.80	2.17	2.40	2.69
3	0.92	1.37	1.71	2.21	2.40	2.83
4	0.88	1.33	1.69	2.17	2.26	2.76
5	0.99	1.48	1.77	2.20	2.26	2.84
6	0.90	1.21	2.00	2.16	2.31	2.87
7	0.90	1.30	1.76	2.22	2.33	2.79
8	0.93	1.37	1.89	2.10	2.49	2.74
9	1.02	1.47	1.80	2.11	2.48	2.83
10	0.87	1.30	1.65	2.17	2.14	2.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 น้ำหนักของหอย *Stenothyra* sp. ที่นำมาศึกษาขนาดแรกสืบพันธุ์ในฤดูหนาว

จำนวน	ขนาดที่ 1	ขนาดที่ 2	ขนาดที่ 3	ขนาดที่ 4	ขนาดที่ 5	ขนาดที่ 6
1	0.91	1.46	1.66	2.14	2.49	2.74
2	0.96	1.19	1.68	2.03	2.33	2.76
3	0.92	1.25	1.71	2.20	2.29	2.70
4	0.99	1.30	1.76	2.11	2.39	2.70
5	0.96	1.49	1.67	2.12	2.45	2.73
6	0.86	1.42	1.86	2.02	2.33	2.66
7	1.01	1.35	1.78	2.15	2.18	2.67
8	1.02	1.21	1.90	2.19	2.42	2.94
9	0.86	1.36	1.77	2.04	2.44	2.92
10	1.03	1.35	1.79	2.19	2.37	2.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารเคมีและวิธีการเตรียม

### 1. 1% acid alcohol

#### สารเคมี

Hydrochloric acid	10	มิลลิลิตร
70% alcohol	900	มิลลิลิตร

#### วิธีเตรียม

ตวงสารทั้งสองให้ได้ปริมาตรตามต้องการ และผสมเข้าด้วยกัน

### 2. Bouin's fluid

#### สารเคมี

Saturated aqueous picric acid solution	75	มิลลิลิตร
40% formaldehyde	25	มิลลิลิตร
Glacialacetic acid	5	มิลลิลิตร

#### วิธีเตรียม

ตวงสารทั้งสามชนิดให้ได้ปริมาตรตามต้องการ และผสมเข้าด้วยกัน

### 3. 1% eosin

#### Stock solution

#### สารเคมี

Eosin	10	กรัม
น้ำกลั่น	50	มิลลิลิตร
95% ethyl alcohol	940	มิลลิลิตร

#### วิธีเตรียม

ตวงสารแต่ละชนิดให้ได้ปริมาตรตามต้องการ และผสมเข้าด้วยกัน

#### Working solution

#### สารเคมี

Stock 1% eosin	1	ส่วน
----------------	---	------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

95% ethyl alcohol	1	ส่วน
วิธีเตรียม		

ตวงสารทั้งสองให้ได้ปริมาตรตามต้องการ และผสมเข้าด้วยกัน

#### 4. Harris's hematoxylin

สารเคมี

Hematoxylin	2.5	กรัม
Absolute alcohol	25	มิลลิลิตร
Potassium alum	50	กรัม
น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร
Mercuric oxide	1.25	กรัม
Glacial acetic acid	20	มิลลิลิตร

วิธีเตรียม

ละลายผง hematoxylin ลงใน absolute alcohol และละลาย potassium alum ในน้ำกลั่นและผสมสารละลายทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน และนำไปต้มให้เดือดอย่างรวดเร็วบน hot plate แล้วค่อยๆเติม mercuric oxide ที่ละน้อยจนหมด และละลายเข้ากันได้ดี จากนั้นทำให้สารละลายเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยนำไปแช่ในน้ำเย็น และนำไปเก็บไว้ในที่มืดประมาณ 2 – 3 วัน และกรองสารละลายก่อนนำไปใช้ทุกครั้ง

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายวรเชษฐ์ ท้วมสุวรรณ  
 วัน เดือน ปีเกิด 1 กรกฎาคม 2537 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร  
 ที่อยู่ 377 ถนนชุมทอง-ลำต้อยติ่ง แขวงชุมทอง เขตลาดกระบัง  
 จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520  
 ประวัติการศึกษา 2559 วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2563 วรเชษฐ์ ท้วมสุวรรณ อีชาโอะ ชูชุยอิ ดุสิตเอื้ออานวย และ ปวีณา ทวีกิจการ.  
 2563. “การพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์และขนาดแรกสืบพันธุ์ของหอย  
 ฝาเดี่ยว *Stenothyra* sp.”. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2563. 38(4) :  
 519-527.  
 Tsutsui, I., Aue-umneoy, D., Pinphoo, P., Thuamsuwan, W.,  
 Janeauksorn, K., Meethong, G., Keattanaworada, P., Songphatkaew,  
 J., Ganmanee, M., Abe, O. and Hamano, K. 2020. “Use of a  
 filamentous green alga (*Chaetomorpha* sp.) and microsnail  
 (*Stenothyra* sp.) as feed at an early stage of intensive aquaculture  
 promotes growth performance, artificial feed efficiency, and  
 profitability of giant tiger prawn (*Penaeus monodon*)”. *Plos One*.  
 15(12): e0244607. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244607>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้