การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์และปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) ในพื้นที่นาข้าวและแนวทางการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟัก

เดชณรงค์ โพธิ์ศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

STUDY ON REPRODUCTIVE BIOLOGY AND RELATING FACTORS ON SEXUAL MATURATION OF THAI NATIVE APPLE SNAIL (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) IN THE RICE FILED AREA AND BREEDING STUDIES IN CAPTIVITY

DACHNARONG PHOSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN AGRICULTURE
FACULTY OF AGRICULTURE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

เรื่อง การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์และปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) ในพื้นที่นาข้าวและแนวทางการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟัก

ผู้วิจัย นายเดชณรงค์ โพธิ์ศรี

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต งามเสน่ห์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิกรม รังสินธุ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม)

.....

(รองศาสตราจารย์ธีระพล บันสิทธิ์)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2558

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ถ่ายทอดความรู้ ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต งามเสน่ห์ กรรมการที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการจัดทำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความเหมาะสม ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุทาเกตุ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิกรม รังสินธุ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำต่าง ๆ ในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และอาจารย์ภาควิชาประมงทุกท่านที่คอยให้ความรู้และคำแนะนำเสมอมา และนายทินกร พรหมทอง ที่อำนวยความสะดวกในการรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งในพื้นที่ศึกษา พี่บัณฑิตศึกษา ดร. พิสิฐ ภูมิคง อาจารย์ สนธยา กุลกัลยา อาจารย์ สุริยา อุดด้วง อาจารย์ ปิยะเทพ อาวะกุล อาจารย์ อมรรัตน์ รังสิวิวัฒน์ คุณกนกวรรณ ม่วงมิตร และคุณสายฝน แก้วดอนรี ที่คอยให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการชีววิทยาประมงและโรคสัตว์น้ำทุกท่าน ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ให้ทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีการศึกษา 2556

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณมาลัย โพธิ์ศรี คุณสาโรจน์ โพธิ์ศรี และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา

เดชณรงค์ โพธิ์ศรี
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	:	การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ และปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) ในพื้นที่นาข้าว และแนวทางการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟัก
ผู้วิจัย	:	เดชณรงค์ โพธิ์ศรี
ชื่อปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	:	เกษตรศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาทิพย์ แหลมคม
คำสำคัญ	:	หอยโข่ง, ชีววิทยาการสืบพันธุ์, ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง, ระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

หอยโข่ง (Thai native apple snail, *Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) เป็นหอยฝาเดียวในครอบครัวแอมพูลาริดี้ (Family Ampullariidae) มีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาดใหญ่คล้ายหอยเชอรี่ ปัจจุบันประชากรหอยโข่งในธรรมชาติลดจำนวนลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ และผลกระทบจากมนุษย์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาการสืบพันธุ์ที่ประกอบด้วย ดัชนีความสมบูรณ์เพศ อัตราส่วนเพศในธรรมชาติ และระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหนาแน่น คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี และความชื้นของดิน โดยรวบรวมตัวอย่างในรอบปี (เดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2558) ในพื้นที่นาข้าวบริเวณบ้านคำเตยและบ้านหนองขุ่น อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี ตัวอย่างถูกรวบรวมได้ทั้งสิ้น 215 ตัว (เพศเมีย 115 ตัว และเพศผู้ 100 ตัว) ในช่วงเดือนเมษายน-พฤศจิกายนเท่านั้น ในช่วงเวลาเดียวกัน ขนาดของหอยโข่งเพศผู้ (น้ำหนัก 9.30±3.06 กรัม ความยาวเปลือก 30.70±2.99 มิลลิเมตร และความกว้างเปลือก 28.69±3.07 มิลลิเมตร) ค่อนข้างเล็กกว่าเพศเมีย (น้ำหนักทั้งหมด 12.13± 3.13 กรัม ความยาวเปลือก 33.78±2.49 มิลลิเมตร และความกว้างเปลือก 31.39±2.35 มิลลิเมตร) ชีววิทยาการสืบพันธุ์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีสัมพันธ์กับฤดูฝนค่อนข้างมาก โดยพบว่า ความหนาแน่นของตัวอย่างหอยโข่งจะเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมในสถานีบ้านหนองขุ่น (3.4 ตัวต่อตารางเมตร) และบ้านคำเตย (3.8 ตัวต่อตารางเมตร) ($P<0.05$) อัตราส่วนของเพศผู้และเพศเมียมีค่า 1:1.15 และดัชนีความสมบูรณ์เพศ (GSI) ของหอยโข่งเพศผู้มีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (8.09±1.64 - 8.08±2.79) ในขณะที่ค่า GSI ของเพศเมียเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคม (12.43±11.83) ($P<0.05$) ปัจจัยทางด้านคุณภาพน้ำและดิน (แอมโมเนีย ไนไตรท์ และความชื้นของดิน) มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นและการพัฒนาดัชนีความสมบูรณ์เพศ องค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย ประกอบด้วย รังไข่ เป็นพูสีเหลืองส้มติดอยู่กับส่วนของ Digestive glands เชื่อมต่อกับส่วน Pallial oviduct ที่มี Receptaculum seminis ที่ทำหน้าที่เก็บรักษาเชื้อตัวผู้ ต่อมอัลบูมิน แกลนต์ (Albumen gland) และต่อมแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) ที่เป็นแหล่งอาหารและสร้างเปลือกให้กับตัวอ่อน ในส่วนของอัณฑะเพศผู้ (Testis) มีลักษณะเป็นพูสีเหลือง อยู่ส่วนด้านท้าย (Spine) ติดกับต่อมที่ช่วยย่อยอาหาร (Digestive gland) เชื่อมต่อกับท่อนำ

น้ำเชื้อที่จะส่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เข้าสู่ส่วนที่เรียกว่า Penis ตัวอย่างหอยโข่งที่มีความสมบูรณ์เพศได้ถูกนำมาเพาะพันธุ์ในสภาพโรงเรือน พบว่าแม่พันธุ์สามารถปรับตัวและวางไข่ได้ จำนวน 16 ตัว ไข่หอยโข่งมีเปลือกสีขาวและเกาะเป็นกลุ่ม จำนวน 1 กลุ่มต่อแม่พันธุ์ 1 ตัว (จำนวนของไข่เฉลี่ยแต่ละกลุ่ม 192.12±55.45 ฟอง น้ำหนักของกลุ่มไข่เฉลี่ย 5.61±2.26 กรัม เส้นผ่าศูนย์กลางของไข่เฉลี่ย 3.78±0.19 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฟักเฉลี่ย 21±4.12 วัน ความยาวแรกฟักของลูกหอยโข่งเฉลี่ย 3.03±0.12 มิลลิเมตร และมีอัตราการฟักร้อยละ 86.54±7.58) จากนั้นลูกหอยโข่งอายุ 1 เดือน (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 7.90±0.04 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 7.55±0.04 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 0.14±0.01 กรัม) ถูกนำมาอนุบาลโดยได้รับอาหารที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ (ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุม ให้ใบผักกาดหอม ชุดที่ 2 อาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 15 ชุดที่ 3 อาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 25 และชุดที่ 4 อาหารที่มีโปรตีนร้อนละ 40) ในอัตราร้อยละ 5 ต่อน้ำหนักทั้งหมด เป็นเวลา 120 วัน พบว่า ลูกหอยโข่งที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีนร้อยละ 15 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) 3.45±0.24 กรัม; ร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%WG) 2,407±158.5 ; อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) 2.07±0.04; อัตราการเติบโตจำเพาะ (SGR) ร้อยละ 2.68±0.21 ; ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (SLI) 0.122±0.004 มิลลิเมตรต่อวัน; อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) 0.028±0.002 กรัมต่อวัน) ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ให้อาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 25 ร้อยละ 40 และชุดควบคุม ในขณะที่อัตรารอดของลูกหอยโข่งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมมีค่าสูงที่สุด และไม่แตกต่างจากอาหารโปรตีนร้อยละ 15 และร้อยละ 40 แต่จะมีความแตกต่างกับสูตรอาหารโปรตีนร้อยละ 25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเพื่อการอนุรักษ์หอยโข่งในธรรมชาติ และแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อมในการเพาะพันธุ์และอนุบาลหอยโข่งในโรงเพาะฟัก

ABSTRACT

TITLE : STUDY ON REPRODUCTIVE BIOLOGY AND RELATING FACTORS ON SEXUAL MATURATION OF THAI NATIVE APPLE SNAIL (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) IN THE RICE FIELD AND BREEDING STUDIES IN CAPTIVITY
AUTHER : DACHNARONG PHOSRI
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : AGRICULTURE
ADVISOR : ASST.PROF. THNATIHIP LAMKOM, Ph.D.
KEYWORDS : *PILA AMPULLACEA,* REPRODUCTIVE BIOLOGY, RELATING FACTORS, PROTIEN LEVEL APPROPRIATE ON GROWTH

Thai apple snail (*Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) is a gastropod which is a member of the family Ampullariidae. The morphology and biology of this species is similarly to Apple snail (*Pomacea canaliculata*). Change in environmental as well as anthropogenic stress during recent decades may be affecting the habitat of Thai apple snail. Meanwhile, the basic information of Thai apple snail in the natural habitat is lack. The objectives of this study were to study reproductive biology (gonadosomatic index (GSI), sex ratio, and development of sex cell) and relating factors (density, water quality and soil moisture) during January-December 2015 in the rice field of Kam-toei and NongKhun villages, Sri-Muang Mai district, Ubon Ratchathani province. Two hundred and fifteen snail samples were collected (115 males and 100 females) from April to November, while January to March was without sample. The average of male total weight 9.30±3.06 g. shell length 30.70±2.99 mm. and shell width 28.69±3.07 mm. respectively that were rather smaller than average of female total weight 12.13 ±3.13g. shell length 33.78±2.49 mm. and shell width 31.39±2.35 mm. The reproductive biology and relating factors changed remarkably in the rainy season. The snail density significantly increased in Kam-toei (3.4 snails/m^2) and NongKhun villages (3.8 snails/m^2) ($P<0.05$), while the sex ratio of male and female was 1:1.15. The GSI of male increased in May and June (8.09±1.64 and 8.08±2.79 %, respectively), while the peak of GSI in female was found in July (12.43±11.83 %). The level of ammonia, nitrite and moisture in soil related closely with snail density and GSI. The reproductive organs of female composed of yellow ovary is locate in the upper whorl of the visceral hump. The thin oviduct run forward along the columellar slide and open into the pallial oviduct containing receptaculum seminis, albumen and capsule gland. While male reproductive

organs composed of yellow testis form the upper whorl of the visceral hump, extending downward into the tissue of the digestive gland and connect to penis by vasdeferens duct. The mature samples were bred in the control environment (temperature 28°C) that sixteen females can spawn. The mean percent hatch rate for each snail was calculated (Average of eggs per clutch, weight of clutch, diameter of egg, percentage of hatching, period shell length of juvenile and percentage of hatching success was 192.12±55.45 eggs, 5.61±2.26 g., 3.78±0.19 mm., 21±4.12 days, 3.035±0.129 mm. and 86.54±7.58 % , respectively). After one month, the snail juveniles (shell length 7.90±0.043 mm. shell width 7.55±0.04 mm. and total weight 0.143±0.001 g.) were tested in the different type of feed; first treatment (control) fed on lettuce leaf (*Lactuca sativa*), second treatment fed on pellet feed containing 15 % protein, third treatment fed on pellet feed containing 25 % protein and fourth treatment fed on pellet feed containing 40 % protein. The experiments were carried on three replication and 5 % feeding rate. Results showed that there was significant growth in snail juveniles ($P<0.05$) fed on the snail feed with 15% protein. The highest survival rate of juveniles was found in control. The results are relevant for brood stock management and food protein levels in relation to the growth of snails.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 อนุกรมวิธานของหอยโข่ง	4
2.2 ชีววิทยาของหอยโข่ง	6
2.3 นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย	8
2.4 การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง	10
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	13
3.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง	13
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง	14
3.4 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ	15
3.5 การศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อม	17
3.6 การเพาะพันธุ์หอยโข่งจากพ่อแม่พันธุ์ในธรรมชาติ	18
3.7 การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยโข่งที่ได้รับอาหารต่างกัน	19
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	21
4.2 ข้อมูลน้ำหนักและความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา	22
4.3 การศึกษาลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์และดัชนีความสมบูรณ์เพศ	26
4.4 ลักษณะและการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมียและเพศผู้	30
4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพ	36
4.6 ความสำพันธ์ของ ค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นของดินความหนาแน่น และดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งในพื้นที่ศึกษา	42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7 การเพาะพันธุ์ 44
4.8 การเจริญเติบโตของหอยโข่งที่ได้รับอาหารต่างกัน 45
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 50
เอกสารอ้างอิง 57
ภาคผนวก 64
ประวัติผู้วิจัย 92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความแตกต่างของหอยในสกุลพิลล่า (Genus Pila)	5
2	การแพร่กระจายของหอยสกุลพิลล่า (Genus Pila) ในประเทศไทย	9
3	พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา	18
4	รูปแบบของอาหารสำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอยโข่ง	19
5	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งหมด ความกว้างและความยาวของเปลือกหอยโข่งเพศเมีย	23
6	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งหมด ความกว้างและความยาวของเปลือกหอยโข่งเพศผู้	23
7	อัตราส่วนเพศของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา	26
8	ดัชนีความสมบรูณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้ และเพศเมีย	29
9	ระยะและลักษณะของโอโอไซท์ของหอยโข่ง	31
10	ค่าองค์ประกอบของข้อมูลของทั้งสองแกนหลักกับค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นดิน ความ หนาแน่น และดัชนีความสมบูรณ์เพศ ของหอยโข่ง	43
11	ข้อมูลการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกหอยโข่งที่เลี้ยงสูตรอาหารที่แตกต่างกัน	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หอยโข่ง *Pila ampullacea* (Linnaeus, 1758)	4
2	อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่ง	6
3	แผนที่พื้นที่ศึกษาในอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี	14
4	แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยโข่งในธรรมชาติ	15
5	การวัดขนาดความยาวและความกว้างเปลือกของหอยโข่ง	15
6	ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้ และหอยโข่งเพศเมีย	16
7	ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี	21
8	น้ำหนักทั้งหมด ความกว้างและความยาวเปลือกหอยโข่ง	24
9	ความหนาแน่นของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา	25
10	ลักษณะของระบบสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมีย	27
11	ลักษณะของระบบสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้	27
12	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศเมีย	28
13	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้	29
14	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้และเพศเมีย	30
15	การผสมพันธุ์และวางไข่ของหอยโข่งในธรรมชาติ	30
16	ภาพตัดขวางรังไข่ของหอยโข่ง	32
17	ภาพตัดขวางถุงอัณฑะของหอยโข่งเพศผู้	33
18	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเซลล์สืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้	33
19	เนื้อเยื่อ Receptaculum seminis ของหอยโข่งเพศเมีย	34
20	การพัฒนาของแอลบูมิน แกลนต์ (Albumen gland)	35
21	ลักษณะเนื้อเยื่อของแคปซูล แกลนต์ (Capsule gland)	36
22	ลักษณะท่อส่งผ่านแคลเซียม ของแคปซูล แกลนต์ (Capsule gland)	36
23	การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	37
24	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	37
25	การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของน้ำ	38
26	การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียทั้งหมด	38
27	การเปลี่ยนแปลงไนไตรท์	39
28	การเปลี่ยนแปลงไนเตรท	40
29	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่าง	40
30	การเปลี่ยนแปลงค่าความกระด้าง	41
31	ความความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	ความชื้นของดิน	42
33	การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis: PCA) ของดัชนีความสมบูรณ์เพศ ค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นดิน และความหนาแน่นของหอยโข่ง	44
34	หอยโข่งที่มีการจำศีลและพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อเพาะพันธุ์	45
35	หอยโข่งที่ผสมพันธุ์ในบ่อเพาะพันธุ์ และหอยโข่งที่วางไข่ในบ่อเพาะพันธุ์	45
36	การพัฒนาของไข่หอยโข่งในที่เพาะฟัก	46
37	การเจริญเติบโตของลูกหอยโข่งที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน	48
38	ปริมาณน้ำฝนเปรียบเทียบกับดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง	54

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หอยโข่ง (Thai native apple snail, *Pila ampullacea* Linnaeus, 1758) เป็นหอยฝาเดียวในวงศ์แอมพูลาริดี้ (Family Ampullariidae) สกุลพิลล่า (Genus *Pila*) มีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาดใหญ่ (Globose shape) ส่วนปลายยอด (Spine) เตี้ยหรือเกือบแบนราบ วงสุดท้ายปองออกมาก ผิวเปลือกเรียบเป็นมัน มีสีเขียวอมน้ำตาลหรือสีเขียวมะกอก มีลายคาดยาว มีความกว้างและความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 45-80 และ 55-86 มิลลิเมตร ช่องแอมบิลิคัส (Umbilicus) กว้างและลึกเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่น แผ่นปิดเปลือก (Operculum) หนาและแข็ง สามารถปิดปากเปลือกได้สนิท ลายบนแผ่นปิดช่องเปลือกเป็นแบบคอนเซนทริก (Concentric) ด้านในแผ่นปิดเปลือกมีสีขาวเป็นมันวาว ขอบปากเปลือกด้านใน (Inner lip) เป็นสีขาวและมีลายสีม่วงสลับขาว (Brandt, 1974: 1-423; Kaewjam, 1987: 175-176)

หอยโข่งมีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่แหล่งน้ำ ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ได้แก่ นาข้าว แหล่งน้ำตื้น บ่อน้ำ และแหล่งน้ำทางการชลประทาน มักพบหอยเกาะอยู่กับพืชน้ำ โดยพบมากในช่วงฤดูฝนหอยโข่งจะอยู่บริเวณพื้นดิน และเริ่มการผสมพันธุ์ ในช่วงที่แห้งแล้ง (ฤดูหนาวและฤดูร้อน) (Keawjam, 1987: 174) หอยมีการฝังตัวอยู่ใต้ดินโดยปิดฝาปิดเปลือกแน่น จึงทำให้พบได้น้อยลง หอยโข่งเป็นสัตว์แยกเพศ (Dioecious animal) โดยทั่วไปเพศผู้ที่จับคู่กับเพศเมียจะมีขนาดที่เล็กกว่า มีการสืบพันธุ์บริเวณในน้ำที่ความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร พบการจับคู่ในฤดูฝน (ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) ใช้เวลาในการจับคู่ผสมพันธุ์ประมาณ 30–60 นาที อาจพบการขุดหลุมขนาดเล็กบริเวณริมฝั่งและจับคู่ด้านในหลุม (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289-290; สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 385) ในแหล่งน้ำที่มีอาหารอุดมสมบูรณ์ หอยสามารถสืบพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289) หอยโข่งสามารถกินพืชน้ำกลุ่มต่างๆ ได้แก่ สาหร่าย จอก ผักบุ้ง ต้นข้าว และ ตะไคร่น้ำ นอกจากนี้ในสภาวะที่ขาดอาหาร รวมทั้งหอยโข่งยังสามารถปรับพฤติกรรมการกินอาหารจากพืชน้ำมาเป็นซากพืชซากสัตว์ได้ (Komalamisra et al., 2009: 243-245)

หอยโข่งเป็นเจ้าบ้านของปรสิตพยาธิหอยโข่งหรือพยาธิปอดหนู (*Angiostrongylus cantonensis*) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (Eosinophilic meningitis) คนสามารถติดเชื้อได้จากการบริโภคหอยที่ปรุงไม่สุก ซึ่งมีตัวอ่อนของพยาธิในระยะที่ 3 และ 5 (Third and fifth-stage larva) เป็นระยะติดต่อเข้าสู่คน โรคนี้สามารถพบได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความนิยมในการกินอาหารที่ปรุงไม่สุก โดยในปี 2555 มีรายงานการติดเชื้อ 0.9 รายต่อประชากร 100,000 คน (สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538:385; อุมาพร ธาไทสง, 2555: 215) นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นเจ้าบ้านของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดกลาง (*Echinostoma ilocanum*) (สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 385; Kaewjam, 1987: 173) และ

พยาธิตัวจี๊ด (*Gnathostoma spinigerum*) (อุมาพร ธาไทยสง, 2555: 215; Komalamisra et al., 2009: 243-245) จากการที่ประชากรหอยโข่งในธรรมชาติลดจำนวนลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ผลกระทบจากมนุษย์ ทั้งสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร และการถูกบุกรุกและสูญเสียถิ่นอาศัย รวมถึงน้ำเสียที่ถูกปล่อยจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม การแก่งแย่งอาหารและที่อยู่อาศัยกับหอยชนิดอื่น ซึ่งพบว่าหลังจากที่มีการระบาดของหอยเชอรี่ที่เป็นสัตว์ต่างถิ่นจะพบหอยโข่งในธรรมชาติได้น้อยลง (วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 8-50) Sumpan and Chaichana (2013: 426) พบว่าหอยเชอรี่สามารถการคลานเข้าหาอาหารได้เร็วกว่าหอยโข่ง นอกจากนี้ยังพบว่าหอยโข่งมีการเลือกกินอาหารมากกว่าหอยเชอรี่ (Chaichana and Sumpan, 2014: 11-15) การตกเป็นเหยื่อของสัตว์อื่น (วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 42-44)

ในการศึกษาในครั้งนี้ ตัวอย่างหอยโข่งถูกรวบรวมจากนาข้าวในพื้นที่อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อนำมาศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาการสืบพันธุ์ที่ประกอบด้วย ช่วงเวลาที่พบ น้ำหนักลำตัว ความกว้างของเปลือก ความยาวของเปลือก สัดส่วนของเพศผู้และเพศเมีย ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ลักษณะอวัยวะสืบพันธุภายนอก องค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์ ระยะและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ และทางนิเวศวิทยา ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากร และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์เพศและความหนาแน่นในธรรมชาติ ได้แก่ ความชื้นของดิน คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ในบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำประชากรหอยโข่งจากธรรมชาติมาเลี้ยงและพัฒนาให้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในโรงเพาะฟัก เพื่อให้มีจำนวนเพียงพอต่อการบริโภคของประชาชน สามารถผลิตหอยโข่งได้ในสภาพที่ปราศจากพยาธิ และเป็นการอนุรักษ์พันธุ์หอยโข่งได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์และนิเวศวิทยาของหอยโข่งในพื้นที่นาข้าว รวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของหอยโข่ง และความสมบูรณ์เพศ เพื่อเป็นแนวทางการเพาะขยายพันธุ์หอยโข่งในห้องปฏิบัติการ โดยทำการศึกษา

1.2.1 ข้อมูลพื้นฐาน (น้ำหนักลำตัว ความกว้างเปลือก และความยาวเปลือก) การแพร่กระจายและสัดส่วนเพศ ของหอยโข่งในพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

1.2.2 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ ประกอบด้วย ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก องค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์ ระยะและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ และอัตราส่วนเพศในพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

1.2.3 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (คุณภาพน้ำ และดิน) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและดินที่มีผลต่อชีววิทยาการสืบพันธุ์และความหนาแน่นในพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

1.2.4 แนวทางการเพาะเลี้ยงหอยโข่งในโรงเพาะและอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยโข่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 รวบรวมตัวอย่างหอยโข่งจากพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของหอยโข่ง ได้แก่ จำนวนตัวต่อพื้นที่ น้ำหนักลำตัว ความกว้าง และความยาวของเปลือก

1.3.2 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ชีววิทยาการสืบพันธุ์ ประกอบด้วย สัดส่วนของเพศผู้และเพศเมีย ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก องค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์ และ ระยะและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ของหอยโข่งในพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

1.3.3 รวบรวมข้อมูลปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และคุณภาพดิน วิเคราะห์ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความหนาแน่นของประชากรและความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งในพื้นที่นาข้าวอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

1.3.4 รวบรวมข้อมูลแนวทางการเพาะพันธุ์ในโรงเพาะฟักและแนวทางการเลี้ยงรวมถึงอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยโข่ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ข้อมูลพื้นฐาน (ความหนาแน่น น้ำหนักทั้งหมด ความยาวเปลือก และความกว้างเปลือก) และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายตัวของหอยโข่งในธรรมชาติ ช่วงเวลาการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งในแหล่งน้ำธรรมชาติ

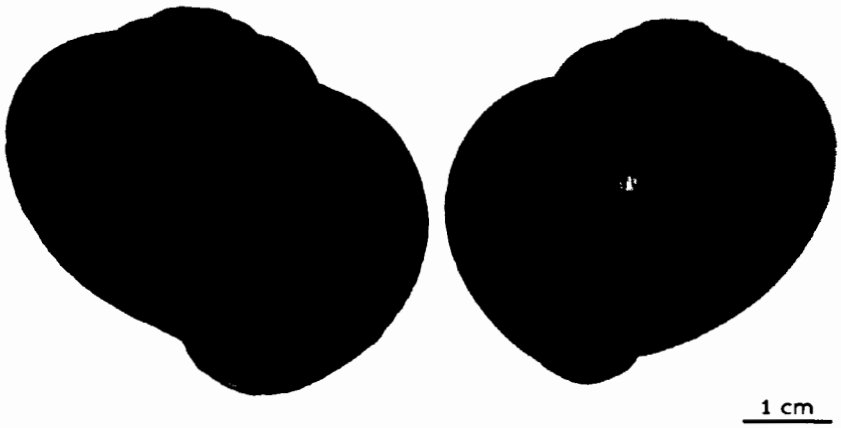
1.4.2 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ (สัดส่วนของเพศผู้และเพศเมีย ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก องค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์ และระยะและการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์) และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งในธรรมชาติ

1.4.3 แนวทางในการเพาะเลี้ยงหอยโข่งในห้องปฏิบัติการ และอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของหอยโข่ง

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 อนุกรมวิธานของหอยโข่ง

หอยโข่ง (Thai native apple snail, *Pila ampullacea* Linneaus, 1758) อาจเรียกว่าหอยนา หอยโข่งนา หอยโง หรือ หอยตาแดง อยู่ในไฟลัมมอลลัสกา (Phylum Mollusca) คลาสแกสโทรโพดา (Class Gastropoda) ซึ่งเป็นกลุ่มของหอยฝาเดียว ซับคลาสโพรโซบลานเชียล (Subclass Prosobranchiata) และอยู่ในอันดับมีโซแกสโทรโพดา (Order Mesogastropoda) วงศ์แอมพูลาริดี้ (Family Ampullariidae) โดยทั่วไปสามารถพบได้ในแหล่งน้ำจืดเขตร้อนของทวีปแอฟริกา เอเชีย และอเมริกา หอยในวงศ์นี้มีชื่อสามัญว่า Apple snail เนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีรูปร่างเป็นทรงกลม (Globose shape) บางชนิดมีความยาวเปลือกมากกว่า 100 มิลลิเมตร (Hui et al., 2014: 31-43) Brandt (1974: 1-423); Kaewjam (1987: 173-186) ทำการจำแนกชนิดจากสัณฐานวิทยา ลักษณะและสีของเปลือก ลายคาดบนเปลือก และการแพร่กระจาย พบว่า หอยในสกุลพิลล่า (Genus *Pila*) มีความยาวเปลือกขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่มาก (30 – 86 มิลลิเมตร) รูปทรงกลม การหมุนวนของเปลือกแบบ Dextrally coiled ส่วนใหญ่มีเปลือกหนา ผิวเปลือกเรียบ ชั้นนอกสุดของเปลือก (Periostracum) เป็นชั้นที่บางและมีสี ซึ่งเป็นสารประกอบโปรตีน (Conchiolin) ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเขียว มีลายคาดเป็นเส้นส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลดำ ช่องแอมบิลิคัส (Umbilicus) แคบแผ่นปิดเปลือก (Operculum) สามารถปิดปากเปลือกได้สนิท ลายบนแผ่นปิดช่องเปลือกแบบคอนเซนทริก (Concentric) มีจุดศูนย์กลางค่อนมาทางผนังด้านในของเปลือกติดกับแนวแกนเรียกว่า คอลลูเมลลา (Columella) ด้านในแผ่นปิดเปลือกมีสีขาวเป็นมันวาว (ภาพที่ 1) ในประเทศไทยพบ 5 ชนิด ได้แก่ *P. ampullacea, P. angelica, P. pesmei, P. gracilis* และ *P. polita* (ตารางที่ 1) (Kaewjam, 1987: 173-186; Nabhitabhata, 2009: 61-63; สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 385)



ภาพที่ 1 หอยโข่ง *Pila ampullacea* (Linnaeus, 1758)

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของหอยในสกุลพิลล่า (Genus *Pila*)

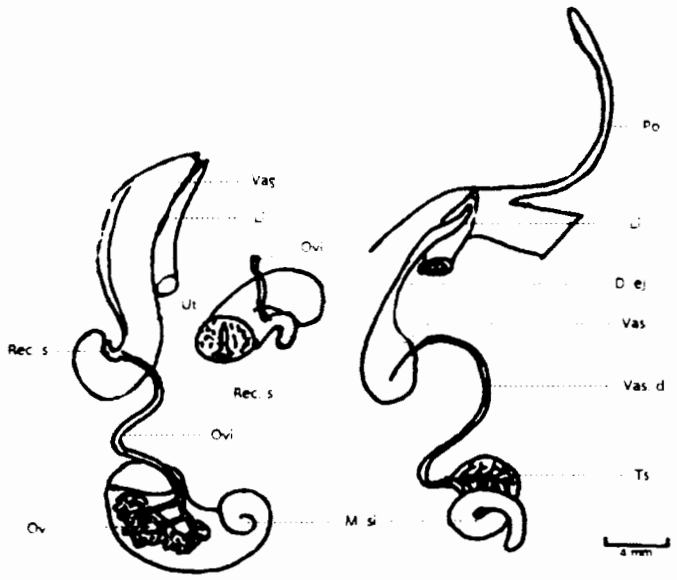
ชนิด	จำนวนรอบก้นหอย (รอบ)	สีเปลือก	ขนาดเปลือกเมื่อโตเต็มที่ (มม.)	ลักษณะเด่น
P. ampullacea	4 1/2	สีน้ำตาลหรือสีเขียวมะกอกบาง มีลายคาดยาวรอบเปลือก	ความกว้าง 45-80 มิลลิเมตร ความยาว 55-86 มิลลิเมตร	Umbilicus กว้างและลึก ริมขอบฝาปิดเปลือกหนาและแข็ง ด้านในเป็นสีขาว มีลายสีม่วงสลับขาว
P. pesmei	4 1/4	สีน้ำตาล สีน้ำตาลแก่ หรือน้ำตาลเขียว ลายพาดสีน้ำตาลดำคาดยาวรอบเปลือก	ความกว้าง 27-57 มิลลิเมตร ความยาว 30-62 มิลลิเมตร	Umbilicus แคบและลึกปานกลาง ริมขอบฝาปิดเปลือกหนาและแข็ง ด้านในเป็นสีเหลืองส้ม
P. angelica	4 1/4	สีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลเขียว ลายพาดสีน้ำตาลดำคาดยาวรอบเปลือก	ความกว้าง 50-70 มิลลิเมตร ความยาว 60-75 มิลลิเมตร	Umbilicus แคบ ริมขอบฝาปิดเปลือกหนาและแข็งปานกลาง ด้านในเป็นสีเหลืองส้มหรือสีส้มเทา
P. polita	6 1/2	สีน้ำตาล สีน้ำตาลแก่ หรือน้ำตาลเขียว ไม่มีลายคาด	ความกว้าง 40-60 มิลลิเมตร ความยาว 50-85 มิลลิเมตร	Umbilicus แคบมาก ริมขอบฝาปิดเปลือกบางแต่แข็งแรง ด้านในเป็นสีเหลืองส้มหรือสีม่วงส้ม
P. gracilis	4 1/4	สีน้ำตาลดำ สีน้ำตาลแก่ หรือน้ำตาลเขียว ลายพาดสีน้ำตาลดำคาดยาวรอบเปลือก	ความกว้าง 24-38 มิลลิเมตร ความยาว 30-46 มิลลิเมตร	Umbilicus แคบมาก ริมขอบฝาปิดเปลือกบางแต่แข็งแรง ด้านในเป็นสีเหลือง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Kaewjam (1987: 173-186); Thaewnon-ngiw et al. (2003: 128-13)

2.2 ชีววิทยาของหอยโข่ง

2.2.1 ชีววิทยาการสืบพันธุ์

หอยโข่งเป็นสัตว์แยกเพศ เพศผู้มีอวัยวะสืบพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงจากขอบแมนเทิล (Mantle) (สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 138) เพศผู้ประกอบด้วยอัณฑะ (Testis) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตเชื้อตัวผู้ (spermatozoa) และส่งผ่านท่อ Ejaculatory duct ไปสู่อวัยวะสืบพันธุ์ (Penis) ที่อยู่ในช่องแมนเทิลมีลักษณะโค้งงอ ในช่วงผสมพันธุ์จะยืดออกแล้วสอดเข้าสู่อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vagina) ในขณะที่อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) มีลักษณะเป็นพูสีเหลืองอ่อน ถัดมาเป็นท่อนำไข่ (Oviduct) ปลายสุดของท่อนำไข่มีสีขาวขุ่น และเชื่อมต่อกับส่วนอวัยวะที่เรียกว่า Receptaculum seminis ที่ทำหน้าที่เก็บรักษาเชื้อตัวผู้เพื่อรอการผสมพันธุ์กับเซลล์ไข่ที่มีความสมบูรณ์เพศ (Maturing oocytes)



ก ข

ภาพที่ 2 อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่ง เพศเมีย (ก) เพศผู้ (ข)
(D.ej=Ductus ejaculatorius; Ov=Ovary; Ovi=Oviduct; Pe=Penis; Rec.s.=Receptaculum seminis; Te=Testis; Ut=Uterus; Vag=Vagina Vas.d.=Vas deferens; Ves.=Vesicular seminalis)
ที่มา: ดัดแปลงจากสมศักดิ์ (2528: 284)

ในช่วงของการผสมพันธุ์เพศผู้ที่มีขนาดลำตัวเล็กกว่าจะจับคู่กับเพศเมีย โดยเพศผู้จะเคลื่อนที่เข้าหาเพศเมียโดยใช้ส่วนของเท้า (Foot) ยึดขอบเปลือกด้านนอกของหอยเพศเมีย (Outer lip) แล้วค่อยๆยื่นองคชาติเข้าไปในช่อง Mantle cavity ของเพศเมีย ผ่านเข้าสู่อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vagina) ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatozoa) เข้าสู่อวัยวะ Receptaculum seminis ในขณะเดียวกัน เซลล์ไข่ที่มีความสมบูรณ์จะออกมาจากรังไข่ ผ่านท่อนำไข่ และเกิดการปฏิสนธิ (Fertilization) จากนั้นไข่จะผ่านมาตามท่อของ อะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) และแคปซูล

แกลนต์ (Capsule gland) และไข่จะถูกปล่อยออกสู่ภายนอกร่างกาย ระยะเวลาการผสมพันธุ์ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 280-290)

การผสมพันธุ์เกิดขึ้นบริเวณพื้นดินใกล้แหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 1 ฟุต หรือขุดหลุมขนาดเล็กบริเวณริมฝั่งและจับคู่ด้านในหลุม พบได้ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน) และวางไข่บริเวณโพรงดินที่ขุดขึ้น ซึ่งเป็นพื้นดินที่เปียกชื้นไม่มีน้ำท่วมขัง หลังจากการปฏิสนธิเพศเมียวางไข่ที่เกาะกันเป็นกลุ่มสีขาว กลุ่มละประมาณ 100-300 ฟอง บนฝั่งเหนือผิวน้ำหรือในโพรงดิน (สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 385; วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 15) หอยโข่งสามารถสืบพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ในช่วงฤดูแล้ง (พื้นดินแห้ง) จะไม่พบการจับคู่ของหอยโข่ง เนื่องจากความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาของตัวอ่อนหอยโข่ง (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289) Keawjam (1987: 174) รายงานว่าฝนเป็นปัจจัยที่กระตุ้นการเคลื่อนที่และการสืบพันธุ์ เมื่อเริ่มฤดูฝนน้ำฝนจะชะล้างพื้นดิน หอยโข่งสามารถออกมาเพื่อหาอาหารและเริ่มการสืบพันธุ์ และวางไข่ เมื่อลูกหอยฟักออกจากไข่ ตัวอ่อนสามารถเจริญเติบโตเต็มที่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้น

2.2.2 ชีววิทยาการกินอาหาร

ทางเดินอาหารของหอยโข่ง ประกอบด้วย ปาก ช่องปาก หลอดคอ กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ตรง และทวาร หอยในครอบครัว Ampullariidae กินอาหารได้ทั้งในรูปแบบพืช สัตว์ และซากพืชซากสัตว์ (Omnivorous mollusc) พฤติกรรมการกินอาหารมีความแตกต่างกันไปในหอยแต่ละชนิด ในกลุ่มที่กินสาหร่ายบนก้อนหินมีอวัยวะทำหน้าที่จับอาหารเรียกว่า radula apparatus (ฟันที่มีลักษณะเป็นซี่เลื่อย) การทำงานเริ่มจากกล้ามเนื้อส่วน protractor และ retractor (Protractor and retractor muscle) ยืดออกมาสัมผัสกับอาหารและทำการดึงกลับ ใช้ฟันจับอาหาร (ธนาทิพย์, 2557: 154-157) ส่วนฟัน (Radular teeth) ของหอยในวงศ์แอมพูลาริดี้ เป็นแบบทีนิโอกลอซซา (Taenioglossa) ในหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) กินพืชน้ำจำพวกพืชน้ำ ได้แก่ จอก แหน และสาหร่าย ใช้แรดูลาในการจับใบพืช จากนั้นใช้ฟันและขากรรไกรฉีกใบไม้เป็นชิ้นเล็กๆ (สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 138) ในหอยโข่งสามารถกินอาหารที่เป็นพืชน้ำได้หลายอย่าง เช่น สาหร่ายต่างๆ จอก ผักบุ้ง ต้นข้าว และ ตะไคร่น้ำ นอกจากนี้หอยโข่งยังสามารถปรับพฤติกรรมการกินอาหารจากพืชน้ำมาเป็นซากสัตว์ได้เมื่อเกิดสภาวะอดอาหาร (Komalamisra et al., 2009: 243-245)

การกินอาหารของหอยน้ำจืดขึ้นกับสภาพแวดล้อมในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัย ดังเห็นได้จาก Memon (2011: 25-28) ได้รายงานว่าที่อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส หอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) กินอาหารได้ดีกว่าที่อุณหภูมิน้ำ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Seuffert et al. (2010: 80-84) ได้รายงานว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หอยเชอรี่สามารถกินอาหารได้ดีที่สุด และอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หอยเชอรี่กินอาหารลดลง และไม่กินอาหารเลยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส รวมทั้งสภาวะการให้อากาศในการเลี้ยงมีผลต่อการกินอาหารได้เช่นเดียวกัน Aufderheide et al. (2006: 17-18) ศึกษาผลของช่วงแสง อุณหภูมิ และความหนาแน่น ต่อการให้ไข่ของตัวเต็มวัยและการเจริญเติบโตของลูกหอย Giant rams-horn snail (*Marisa cornuarietis*) พบว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นน้อยกว่า 0.8 ตัวต่อลิตร มีความเหมาะสมที่สุด Garr et al. (2011: 142-143) ศึกษาผลของ

ความหนาแน่นและการกินอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของหอยเชอรี่ (*Pomacea paludosa*) โดยทำการเลี้ยงที่ 6 ระดับความหนาแน่นที่ 10, 20, 40, 60, 80, และ 100 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าในเดือนที่ 1 การเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นต่ำ 10 และ 20 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า แต่ในเดือนที่สอง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อทดสอบความหนาแน่นสูงที่สุดในการเลี้ยงร่วมกับการให้อาหารปลา (Catfish diet) และอาหารผสม (Ulva diet) พบว่าหอยเชอรี่สามารถเลี้ยงได้ถึงระดับความหนาแน่น 250 ตัวต่อตารางเมตร และการให้อาหารผสม (Ulva diet) มีอัตราการเติบโตที่ดีกว่าการให้อาหารปลา (Catfish diet) Mendosa et al. (1999: 109) เลี้ยงหอยเชอรี่ (*Pomacea bridgesi*) โดยใช้ใบผักกาดแห้ง (Dehydrayted lettuce โปรตีนร้อยละ 15.35) และอาหารปลา (Commercial feed โปรตีนร้อยละ 34.83) โดยให้อาหารร้อยละ 2 และ 6 ของน้ำหนักตัว ในกลุ่มที่ให้อาหารหารปลา จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับอาหารร้อยละ 6 ของน้ำหนักตัว และพบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อยู่ในช่วงระดับโปรตีนร้อยละ 20 ถึง 30 Garr et al. (2011: 143) รายงานว่าหอยเชอรี่ (*Pomacea paludosa*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม (Ulva Diet โปรตีนร้อยละ 31.4) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (Catfish Diet โปรตีนร้อยละ 34.2) Malek (1958: 804-805) รายงานว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ ทำให้หอยลดการเคลื่อนที่ และการกินอาหาร วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ (2554: 22) รายงานว่าหอยเชอรี่ไม่สามารถทนความเค็มในช่วง 1-7 ส่วนในพันส่วน (ppt) เมื่อผ่านไป 1 สัปดาห์ หอยเชอรี่อ่อนแอลง หยุดกินอาหารและตายได้ในที่สุด

2.3 นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย

2.3.1 นิเวศวิทยา

แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยโข่งมีความหลากหลาย โดยสามารถพบได้ทั่วไปในนาข้าว แหล่งน้ำตื้น บ่อน้ำ และแหล่งน้ำทางการชลประทาน ส่วนใหญ่พบในบริเวณน้ำนิ่งความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร พบได้ในแหล่งน้ำทุกภาคของประเทศไทย หอยโข่งสามารถเกาะอยู่กับพืชน้ำ เช่นผักตบชวา บัว ผักบุ้ง และบริเวณที่เป็นหญ้า โดยพบมากในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) หอยโข่งจะปรากฏตัวขึ้นจากพื้นดินและเริ่มการผสมพันธุ์ (Keawjam, 1987: 174-176) โดยมักจะพบหอยโข่ง *Pila ampullacea* ร่วมกับ *Pila polita* และ *Pila pesmei* แต่มีปริมาณและสัดส่วนของหอยโข่งที่พบทั้ง 3 ชนิด จะผันแปรไปตามฤดูกาล พบว่าในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน (พฤศจิกายน-มีนาคม) จะพบหอยโข่งได้น้อยลง เนื่องจากหอยมีการฝังตัวอยู่ใต้ดิน และอยู่ในสภาวะการพักตัวโดยปิดฝาปิดเปลือกแน่น วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ (2554: 23) รายงานว่าช่วงของการจำศีลในหอยเชอรี่ เพื่อให้อยู่รอดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยฝังตัวอยู่ใต้ดินลึกประมาณ 5 เซนติเมตร ในช่วงของการจำศีลหอยจะไม่มีการกินอาหาร และจะใช้อาหารที่สะสมในร่างกายแทน พบว่าการจำศีลอาจกินเวลาถึง 5 เดือน และจะกลับขึ้นมาดำรงชีวิตตามปรกติอีกครั้งเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สมศักดิ์ ปัญหา (2528: 289-290) และ Keawjam (1987: 174-175) ที่พบว่าหอยโข่งเมื่อเข้าสู่สภาวะไม่เหมาะสม หอยจะมีการจำศีลใน

โพรงดิน โคนต้นไม้ และใช้อาหารสำรองในร่างกาย ในการดำรงชีวิตจะกระทั่งถึงฤดูฝนก็จะกลับออกมาหากินและสืบพันธุ์ใหม่ โดยหอยโข่งจะมีการสืบพันธุ์ทันทีหลังจากฝนตกครั้งแรก

2.3.2 การแพร่กระจายของหอยโข่ง

หอยน้ำจืดในวงศ์ Ampullaridae พบว่ามีการแพร่กระจายในเขตร้อนทั่วโลก ในแถบแอฟริกา เอเชีย และอเมริกา (Tan et al., 2013: 135-136) ในประเทศไทยพบว่ามีรายงานการพบหอยในวงศ์ Ampullaridae ใน สกุล *Pila* ทั้งหมด 5 ชนิด พบว่ามีการแพร่กระจายจากกันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ ซึ่งหอยโข่งจะพบได้ทุกภาคของประเทศไทย (ตารางที่ 2) ซึ่งรายงานการพบหอยโข่ง (*P. ampullacea*) ประเทศไทย มีรายงานการพบในหลายจังหวัดของประเทศไทย ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นครนายก นครปฐม พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี นครสวรรค์ ชลบุรี เลย ชัยภูมิ ยโสธร นครพนม สุรินทร์ มหาสารคาม มุกดาหาร ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด และอุบลราชธานี (Thaewnon-ngiw et al., 2003: 129; Nabhitabhata et al., 2009: 61-62; สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 282) ซึ่งปกติหอยโข่ง (*Pila ampullacea*) จะพบได้มากในเขตภาคกลาง และจะพบได้ค่อนข้างยากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่จะไม่พบเลยทางภาคใต้ของประเทศไทย (Keawjam, 1987: 181)

ตารางที่ 2 การแพร่กระจายของหอยสกุล พิลล่า (Genus *Pila*) ในประเทศไทย

ชนิด	การแพร่กระจาย
P. ampullacea	ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
P. pesmei	ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
P. polita	ภาคกลาง ภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้
P. angelica	ภาคใต้
P. gracilis	ภาคใต้

ที่มา: ดัดแปลงจาก Keawjam (1987: 176-186); Thaewnon-ngiw et al. (2003: 128-130)

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจาย

การแพร่กระจายของหอยน้ำจืดฝาเดียวเกิดจากองค์ประกอบสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในแหล่งที่อยู่อาศัย (Utzinger et al., 1997: 325-327; Hussein et al., 2011: 12-13) Hussein et al. (2011: 13-20) ศึกษาพลวัตรประชากรของหอยน้ำจืดกลุ่ม Gastropoda ในประเทศอียิปต์ พบว่าความหนาแน่นของหอยผันแปรไปตามฤดูกาล โดยมีการแพร่กระจายมากที่สุดในฤดูใบไม้ร่วงและน้อยสุดในฤดูหนาว Ofoezie (1999: 184-189) ศึกษารูปแบบปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยน้ำจืดกลุ่ม Gastropoda ในอ่างเก็บน้ำ Oyan ในประเทศไนจีเรีย พบว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นและการแพร่กระจายของหอย โดยจะพบหอยได้มากที่สุดในช่วงฤดูฝนและช่วงก่อนเข้าฤดูร้อน และพบหอยในกลุ่ม *Lymnaea* sp. มากที่สุด Wang et al. (2015: 244-252) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายและความชุกชุมของหอยไซ

(*Bithynia siamensis goniomphalos*) พบว่าการกระจายตัวของหอยไซในแหล่งที่อยู่อาศัยที่เป็นบ่อน้ำ ลำธาร และนาข้าว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ($P<0.05$) ในแหล่งที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน พบว่าจะมีความหนาแน่นและความหลากชนิดหอยมีความแตกต่างเช่นเดียวกัน โดยหอยไซถูกพบได้มากที่สุดในนาข้าว ซึ่งความชุกชุมที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่อยู่อาศัย พบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชุกชุมสัตว์น้ำในเขตร้อน หอยไซชอบอาศัยในน้ำที่มีอุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส และระดับความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5 – 9.0 ซึ่งช่วงดังกล่าวจะมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (โชคชัย เหลืองธุวปราณี, 2548: 1-481) Malek (1958: 796-800) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อการแพร่กระจายของหอย *Bulinus* sp. และ *Biomphalaris* sp. ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.0-9.0 นอกจากนั้นยังพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายตัว เช่น แสงอาทิตย์ และการสังเคราะห์แสงของพืช Seuffert et al. (2010: 77-84) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการดำรงชีวิตของหอยเชอรี่ ที่อุณหภูมิ 25-30 องสาเซลเซียส จะพบมีขยับตัวและการเคลื่อนที่ และการกินอาหารของหอยเชอรี่มากกว่าช่วงที่อุณหภูมิต่ำ Ofoezie (1999: 189) ได้รายงานว่าระดับของก๊าซออกซิเจนในน้ำมีความสำคัญมากต่อกระกระจายตัวในแหล่งที่อยู่อาศัยของหอย *Biomphalaria* sp. พบว่าหอยที่ลอยตัวอยู่บนผิวน้ำเนื่องจากมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นเพื่อการหายใจ (Malek, 1958: 804) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำควรมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าหากออกซิเจนต่ำเกินไปจะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (โชคชัย เหลืองธุวปราณี, 2548:1-481) นอกจากนี้ยังพบว่าดินเป็นแหล่งแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อหอยเนื่องจากเป็นแหล่งของแคลเซียม (Calcium) และแมกนีเซียม (Magnesium) เนื่องจากมีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกเพื่อการเจริญเติบโตของหอย ปริมาณแคลเซียมในแหล่งน้ำ ยังเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความชุกชุมและการแพร่กระจายของหอยน้ำจืด (Malek, 1958: 799) Suwannatrai et al. (2011: 183-190) รายงานว่าความเค็มมีผลต่อการแพร่กระจาย และความหนาแน่นของหอยไซในพื้นที่แอ่งโคราช (Korat basin) จะพบความหนาแน่นของหอยไซสูงที่สุดในพื้นที่ คลองส่งน้ำ คูน้ำข้างทาง และนาข้าวที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 2.5-5.0 ในพันส่วน (ppt) และพบว่าการแพร่กระจายและความหนาแน่นหอยไซมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับความเค็ม สารภี มโนรักษ์ (2529: 1-57) รายงานรูปแบบการกระจายตัวของหอยไซ พบว่าของหอยไซในแหล่งน้ำธรรมชาติมีรูปแบบการกระจายตัวเป็นแบบรวมกลุ่ม (Clump)

2.4 การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง

2.4.1 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย

ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเจดีย์ Olaguer and Bagarinao. (2001: 200) รายงานระยะการพัฒนาของรังไข่และถุงน้ำเชื้อของหอยเจดีย์ (Mud snail, *Cerithiidae cingulate*) เหมือนกับการพัฒนาในหอยชนิดอื่น และสามารถแบ่งระยะการพัฒนาได้ออกเป็น 4 ระยะคือ ช่วงที่ยังไม่พัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Immature stage) ช่วงกำลังพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Developing stage) ช่วงพร้อมผสมพันธุ์ (Mature stage) และช่วงวางไข่ (Spent stage) คล้ายกับระยะการพัฒนาของรังไข่และถุงน้ำเชื้อของหอยเจดีย์ (Murex snail, *Bolinus brandaris*) (Elhasni et al., 2013: 24-26)

การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ เพศผู้ Primary germ แสดงให้เห็น Spermatogonia ที่มีขนาดเล็ก และเริ่มมีการพัฒนาของเซลล์เยื่อบุ Follicular และโครงสร้าง Tubule เนื้อเยื่อเกี่ยวพันธุ์ลดลงชัดเจน พบ Spermatogonia พัฒนา Spermatocytes จำนวนมากใน Tubules เริ่มพบ Spermatid และ Spermatozoa ช่วงที่พร้อมสืบพันธุ์Spermatid พัฒนาเป็น Spermatozoa จำนวนมากใน Tubules ส่วนในเพศเมีย primary germ แสดงให้เห็น Oogonia ที่มีขนาดเล็ก และเริ่มมีการพัฒนากลุ่มของ Oocyte มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ขึ้น Primary oocyte อยู่ในระยะ Previtellogeneic พบ Secondary oocyte บางส่วนรอบ follicle cells ช่วงที่พร้อมสืบพันธุ์ Oocyte พัฒนาสมบูรณ์ ระยะ Viellogenic ลักษณะกลม และมีจำนวนมากในรังไข่ (Olaguer and Bagarinao. 2001: 200)

2.4.2 ความสมบูรณ์เพศของเพศผู้และเพศเมีย

ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งจะมีความคล้ายคลึงกับหอยเชอรี่ (*Pomcea canaliculata*) Catalan et al. (2006: 525); Catalan et al. (2002: 91) รายงานว่าหอยเชอรี่มีระบบการสืบพันธุ์เหมือนกับหอยชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มของ Prosobranch gastropod อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยเพศเมีย ประกอบไปด้วยรังไข่ (Ovary) เป็นพูสีเหลืองส้มติดอยู่กับส่วนของ Digestive glands และจะพบท่อนำไข่เชื่อมต่อติดกับส่วนของรังไข่ เพื่อเชื่อมต่อไปยังพาเรียลโอวิดัก (Pallial oviduct) ซึ่งประกอบไปด้วย รีเซพตาลั่มเซมินิ (Receptaculum seminis) เป็นที่เก็บเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีลักษณะเป็นกระเปาะสีขาวขุ่น เชื่อมต่ออยู่กับ แอลบูมินแกลนต์ (Albumen gland) มีสีเหลืองส้ม ที่ติดอยู่กับท่อนำไข่ที่สร้างเปลือก แคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) และมีการการสะสมอาหารและแคลเซียมเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ช่วงฤดูการสืบพันธุ์และวางไข่ ทำให้ขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์มีขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น

Catalan et al. (2006: 525) สามารถแยกช่วงเวลาการสืบพันธุ์ของหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงก่อนฤดูการสืบพันธุ์ ช่วงฤดูการสืบพันธุ์ และหลังการสืบพันธุ์ ในแต่ละช่วงจะแสดงลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ขององค์ประกอบเซลล์ ใน อะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) และแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) จะสามารถเห็นได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงของ Parenchymal mass ซึ่งประกอบไปด้วย Tubular acinous adenomeres ที่ถูกสร้างจาก Albumin secretory cells และ Labyrinthic cell

ส่วนในหอยเพศผู้มีลักษณะของอัณฑะ (Testis) เป็นพูสีเหลืองอยู่ส่วนท้างด้านท้าย (Spine) และมีท่อเชื่อมต่อออกสู่ด้านนอกทางอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (Pennis) (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 280-290) Olaguer and Bagarinao. (2001: 200) หอยเจดีย์ (Mud snail, *Cerithiidae cingulate*) ลักษณะของอัณฑะในช่วงสืบพันธุ์ จะมีสีเหลืองดำจนถึงส้มมีความหนา และมีขนาดใหญ่มากขึ้น เนื่องจากมีการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์อัดแน่นอยู่ภายใน ซึ่งจะพบเซลล์สืบพันธุ์ในระยะ Spermatid และ Spermatozoa จำนวนมากอยู่ในท่อ

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศ

Wayne (2001: 391-401) รายงานผลของการให้แสงต่อหอย *Limax* sp. ที่โตเต็มวัย พบว่าการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ขึ้นกับช่วงแสง ซึ่งการให้แสงน้อยจะทำให้การพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ไม่สมบูรณ์ แต่ในขณะที่การให้แสงมาก สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต การพัฒนาของรังไข่ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ และอวัยวะสืบพันธุ์ จากการทดลองพบว่าการให้แสงมากกว่าปกติทำให้มีจำนวนไข่

และการวางไข่ดีกว่าการให้แสงปกติ นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำจะส่งผลต่อการวางไข่ พบว่ามีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความดกไข่ จากการศึกษาในหอย *Aplysia* sp. การเลี้ยงที่ 15 องศาเซลเซียส หอยจะมีการวางไข่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหอยที่เลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส Aufderheide et al. (2006: 14-17) รายงานว่าหอยสังข์ (*Marisa cornuarietis*) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาสมในการเลี้ยง 25-28 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงจะส่งผลต่อระบบสืบพันธุ์

สมทรง สิทธิ (2531: 1-23) หอยเชอรี่ที่ได้รับอาหารจำพวกพืชน้ำที่แตกต่างกัน 6 ชนิด (สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด ผักตบชวา ผักกระเฉด ข้าว และบัวหลวง) พบว่าสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด ข้าว และบัวหลวง สามารถกระตุ้นให้หอยเชอรี่ผสมพันธุ์ และวางไข่ได้ในสัปดาห์ที่ 6-9 ในขณะที่การเลี้ยงด้วยผักกระเฉดมีการผสมพันธุ์ และวางไข่ในสัปดาห์ที่ 12 กลุ่มที่ได้รับผักตบชวาเป็นอาหาร ไม่พบการผสมพันธุ์และวางไข่ตลอดการทดลอง ปราสาททอง พรหมเกิด และคณะ (2549: 1-5) รายงานว่าการจำศีลมีผลต่อการสืบพันธุ์ของหอยเชอรี่เพศผู้ พบว่าถ้าหากมีการจำศีลช่วงระยะเวลาที่นานเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อคุณภาพของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ลดลง และจะทำให้หอยตายในที่สุด (10 เดือน) เนื่องจากการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีคุณภาพและปริมาณมาก จำเป็นต้องหอยจำเป็นต้องได้รับอาหารอย่างสมบูรณ์จากอาหารที่กินหรือจากการสะสมไว้

ความหนาแน่นของประชากรคือจำนวนประชากรต่อหน่วยพื้นที่ อัตราความหนาแน่นจะมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด การสืบพันธุ์ และการกระจายตัวของประชากรสัตว์น้ำ เนื่องจากสัตว์น้ำที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง จะเกิดการแก่งแย่งแข่งขันเรื่องของ อาหาร ก๊าซออกซิเจน และพื้นที่อยู่อาศัย อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบเอกสารไม่พบรายงาน ความหนาแน่นของหอยโข่ง *Pila ampullacea* ในธรรมชาติ มีเพียงรายงานผลของความหนาแน่นของหอยเชอรี่ ซึ่งเป็นหอยที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน ทั้งในธรรมชาติและจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ Tanaka et al. (1999: 255-261) ความหนาแน่นและประสิทธิภาพของการกินอาหารมีผลต่อการเพิ่มจำนวนประชากรหอยเชอรี่ในนาข้าว รวมถึงการวางไข่ของเพศเมีย การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีความหนาแน่นของประชากรที่ต่ำ 0.5 และ 1 ตัวต่อตารางเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าการวางไข่ต่อสัปดาห์สูงกว่า ที่ความหนาแน่น 2, 4 และ 8 ตัวต่อตารางเมตร สอดคล้องกับ รายงาน Estebenet and Martin (2002: 83-84) พบว่าขนาดของประชากรในธรรมชาติของหอยถูกจำกัดด้วยปริมาณอาหารในพื้นที่ นุชจรินทร์ แกล้วกล้า และคณะ (2555: 53-65) พบว่าความหนาแน่นของหอยเชอรี่ในนาข้าวที่มีอุณหภูมิช่วง 32-34.7 องศาเซลเซียส ในระยะปักดำต้นข้าว มีความหนาแน่นที่ 7.3-11.8 ตัวต่อตารางเมตร มีความแตกต่างกับช่วงที่ต้นข้าวกำลังเจริญเติบโตที่ 14.3-20.2 ตัวต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Kazibwe et al. (2006: 433-444) อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความอุดมสมบูรณ์และความหนาแน่นของหอยคัน (*Biomphalaria* sp.) Posch et al. (2012: 37-40) ได้ศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการสืบพันธุ์และวางไข่ของหอยเชอรี่ (*Pomacea paludosa*) โดยใช้ความหนาแน่น 50, 100 และ150 ตัวต่อตารางเมตร อัตราส่วนเพศ 1:1 ติดตามการสืบพันธุ์และวางไข่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร สามารถให้ไข่ได้ดีที่สุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการเลี้ยงที่ความหนาแน่นอื่น

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 ตัวอย่างหอยโข่ง (*Pila ampullacea*)

3.1.2 เครื่องค้นหาตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (GPS)

3.1.3 ชุดเครื่องมือผ่าตัด

3.1.4 กรอบพลาสติกสำหรับสุ่มเก็บตัวอย่างหอยขนาด 1 ตารางเมตร (Quadrant)

3.1.5 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.6 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers)

3.1.7 กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำพร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

3.1.8 น้ำยารักษาสภาพเนื้อเยื่อ ได้แก่ 10 % ฟอร์มาลิน และ 95 % แอลกอฮอล์

3.1.9 อ่างพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง

3.1.10 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.11 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (pH meter, DO meter, Spectrophotometer burette และThermometer)

3.2 สถานที่การเก็บตัวอย่าง

3.2.1 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

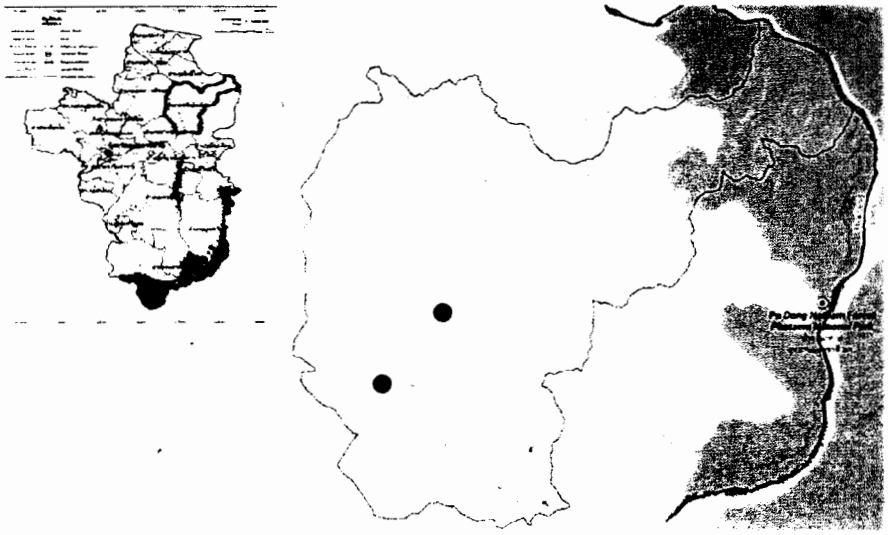
รวบรวมตัวอย่างหอยโข่งจากพื้นที่นาข้าวบ้านคำเตย ตำบลนาคำ และบ้านหนองขุ่น ตำบลวาริน อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี ประกอบด้วย 2 สถานีศึกษา (ภาพที่ 3)

3.2.1.1 สถานีบ้านคำเตย

สถานีบ้านคำเตย ตำบลนาคำ อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (พิกัดจุดที่ 15°30'14.8"N และ 105°19'13.1"E)

3.2.1.2 สถานีบ้านหนองขุ่น

สถานีบ้านหนองขุ่น ตำบลวาริน อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (พิกัดจุดที่ 15°26'07.5"N และ 105°14'30.2"E)



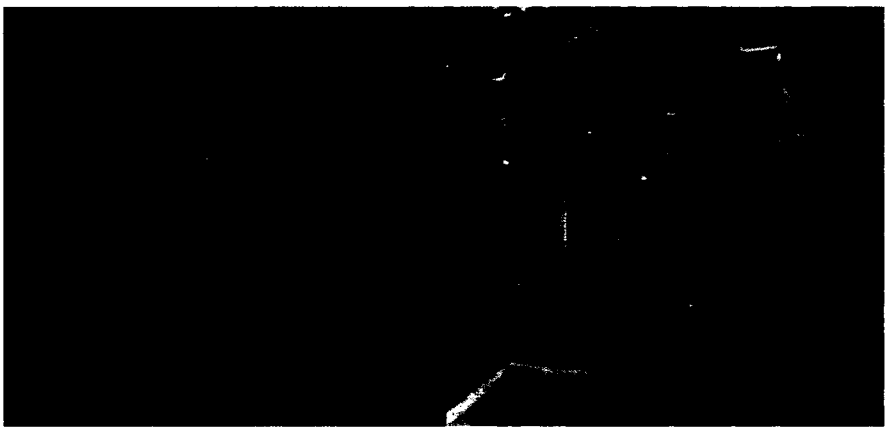
ภาพที่ 3 แผนที่พื้นที่ศึกษาในอำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google Maps (2558: เว็บไซต์)

3.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งบริเวณพื้นที่นาข้าวในเขต อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (ภาพที่ 4) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ทุกเดือนๆละ 1 ครั้ง (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289; Keawjam, 1987: 174) โดยเก็บตัวอย่างหอยโข่งในบริเวณแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยมือ (Hand picking) ภายในกรอบพลาสติก นำตัวอย่างหอยโข่งพักไว้ในอ่างพลาสติก บันทึกข้อมูลเบื้องต้น ประกอบด้วย ลักษณะสภาพแวดล้อมบริเวณที่เก็บตัวอย่าง (คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ความชื้นดิน และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน) และจำนวนหอยโข่ง หากพบกลุ่มไข่ของหอยโข่ง จะรวบรวมมาฟักในห้องปฏิบัติการตามวิธีของ Garr et al. (2012: 166-171)

ศึกษาความหนาแน่นในพื้นที่สำรวจ โดยใช้กรอบพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเมตร วางลงบนพื้นดิน โดยสุ่มพื้นที่ละ 5 ซ้ำ เพื่อหาความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษาโดยการสุ่มตัวอย่าง (Quadrant) โดยมีสมการดังนี้

จำนวนตัวต่อ quadrant = ค่าเฉลี่ยประชากร / จำนวน quadrant (3.1)
ความหนาแน่นต่อพื้นที่ = จำนวนตัวต่อ quadrant / พื้นที่ของ quadrant

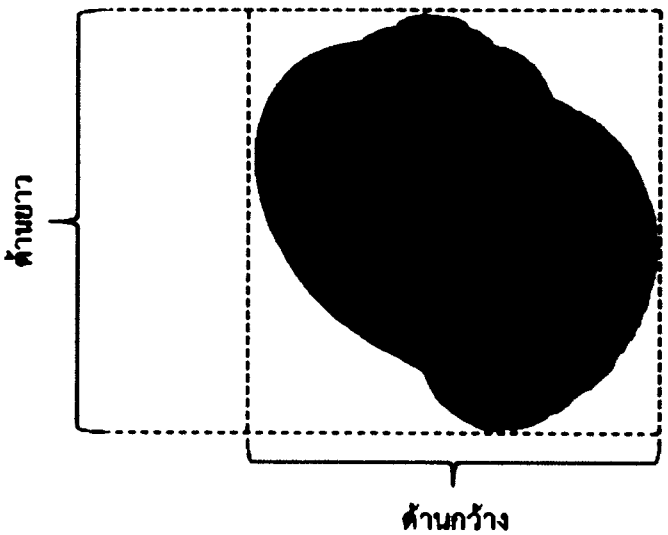


ภาพที่ 4 แหล่งที่อยู่อาศัยของหอยโข่งในธรรมชาติ

3.4 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างหอยโข่ง

ตัวอย่างหอยโข่งที่มีชีวิตที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ นำมาทำความสะอาดโดยการล้างเพื่อกำจัดตะไคร่และสิ่งสกปรก จากนั้นนำตัวอย่างหอยโข่งมาจำแนกชนิดโดยใช้ลักษณะสัณฐานของเปลือก ตามวิธีของ (Keawjam, 1987: 174-186) และวางยาสลบตามวิธีของ Garr et al. (2012: 167) โดยใช้น้ำมันกานพลู (Clove oil) ทำการชั่งน้ำหนักทั้งเปลือก (Total body weight) ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง วัดความยาว และความกว้างเปลือก ตามวิธีของ สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ (2538: 50) โดยวัดความกว้างเปลือก (Shell width) ที่ขอบปากเปลือกด้านนอกและส่วนขอบของสไปร์เวิร์ล ซึ่งเป็นส่วนที่กว้างที่สุด และความยาวเปลือก (Shell length) วัดที่ฐานขอบปากเปลือกจนถึงส่วนของยอดเปลือก (Spine) (ภาพที่ 5) และทำการบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 5 การวัดขนาดความยาวและความกว้างเปลือกของหอยโข่ง
ที่มา: ดัดแปลงจาก สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ (2538: 50)

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3.4.2 การศึกษาลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์และดัชนีความสมบูรณ์เพศ

การตรวจสอบลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยตาเปล่า โดยในเพศผู้สังเกตลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์ (Penis) อยู่ในเปลือกภายใต้ช่องของแมนเทิล มีลักษณะคดงอเหมือนเลขหนึ่งไทย สำหรับเพศเมียสามารถสังเกตจากลักษณะของปลายสุดท่อนำไข่เป็นกระเปาะและมีสีขาวขุ่น (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 288) (ภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้ และหอยโข่งเพศเมีย (P=penis)

จากนั้นทำการแยกเปลือกตามวิธีของ Olaguer and Bagarinao (2001: 196-197) โดยใช้ค้อนทุบและแยกเปลือกออก โดยไม่ให้อวัยวะภายในเกิดความเสียหาย สังเกตลักษณะของเพศ เพื่อวิเคราะห์อัตราส่วนเพศของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาตามวิธีของ สารภี มโนรักษ์ (2529) โดยมีสมการดังนี้

$$X^2 = \frac{(O_i^n - E_i)^2}{E_i} \qquad (3.2)$$

O_i = ข้อมูลจากการสังเกต (จำนวนของสัตว์น้ำแต่ละเพศที่เก็บตัวอย่างได้ จริง)

E_i = ข้อมูลที่คาดหวัง (จำนวนของสัตว์น้ำที่เป็นไปตามทฤษฎี)

หลังจากนั้นทำการแยกอวัยวะสืบพันธุ์พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักตัว (Body weight) อวัยวะสืบพันธุ์ (Gonad weight) เพื่อศึกษาดัชนีความสมบูรณ์เพศของเพศผู้และเพศเมีย ตัวอย่างหอยโข่งที่แยกเปลือกออกแล้ว ชั่งน้ำหนักลำตัวและอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยเครื่องชั่งที่ระดับความละเอียด 0.001 กรัม จากนั้นคำนวณหาค่าดัชนีความสัมพันธ์ของอวัยวะสืบพันธุ์ ตามวิธีการของ Olaguer and Bagarinao (2001: 197) โดยมีสมการดังนี้

$$GSI = \frac{\text{น้ำหนักของอวัยวะสืบพันธุ์}}{\text{น้ำหนักอวัยวะภายใน}} \times 100 \qquad (3.3)$$

ในส่วนของกลุ่มไข่ที่พบจากจากธรรมชาติ จะถูกนำมาฟักในกล่องพลาสติกขนาด 10x5x5.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นับจำนวนไข่ทั้งหมด (Total egg clutches) จำนวนไข่ต่อฝัก (No. of eggs per clutch) อัตราการการฟัก ไข่ (Percent hatch rate) จำนวนลูกหอยทั้งหมด (Total no. of juveniles hatched) ตามวิธีของ Garr et al. (2012: 168)

3.4.3 การศึกษาระยะและพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ด้วยเทคนิคเนื้อเยื่อวิทยา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยาของรังไข่และอัณฑะ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์เพศตามวิธีของ Olaguer and Bagarinao. (2001: 195-207) และ Elhasni et al. (2013: 24-35) เก็บตัวอย่างรังไข่และอัณฑะ ไว้ในสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทำการขจัดน้ำ (Dehydration) และแยกส่วนของรังไข่และถุงน้ำเชื้อจากเนื้อเยื่ออื่น จากนั้นตรึงในพาราฟิน (Paraffin wax) แล้วทำการตัดเนื้อเยื่อที่ความบาง 7 ไมโครเมตร ย้อมสีด้วย Haematoxylin & Eosin (H&E) แล้วจึงสังเกตโครงสร้างของเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายภาพ จากนั้นแยกระยะของรังไข่และอัณฑะ

3.5 การศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อม

3.5.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ตัวอย่างน้ำถูกรวบรวมจากพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพ (อุณหภูมิน้ำ) ทางเคมี (ความเป็นกรดเป็นด่าง ก๊าซออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ แอมโมเนียทั้งหมด ไนไตรท์ ไนเตรท ความเป็นด่าง และความกระด้าง) (ตารางที่ 4) โดยเก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวดเก็บโพลีเอททิลีนที่ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร ปริมาตร 2 ลิตร บันทึกข้อมูลวันที่ และสถานที่ เก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์สถานีละ 1 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

3.5.2 ตรวจสอบคุณภาพของดินชนิดของดิน ความชื้น และพีเอชของดิน

ตัวอย่างดินจากพื้นที่ศึกษาถูกนำมาประเมินประเภทและองค์ประกอบเนื้อดินโดยวิธีสัมผัส (Field or feel method) วัดความชื้นของดิน (Soil moisture) โดยวิธีวัดน้ำหนัก (Gravimetric method) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักดินแห้ง (มนัส ลอศิริกุล และนพมาศ นามแดง, ม.ป.ป.)

$$\text{ร้อยละความชื้นโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำในดิน}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100 \qquad (3.4)$$

วัดความเป็นกรดเป็นด่างของดินโดยใช้ pH meter โดยการละลายดินและน้ำในอัตราส่วนของดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 (มนัส ลอศิริกุล และนพมาศ นามแดง, ม.ป.ป.) โดยชั่งน้ำหนักของดินแห้ง 30 กรัม ลงในบิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 150 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนและทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และบันทึกผล

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา

พารามิเตอร์	หน่วย	อุปกรณ์/วิธีการ
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	Thermometer
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	pH meter
ความกระด้าง	mg/l as $CaCO_3$	Titration method
ความเป็นด่าง	mg/l as $CaCO_3$	Titration method
ก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	mg/l - O_2	Winkler method
ไนเตรท	mg/l NO_3^- - N	Cadmium reduction
ไนไตรท์	mg/l NO_2^- - N	Sulphanilamide spectrophotometric
แอมโมเนีย	mg/l NH_3 - N	Phenate spectrophotometric

ที่มา: APHA (2005); ธนาทิพย์ แหลมคม และคณะ (2555: 1-65)

3.6 การเพาะพันธุ์หอยโข่งจากพ่อแม่พันธุ์ในธรรมชาติ

ตัวอย่างหอยโข่งถูกคัดเลือกและถูกทำความสะอาดกำจัดตะไคร่และสิ่งสกปรก และทำการเลี้ยงเพื่อปรับสภาพในอ่างพลาสติก เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มทำการเพาะพันธุ์ โดยให้อากาศตลอดเวลา ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกสัปดาห์ และให้อาหารเม็ดโปรตีนร้อยละ 40 สลับกับใบผักกาดหอม วันละ 1 ครั้ง หอยโข่งที่ผ่านการปรับตัวในสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง ถูกทำการแยกเพศตามวิธีของ Garr et al. (2012: 167) โดยการวางยาสลบโดยใช้น้ำมันกานพลู (Clove oil) และสังเกตอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (Penis) ที่อยู่ในบริเวณช่อง Mantle cavity ซึ่งในเพศเมียจะไม่พบอวัยวะนี้ (ภาพที่ 6) หลังจากนั้นทำการทำเครื่องหมายเพศโดยใช้น้ำยาทาเล็บสีที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการแยกเลี้ยงเพศผู้และเพศเมีย ทั้งหมดจำนวน 80 ตัว เป็นเวลา 30 วัน จากนั้น สุ่มหอยโข่งมาชั่งน้ำหนัก วัดความยาวและความกว้างของเปลือก และปล่อยลงในบ่อพลาสติก ขนาด 1 ตารางเมตร จำนวน 20 ตัว ในอัตราส่วนเพศเท่ากับ 1:1 ที่สร้างขึ้นเลียนแบบธรรมชาติ โดยมีระบบน้ำหมุนเวียนภายในบ่อทำการแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นน้ำและอีกส่วนคือส่วนที่เป็นดินสำหรับให้หอยวางไข่ ให้อากาศในส่วนที่เป็นน้ำตลอดเวลา และให้อาหารเม็ดโปรตีนร้อยละ 40 สลับกับใบผักกาดหอม

หลังจากที่หอยโข่งวางไข่ รวบรวมมาพักในกล่องพลาสติกที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายกับธรรมชาติ โดยใช้ดินรองพื้นกล่องให้มีความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร และเพิ่มความชื้นของกับดิน จากนั้นทำการบันทึกและติดตามข้อมูลของกลุ่มไข่ ประกอบด้วย น้ำหนักกลุ่มไข่เฉลี่ย (Mean weight of egg clutch) ความกว้างของไข่ (Egg diameter) จำนวนไข่ต่อกลุ่ม (Total number of egg per clutch)

อัตราการฟักไข่ (Percentage of hatching success) จำนวนลูกหอยทั้งหมด (Total number of juvenile) และระยะเวลาการฟักไข่ (Hatching time) ตามวิธีของ Garr et al. (2012: 168)

3.7 การศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอยโข่งที่ได้รับอาหารต่างกัน

เมื่อเปลือกของไข่ใสจนมองเป็นลูกหอยโข่งที่อยู่ภายใน (ประมาณ 20 วัน) กลุ่มไข่จะย้ายมาลงน้ำในตู้กระจกขนาด 33x40x24 เซนติเมตร เพื่อให้ออกจากไข่ได้ง่ายขึ้นและป้องกันการหลบหนี เมื่อลูกหอยโข่งฟักออกจากไข่ เริ่มให้อาหารจำพวกใบผักกาดหอม โดยให้กินจนอิ่ม และเก็บออกในช่วงเช้าวันถัดไป ให้อาหารวันละ 1 ครั้ง (ร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัว) ให้อากาศตลอดระยะเวลาการเลี้ยง มีตะแกรงปิดที่ด้านบนของตู้กระจกเพื่อป้องกันการหลบหนี และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 3 วัน เมื่อลูกหอยอายุ 1 เดือน (ความยาวเฉลี่ย 7.90±0.043 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ย 7.35±0.05 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 0.143±0.001 มิลลิเมตร) จำนวน 240 ตัว นำมาศึกษาอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 33x40x24 เซนติเมตร เติมน้ำจำนวน 10 ลิตร เลี้ยงในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 28±1 องศาเซลเซียส ให้อากาศตลอดการทดลอง และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 2 วัน สุ่มตัวอย่างลูกหอยโข่ง 20 ตัวต่อตู้ ที่ความหนาแน่น 2 ตัวต่อลิตร (150 ตัวต่อตารางเมตร) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ เป็นระยะเวลาในการทดลอง 120 วัน โดยใช้อาหารแตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 4 รูปแบบของอาหารสำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของลูกหอยโข่ง

ชุดการทดลอง	รูปแบบของอาหาร
1	ผักกาดหอม (*Lactusa sativa*) (ชุดควบคุม)
2	อาหารปลาแบบเม็ด (โปรตีนร้อยละ 15)
3	อาหารปลาแบบเม็ด (โปรตีนร้อยละ 25)
4	อาหารปลาแบบเม็ด (โปรตีนร้อยละ 40)

ตัวอย่างลูกหอยโข่ง สุ่มมาตรวจสอบการเจริญเติบโต โดยการวัดความยาวของเปลือกตามวิธีของ สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ (2538: 50) (ภาพที่ 5) โดยความยาวของเปลือก ความกว้างของเปลือกที่ และชั่งน้ำหนักทั้งหมด (Total body weight) ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง ทุก 30 วัน รวมทั้งหมด 4 ครั้ง (120 วัน) ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาคำนวณน้ำหนักเฉลี่ย (Average weight) น้ำหนักที่เพิ่ม (Weight gain, g) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, %/day) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average daily growth, g) ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (Shell length increase, mm/day) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio) และอัตรารอด (Survival rate, %)

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.8.1 รวบรวมและจัดเก็บข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลความยาว น้ำหนัก ด้วยโปรแกรม Microsoft office excel และนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.8.2 วิเคราะห์หาอัตราส่วนเพศของหอยโข่งในธรรมชาติโดยใช้ไคสแคว (Chi-square test)

3.8.3 ทดสอบความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของข้อมูลน้ำหนัก ความยาวเปลือก ความกว้างเปลือก ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศของเพศผู้และเพศเมีย และพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพ คุณภาพดิน ความแตกต่างการเจริญเติบโตของหอยโข่งที่ได้รับสูตรอาหารที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.8.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis: PCA) ของความสัมพันธ์ของความหนาแน่นและดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งกับคุณภาพน้ำและดิน

3.8.5 วิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติโดยใช้โดยโปรแกรมสำเร็จรูป R โปรแกรมเวอร์ชั่น 2.15.1 (R Development Core Team, 2011)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะของพื้นที่นาข้าวที่ทำการสำรวจตัวอย่างหอยโข่งบริเวณสถานีที่ 1 บ้านคำเตย ตำบล นาคำ อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (พิกัดจุดที่ 15°30'14.8"N และ 105°19'13.1"E) เป็นดินร่วนปนทราย ปลูกข้าวเป็นหลัก ส่วนใหญ่เป็นการทำนาแบบดั้งเดิมที่ไม่ใช้สารเคมีหรือยาฆ่าแมลง การปลูกข้าวเป็นแบบการปักดำและพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก จึงมีการใช้ประโยชน์เฉพาะช่วงฤดูฝน ในส่วนของสถานีที่ 2 บ้านหนองขุ่น ตำบลวาริน อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (พิกัดจุดที่ 15°26'07.5"N และ 105°14'30.2"E) มีลักษณะพื้นที่เป็นดินร่วนปนทราย โดยทั่วไปเป็นการทำนาแบบดั้งเดิม รูปแบบการทำนานิยมหว่านและนาดำ แต่ส่วนใหญ่จะพบการทำนาหว่านมากกว่า เนื่องจากพื้นที่ยากต่อการปักดำ หรือพื้นที่อยู่ในเขตฝนที่ควบคุมปริมาณน้ำได้ยาก (ภาพที่ 7)

ก

ข

ภาพที่ 7 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (ก) บ้านคำเตย (ข) บ้านหนองขุ่น

จากการรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งบริเวณพื้นที่นาข้าวในรอบปี พบว่า สามารถรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งได้ในช่วงเดือนเมษายน-พฤศจิกายน (รวม 8 เดือน) ช่วงนี้เป็นช่วงฤดูฝนพื้นดินมีความชื้นค่อน

ข้างสูง ในขณะที่ช่วงเดือนธันวาคม-มีนาคม (รวม 4 เดือน) ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง ไม่พบตัวอย่างหอยโข่ง ส่วนใหญ่หอยโข่งที่พบในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม เป็นช่วงที่หอยโข่งการจำศีล (Hibernation) อยู่ใต้พื้นดินความลึกประมาณ 1-5 เซนติเมตร ต้องขุดตามพื้นดินในนา และหอยโข่งจะหันด้านฝาปิดเปลือกขึ้นทางด้านบน เมื่อเริ่มเข้าฤดูฝนเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน หอยโข่งจะสิ้นสุดการจำศีล ขึ้นมาบนพื้นดินและอาศัยอยู่บริเวณที่เป็นน้ำท่วมขัง ซึ่งจะพบมากในบริเวณที่เป็นทางน้ำไหลและบริเวณที่มีร่มเงาจากต้นไม้ จนกระทั่งในเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำลดลงหอยโข่งจะอาศัยบริเวณต่ำสุดของพื้นท้องนา และจะเริ่มพบการขุดดินเพื่อจำศีล เมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายน พบว่าหอยโข่งส่วนใหญ่จะมีการจำศีล และมีบางส่วนที่ยังคงอาศัยอยู่ในบริเวณบ่อน้ำติดกับพื้นที่นาข้าว ในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน พบตัวอย่างหอยโข่งจะมีขนาดเล็กและอยู่ในช่วงที่เป็นลูกหอย

4.2 ข้อมูลน้ำหนักและความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา

ตัวอย่างหอยโข่งที่ถูกรวบรวมบริเวณสถานีที่ 1 มีจำนวนทั้งหมด 150 ตัว ประกอบด้วย เพศผู้ 48 ตัว และเพศเมีย 51 ตัว นอกจากนี้ยังพบลูกหอยโข่งขนาดเล็กที่ไม่สามารถทำการแยกเพศได้ จำนวน 51 ตัว ในขณะที่สถานที่ 2 มีจำนวนทั้งหมด 116 ตัว ประกอบด้วย เพศผู้ 52 ตัว และเพศเมีย 64ตัว จากจำนวนตัวอย่างหอยโข่งทั้งหมด 215 ตัว (เพศเมีย 115 ตัว และเพศผู้ 100 ตัว) พบว่าเพศเมียมีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (6.63±3.13 กรัม) และสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (16.74±8.04 กรัม) ความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (30.15±3.81 มิลลิเมตร) และสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (36.76±5.42 มิลลิเมตร) และ ความกว้างเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (28.37±3.51 มิลลิเมตร) และสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (33.97±4.79 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 5) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ เพศเมียมีน้ำหนักทั้งหมดในเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน ความยาวเปลือกเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน พฤศจิกายน และ ความกว้างของเปลือกเฉลี่ยในกรกฎาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน แตกต่างไปจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอย่างเพศผู้มีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (3.83±1.17 กรัม) และสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (14.37±2.16 กรัม) ความยาวของเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (25.44±2.59 มิลลิเมตร) และสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (35.67±1.88 มิลลิเมตร) และความกว้างของเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (23.78±2.43 มิลลิเมตร) และสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (34.15±2.42 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 6) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ เพศผู้มีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย ความยาวเปลือกเฉลี่ย และความกว้างเปลือกเฉลี่ยในเดือนพฤศจิกายน แตกต่างไปจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบลูกหอยโข่งขนาดเล็กที่ไม่สามารถแยกเพศได้ มีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 1.77±1.86 กรัม ความยาวเปลือกเฉลี่ย 16.79±3.62 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 15.37±3.37 มิลลิเมตร จากข้อมูลความยาวของหอยโข่งทั้งหมด ซึ่งพบว่าหอยโข่งในสถานีสถานีบ้านคำเตยเพศเมียมีความยาวเฉลี่ย 34.74±6.29 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีความยาวเฉลี่ย 33.51±4.06 มิลลิเมตร ส่วนในหอยโข่งเพศผู้ความยาวเฉลี่ย 31.81±3.90 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีความยาวเฉลี่ย 29.20±3.37 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความกว้างของหอย พบว่าสถานีบ้านคำเตยเพศเมียมี

ความกว้างเฉลี่ย 32.34±5.88 มิลลิเมตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีความกว้างเฉลี่ย 30.92±3.68 มิลลิเมตร ส่วนในหอยโข่งเพศผู้ความกว้างเฉลี่ย 29.84±3.78 มิลลิเมตร แตกต่างกับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีความกว้างเฉลี่ย 27.04±3.39 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) น้ำหนักของหอยโข่ง พบว่าสถานีบ้านคำเตยเพศเมียมีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย13.59±7.64 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 10.95±4.12 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หอยโข่งเพศผู้น้ำหนักเฉลี่ย 10.25±3.76 กรัม มีความแตกต่างกับสถานีบ้านหนองขุ่นที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 7.27±3.08 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ภาพที่ 8)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งหมด ความกว้างและความยาวของเปลือกหอยโข่งเพศเมีย

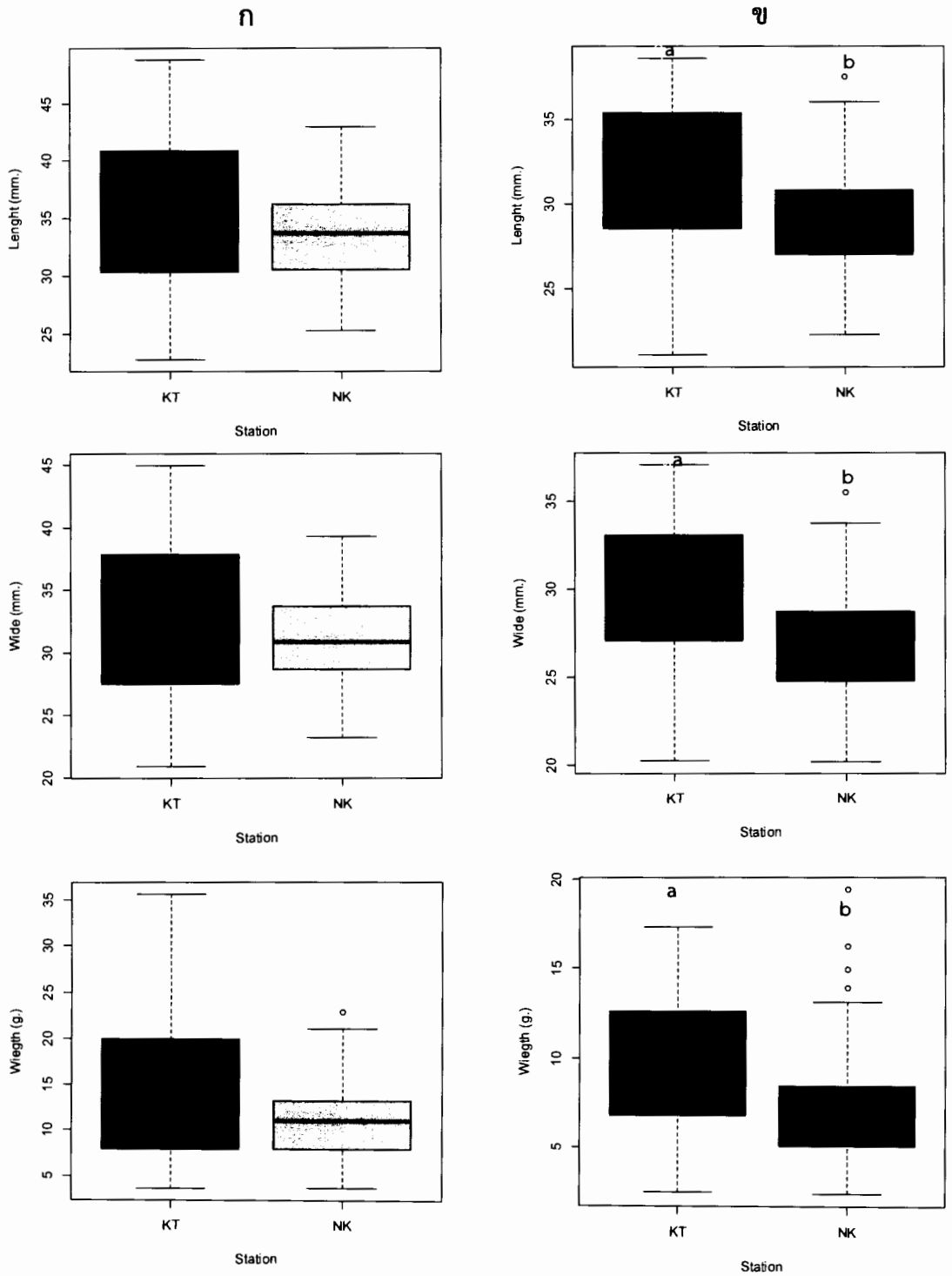
เดือน	จำนวน (ตัว)	เพศเมีย			
		น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักตัว (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
เมษายน	14	6.63±3.13^{d}	3.04±1.22^{c}	28.37±3.51^{b}	30.15±3.81^{c}
พฤษภาคม	18	9.29±3.06^{cd}	3.29±1.48^{bc}	29.24±5.53^{b}	32.00±3.58^{bc}
มิถุนายน	12	9.79±4.44^{bcd}	4.09±2.13^{abc}	28.62±5.06^{b}	31.38±5.93^{c}
กรกฎาคม	19	12.97±4.39^{abc}	5.17±1.95^{abc}	32.99±3.76^{a}	35.55±4.09^{a}
สิงหาคม	21	15.35±6.91^{a}	5.68±2.93^{abc}	33.97±4.79^{a}	36.76±5.42^{a}
กันยายน	17	13.30±5.57^{ab}	6.85±3.17^{a}	32.33±4.81^{a}	34.75±4.82^{ab}
ตุลาคม	5	13.01±7.47^{abcd}	5.32±3.12^{abc}	31.51±6.53^{ab}	33.04±6.82^{abc}
พฤศจิกายน	9	16.74±8.04^{a}	6.55±3.22^{ab}	34.09±4.49^{a}	36.58±4.19^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งหมด ความกว้างและความยาวของเปลือกหอยโข่งเพศผู้

เดือน	เพศผู้				
	จำนวน (ตัว)	น้ำหนัก ทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักตัว (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
เมษายน	8	3.83±1.17^{d}	2.25±0.84^{b}	23.78±2.43^{d}	25.44±2.59^{d}
พฤษภาคม	11	6.64±2.61^{cd}	2.73±1.14^{b}	26.01±3.43^{cd}	28.92±2.79^{cd}
มิถุนายน	13	10.08±4.05^{b}	2.98±0.68^{b}	28.15±2.45^{bc}	30.69±2.67^{bc}
กรกฎาคม	21	8.35±3.36^{bc}	3.12±1.27^{b}	28.45±2.96^{bc}	30.66±3.69^{bc}
สิงหาคม	18	9.24±3.41^{bc}	3.82±1.98^{ab}	28.71±3.48^{b}	30.60±3.71^{bc}
กันยายน	19	9.83±3.92^{b}	4.62±1.89^{a}	29.56±4.19^{b}	31.53±4.12^{b}
ตุลาคม	5	9.66±3.43^{bc}	3.74±0.96^{ab}	30.71±4.13^{ab}	32.70±386^{ab}
พฤศจิกายน	4	14.37±2.16^{a}	5.92±1.39^{a}	34.15±2.42^{a}	35.67±1.88^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)



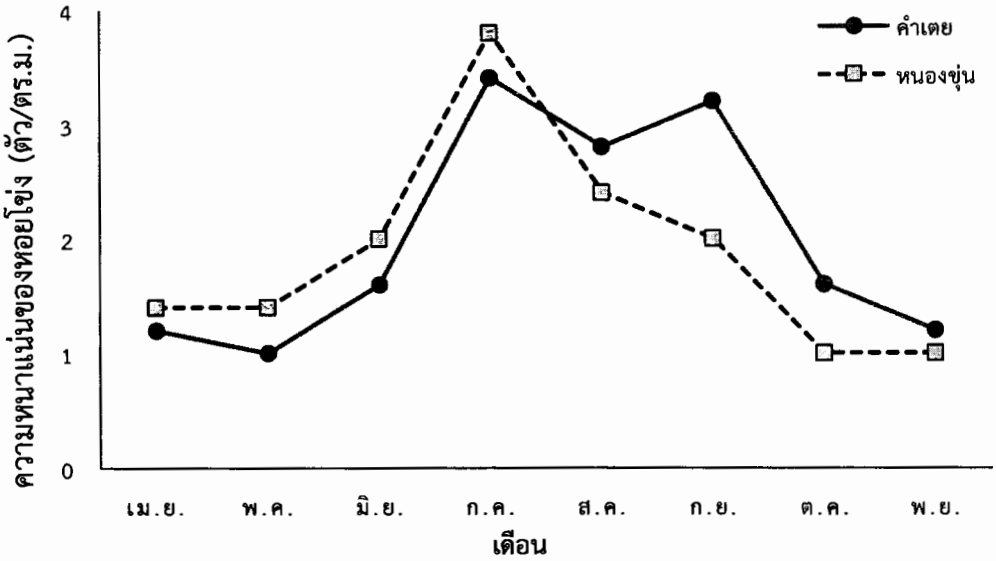
ภาพที่ 8 น้ำหนักทั้งหมด ความกว้าง และความยาวเปลือกหอยโข่ง

(ก) หอยโข่งเพศเมีย (ข) เพศผู้ (KT=สถานีบ้านคำเตย และ NK=สถานีบ้านหนองขุ่น)

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.1 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของหอยโข่งในพื้นที่บ้านคำเตยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2±0.97 ตัวต่อตารางเมตร และบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.87±0.92 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าความหนาแน่นของหอยโข่งจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน (ภาพที่ 9) ซึ่งจะพบความหนาแน่นของหอยโข่งได้มากที่สุดสถานีบ้านคำเตย (3.4 ตัวต่อตารางเมตร) ในเดือน กรกฎาคม แตกต่างไปจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม (1 ตัวต่อตารางเมตร) บ้านหนองขุ่นความหนาแน่นของหอยโข่งได้มากที่สุด (3.8 ตัวต่อตารางเมตร) แตกต่างไปจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และต่ำสุดในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน (1 ตัวต่อตารางเมตร)



ภาพที่ 9 ความหนาแน่นของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา

4.2.2 อัตราส่วนเพศ

ตัวอย่างที่รวบรวมได้จาก 2 พื้นที่ ในช่วง 8 เดือน ถูกนำมาแยกเพศ พบว่าสามารถพบเพศผู้ได้น้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (4 ตัว) และ มากที่สุดในเดือนกรกฎาคม (21 ตัว) และเพศเมียมีจำนวนน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (5 ตัว) และมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (21 ตัว) ส่วนใหญ่จำนวนเพศผู้จะน้อยกว่าเพศเมียในช่วงเวลาเดียวกัน ยกเว้นในเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม สัดส่วนของเพศผู้สูงกว่า (1.27:1 และ 1.10:1) ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของเพศผู้และเพศเมียในรอบปี มีค่าเท่ากับ 1:1.5 เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนของเพศผู้และเพศเมียด้วยค่า chi-square พบว่าเป็นไปตามสมมุติฐานที่อัตราส่วนเพศผู้ และเพศเมียเท่ากันในธรรมชาติ (P=0.306) (ตารางที่ 7)

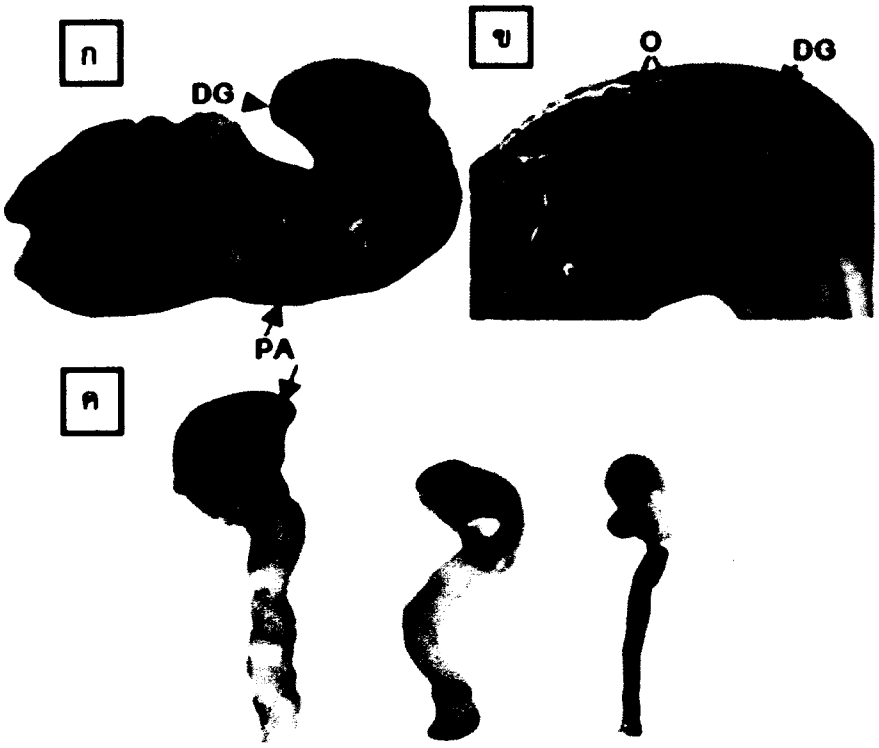
ตารางที่ 7 อัตราส่วนเพศของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษา

เดือน	เพศผู้	เพศเมีย	อัตราส่วนเพศ	p-value
เมษายน	8	14	1:1.75	0.201
พฤษภาคม	11	18	1:1.63	0.194
มิถุนายน	14	11	1.27:1	0.549
กรกฎาคม	21	19	1.10:1	0.752
สิงหาคม	18	21	1:1.16	0.630
กันยายน	19	19	1:1	1.000
ตุลาคม	5	5	1:1	1.000
พฤศจิกายน	4	8	1:2	0.248
รวม	100	115	1: 1.15	0.306

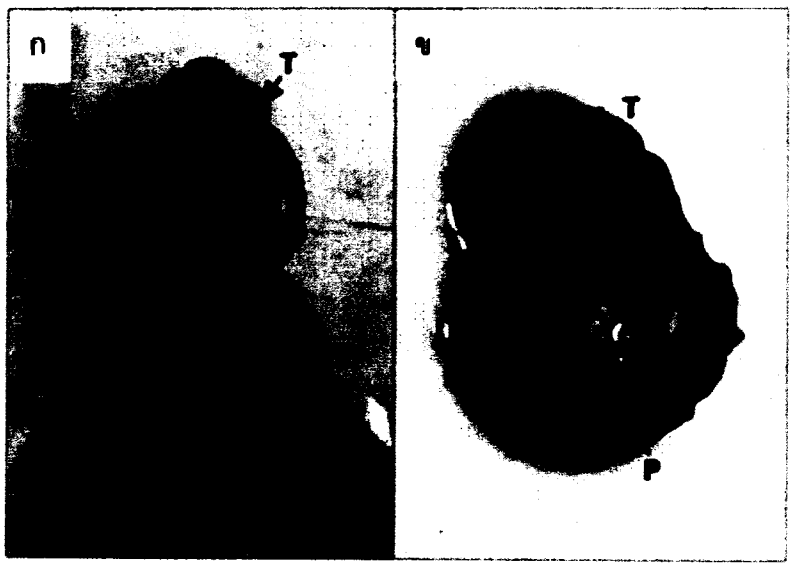
4.3 ลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์และดัชนีความสมบูรณ์เพศ

อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมีย ประกอบด้วย รังไข่ (Ovary) มีลักษณะเป็นพูสีเหลืองส้มติดอยู่กับส่วนของ Digestive glands (ภาพที่ 10 ก) ในช่วงสมบูรณ์เพศจะขยายขนาดขึ้น ถัดมาเป็นท่อนำไข่ (Oviduct) (ภาพที่ 10 ข) เชื่อมต่อไปกับ พาเรียลโอวิดัก (Pallial oviduct) และ รีเซพตาลั่มเซมินิ (Receptaculum seminis) มีลักษณะเป็นกระเปาะสีขาวขุ่น เชื่อมต่อกับส่วนที่เรียกว่า แอลบูมินแกลนต์ (Albumen gland) เป็นต่อมที่ทำหน้าที่สารอาหารให้กับคัพภะ มีสีเหลืองส้ม ต่อมาเป็นส่วนท่อนำไข่ที่สร้างเปลือกให้กับคัพภะ เรียกว่า แคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) และเชื่อมต่อออกสู่ด้านนอกทางอวัยวะสืบพันธุ์ (Vagina) ในช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์ (เมษายน.-มิถุนายน) ส่วน อะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) และแคปซูลแกลนต์ (capsule gland) ขยายขนาดขึ้นเนื่องจากมีการสะสมอาหารและแคลเซียมมากขึ้น โดยอาจเกิดขึ้นในช่วงการจำศีล (ภาพที่ 10 ค) ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ จะพบรังไข่ขยายขนาดขึ้น เนื่องจากการพัฒนาของเซลล์ไข่เข้าสู่ระยะที่สมบูรณ์เพศ

อัณฑะของเพศผู้ (Testis) มีลักษณะเป็นพูสีเหลือง อยู่ส่วนด้านท้ายของ Spine ติดกับต่อมย่อยอาหาร (Digestive gland) เชื่อมต่อกับท่อนำน้ำเชื้อที่จะส่งเชื้อตัวผู้เข้าสู่ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์ (Penis) ที่จะสามารถปล่อยเชื้อตัวผู้เข้าสู่อวัยวะ Receptaculum seminis ในช่วงฤดูผสมพันธุ์อัณฑะของเพศผู้ (Testis) ขยายขนาดขึ้น (ภาพที่ 11) เนื่องจากการสะสมและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ จนสังเกตได้ว่า Digestive gland มีขนาดเล็กลง

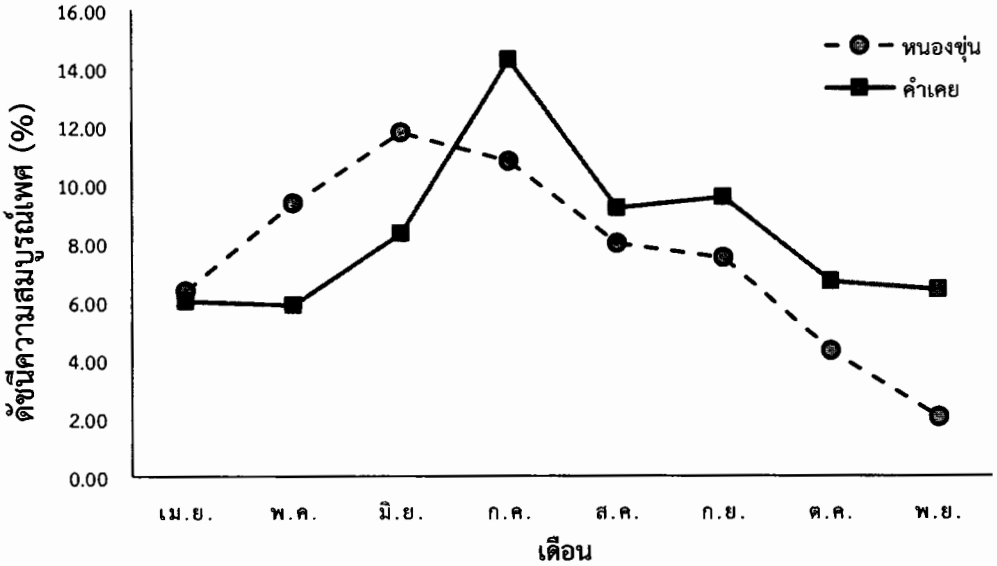


ภาพที่ 10 ลักษณะของระบบสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมีย
(ก) อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมียส่วนพาเรียลโอวิดัก
(ข) รังไข่ติดกับต่อมย่อยอาหาร
(ค) พาเรียล โอวิดัก ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงสืบพันธุ์
(PA = Pallial oviduct; DG = Digestive gland; O = Ovary)



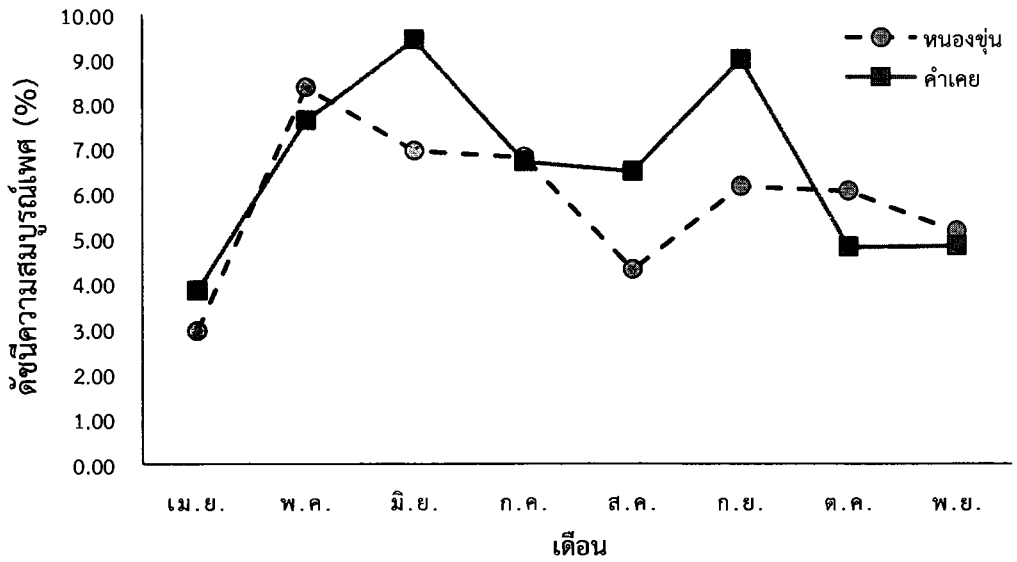
ภาพที่ 11 ลักษณะของระบบสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้
(ก) ช่วงฤดูผสมพันธุ์ (ข) ช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์
(P=Penis; T=Testis; DG = Digestive gland)

จากการศึกษาดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศเมีย ในช่วง 8 เดือน จำนวน 115 ตัว พบว่ามีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (4.43±5.53) และมากที่สุดในเดือน กรกฎาคม (12.43±11.83) ค่า GSI เริ่มเพิ่มขึ้นในเดือนเมษายนและลดลงในเดือนพฤศจิกายน รวมระยะเวลา 8 เดือน ในขณะที่ ค่า GSI ของหอยโข่งเพศเมียบริเวณสถานีบ้านหนองขุ่น มีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (2.01±0.125) และ มากที่สุดในเดือนมิถุนายน (11.78±8.76) ช่วงเวลาของการเพิ่มขึ้นและลดลงใกล้เคียงกับบ้านคำเตย มีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (5.86±2.99) และ มากที่สุดในเดือนกรกฎาคม (14.27±10.28) (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศเมีย

จากการศึกษาค่า GSI ของหอยโข่งเพศผู้ ในช่วง 8 เดือน จำนวน 100 ตัว พบว่ามีค่าน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (3.16±1.00) และมากที่สุดในเดือน พฤษภาคม (8.09±1.64) ค่า GSI เริ่มเพิ่มขึ้นในเดือนพฤษภาคม และลดลงในเดือนกันยายน รวมระยะเวลา 8 เดือน ในขณะที่ ค่า GSI ของหอยโข่งเพศผู้บริเวณสถานีบ้านหนองขุ่น มีค่าน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (2.94±1.05) และ มากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (8.36±1.34) ช่วงเวลาของการเพิ่มขึ้นและลดลงใกล้เคียงกับสถานีบ้านคำเตยค่าน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (3.83±0.57) และ มากที่สุดในเดือนมิถุนายน (9.43±2.99) (ภาพที่ 13)



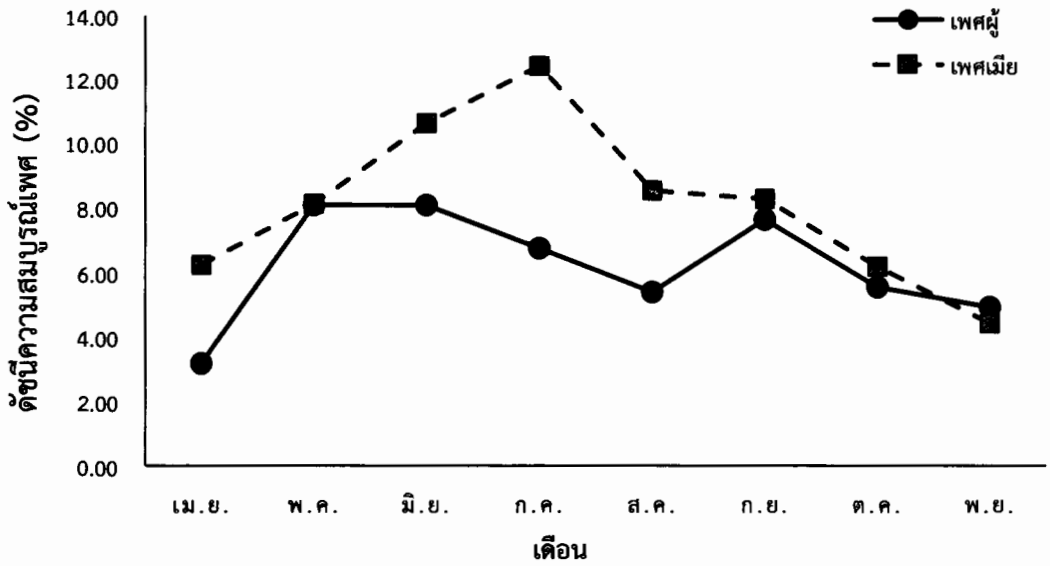
ภาพที่ 13 ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้

จากการศึกษาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งทั้งสองสถานีในช่วงเวลา 8 เดือน พบว่าเพศเมียมีค่าค่าเฉลี่ยของดัชนีความสมบูรณ์เพศต่ำที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (ร้อยละ 4.43±5.53) และสูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม (ร้อยละ 12.43±11.83) ในส่วนของหอยโข่งเพศผู้มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสมบูรณ์เพศต่ำที่สุดในเดือนเมษายน (ร้อยละ 3.16±1.00) และสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน (ร้อยละ 8.09±1.6 และ 8.08±2.79) ตามลำดับ (ภาพที่ 14) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ เพศเมียมีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสมบูรณ์เพศในเดือนกรกฎาคม แตกต่างจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่เพศผู้มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสมบูรณ์เพศในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกันยายนแตกต่างจากเดือนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยดัชนีความสมบรูณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้และเพศเมีย

เดือน	เพศผู้	เพศเมีย
เมษายน	3.16 ± 1.00^{c}	6.23 ± 4.54^{b}
พฤษภาคม	8.09 ± 1.64^{a}	8.13 ± 5.92^{ab}
มิถุนายน	8.08 ± 2.79^{a}	10.63 ± 8.42^{ab}
กรกฎาคม	6.74 ± 3.74^{ab}	12.43 ± 11.83^{a}
สิงหาคม	5.40 ± 2.19^{bc}	8.55 ± 7.48^{ab}
กันยายน	7.64 ± 2.53^{a}	8.29 ± 4.22^{ab}
ตุลาคม	5.55 ± 1.95^{abc}	6.19 ± 2.58^{b}
พฤศจิกายน	4.93 ± 0.57^{bc}	4.43 ± 5.53^{b}
เฉลี่ย	6.20±1.74	8.11±2.56

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($P<0.05$)



ภาพที่ 14 ดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งเพศผู้และเพศเมีย

การรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งในช่วงเดือนมิถุนายน-ตุลาคม (เริ่มฤดูฝน) พบการผสมพันธุ์และไข่มีเปลือกสีขาว เกาะกันเป็นกลุ่ม จำนวน 7 กลุ่ม (ภาพที่ 15) โดยเพศเมียจะขุดดินเป็นโพรงและวางไข่ไว้ภายใน จึงได้นำมาจัดสภาพแวดล้อมของภาชนะให้ใกล้เคียงกับในธรรมชาติ

ภาพที่ 15 การผสมพันธุ์และวางไข่ของหอยโข่งในธรรมชาติ

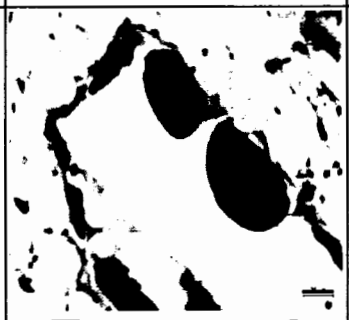
4.4 ลักษณะและการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมียและเพศผู้

4.4.1 การพัฒนาเซลล์สืบพันธ์ของหอยโข่งเพศเมีย

จากการเตรียมตัวอย่างรังไข่ด้วยเทคนิคทางเนื้อเยื่อวิทยา พบว่า สามารถพบโอโอไซท์ที่มีการพัฒนาที่แตกต่างกัน 3 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 เป็นช่วงเริ่มมีการพัฒนา (Immature stage) เห็นโอโอโกเนีย (oogonia) มีขนาดเล็ก ระยะที่ 2 เป็นช่วงระหว่างการพัฒนา (Developing stage) กลุ่มของโอโอไซท์ มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ขึ้น พบ primary oocyte อยู่ในระยะ

previtellogenic stage และ ระยะที่ 3 เป็นช่วงที่มีความสมบูรณ์เพศ (Mature stage) โอโอไซท์พัฒนาสมบูรณ์ มีการสะสมสารวิเทลโลเจนิน (vitellogenin) (ตารางที่ 9) การพัฒนาของโอโอไซท์มีความแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาการรวบรวมตัวอย่าง ในช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์ (เมษายน-พฤษภาคม) จำนวนโอโอไซท์ถูกสร้างเพิ่มขึ้นภายในรังไข่ (Proliferation) จึงพบโอโอไซท์ระยะที่ 1 จำนวนมาก ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ (มิถุนายน-สิงหาคม) โอโอไซท์มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีความพร้อมที่จะผสมพันธุ์กับเชื้อตัวผู้ จึงพบโอโอไซท์ระยะที่ 2 และ 3 จำนวนมาก ซึ่งช่วงนี้จะพบการผสมพันธุ์ของหอยโข่งจำนวนมาก และในช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ (กันยายน-พฤศจิกายน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีการวางไข่ไปแล้ว จะพบโอโอไซท์ระยะที่ 1 และ 2 จำนวนมาก (ภาพที่ 16)

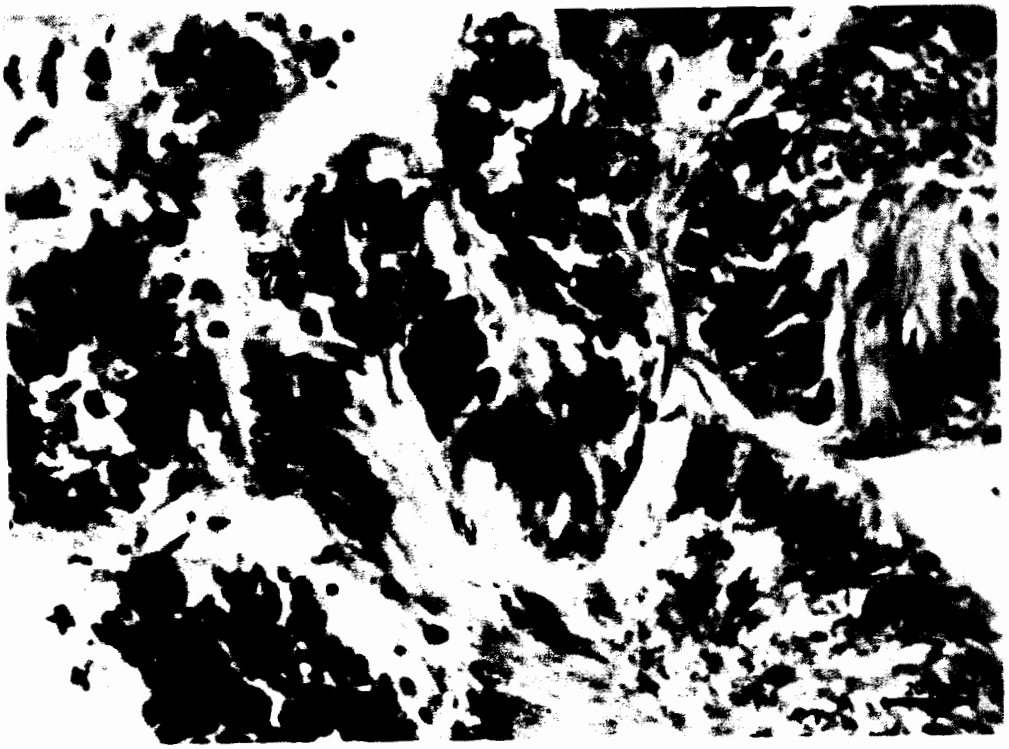
ตารางที่ 9 ระยะและลักษณะของโอโอไซท์ของหอยโข่ง

ระยะการพัฒนา	ลักษณะ	รายละเอียด
1.ช่วงที่ยังไม่พัฒนา (Immature stage)		primary germ cell แสดงให้เห็นโอโอโกเนีย (Oogonia) มีขนาดเล็ก มีขนาดความกว้าง 11.218±4.996 ไมโครเมตร และมีความยาว 16.508±5.505 ไมโครเมตร
2.ช่วงกำลังพัฒนา (Developing stage)		มีการพัฒนาของเซลล์เยื่อบุฟอลลิคูลา (Follicular) กลุ่มของโอโอไซท์ มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ขึ้น พบ primary oocyte อยู่ในระยะ previtellogenic stage และพบsecondary oocyte โอโอไซท์มีความกว้าง 33.580±14.619 ไมโครเมตร และมีความยาว 42.556±16.662ไมโครเมตร
3.ช่วงพร้อมผสมพันธุ์ (Mature stage)		โอโอไซท์พัฒนาสมบูรณ์ มีการสะสมสารวิเทลโลเจนิน (Vitellogenin) เซลล์มีลักษณะกลม และมีจำนวนมาก โดยเฉพาะใน tubules มีความกว้าง 64.609±15.015 ไมโครเมตร และมีความยาว 97.138±29.760 ไมโครเมตร

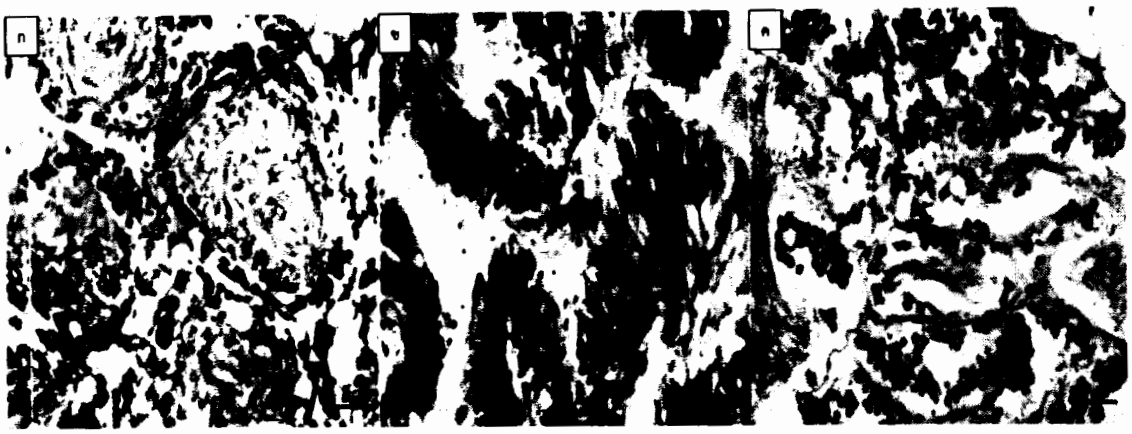
ภาพที่ 16 ภาพตัดขวางรังไข่ของหอยโข่ง (Scale Bar 100 μm)
(ก) ช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์ (เมษายน-พฤษภาคม)
(ข) ช่วงฤดูผสมพันธุ์ (มิถุนายน-สิงหาคม)
(ค) ช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ (กันยายน-พฤศจิกายน)

4.4.2 พัฒนาการเซลล์สืบพันธ์ของหอยโข่งเพศผู้

จากการเตรียมตัวอย่างอัณฑะด้วยเทคนิคทางเนื้อเยื่อวิทยา พบว่า สามารถพบการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จากเซลล์เริ่มต้น (Spermatogenic cell) จำนวนมาก ประกอบด้วย 4 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 Spermatogonia (SG) มีขนาดเล็กมากและติดสีชมพู เมื่อเข้าสู่ช่วงที่กำลังพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ (Developing stage) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันธุ์จะลดลงและพบการพัฒนาของ Spermatogonia ระยะที่ 2 Spermatocyte (SC) เนื้อเยื่อติดสีน้ำเงินเข้มมากขึ้นและพบเซลล์ระยะนี้จำนวนมาก ระยะที่ 3 Spermatid (ST) พบจำนวนมากในท่ออัณฑะ และ ระยะที่ 4 Spermatozoa ติดสีน้ำเงินเข้ม เริ่มพัฒนาส่วนหางขึ้น (ภาพที่ 17) ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ เซื้อตัวผู้ระยะ Spermatid พัฒนาภายในท่ออัณฑะไปเป็นระยะ Spermatozoa จำนวนมาก ในขณะที่ช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในท่ออัณฑะมีจำนวนลดลง ทำให้ขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์ลดลง ในช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์ (เมษายน) พบเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ระยะ Spermatogonia Spermatocyte และ Spermatid จำนวนมาก (ภาพที่ 18 ก) ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ (พฤษภาคม-กันยายน) พบเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ระยะ Spermatid และ Spermatozoa จำนวนมาก และมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น จนแทนที่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันธ์ภายใน (ภาพที่ 18 ข) และช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ (ตุลาคม-พฤษภาคม) ยังคงพบเซลล์สืบพันธุ์เหลืออยู่ภายในท่อแต่มีจำนวนที่ลดลง (ภาพที่ 18 ค)



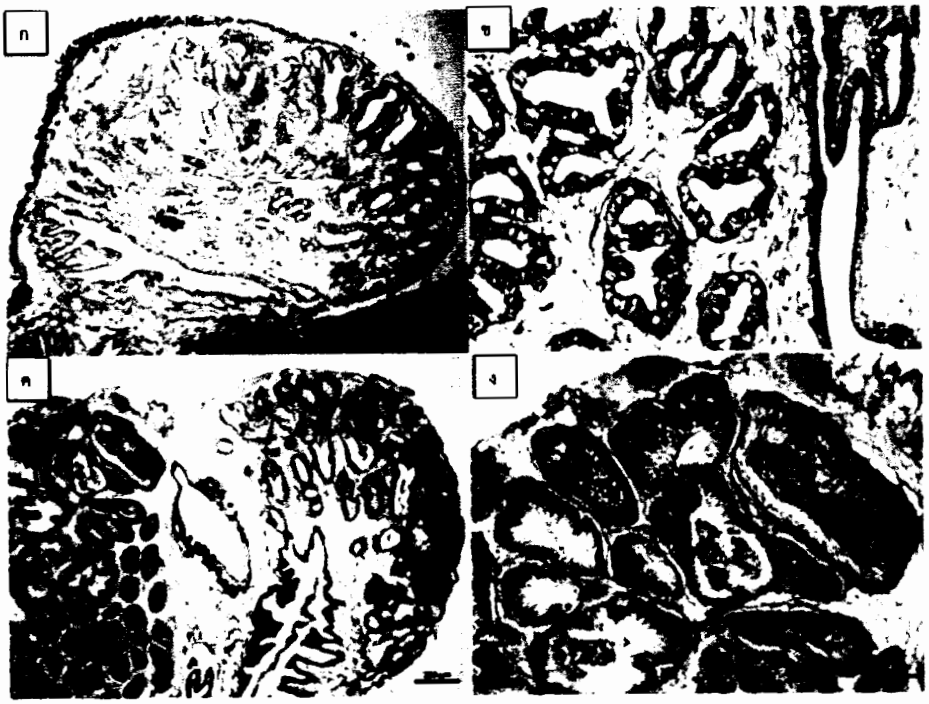
ภาพที่ 17 ภาพตัดขวางถุงอัณฑะของหอยโข่งเพศผู้ (SG=permatogonia; SC=Spermatocyte; ST= Spermatid; SZ=Spermatozoa) (Scale Bar 20 μm)



ภาพที่ 18 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเซลล์สืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้ (Scale Bar 20μm) **(ก) ก่อนฤดูผสมพันธุ์ (ข) ฤดูผสมพันธุ์ (ค) หลังฤดูผสมพันธุ์**

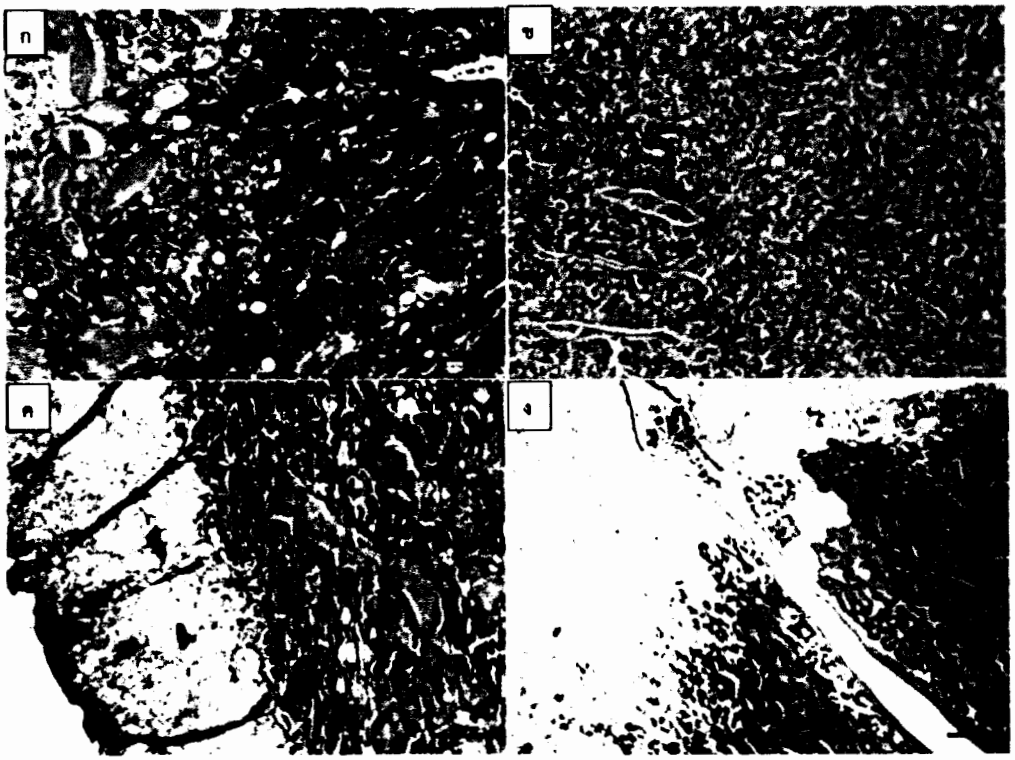
การศึกษาองค์ประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียด้วยเทคนิคทางเนื้อเยื่อวิทยาพบ Receptaculum seminis เป็นถุงที่เก็บเชื้อตัวผู้และมีการผสมของเชื้อตัวผู้กับโอโอไซท์ มีลักษณะเป็นกระเปาะสีขาวขุ่นเมื่อดูจากภายนอก (ภาพที่ 10) พบว่าภายในจะเป็นลักษณะของท่อเพื่อเก็บเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เมื่อมีการผสมพันธุ์ซึ่งจะพบว่าในช่วงที่มีการสืบพันธุ์และว่างไข่ ภายในของที่เก็บเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้จะพบสเปิร์มมาโตซัว (Spermatozoa) อยู่ภายในจำนวนมาก แต่ในช่วงที่นอกฤดู

สืบพันธุ์บางครั้งจะพบสเปิร์มมาโตซัวอยู่ภายในบ้างเล็กน้อยในช่วงที่หอยจำศีลอาจซึ่งอาจเกิดจากจากสืบพันธุ์ก่อนการจำศีล (ภาพที่ 19) และเชื่อมต่อกับ แอลบูมินแกลนต์ (Albumen gland) ที่ทำหน้าที่สะสมอาหารให้กับคัพภะ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 เนื้อเยื่อ Receptaculum seminis ของหอยโข่งเพศเมีย
(ก, ข) ลักษณะของที่เก็บสเปิร์ม ในช่วงที่ไม่มีการสืบพันธุ์
(ค, ง) ลักษณะของที่เก็บสเปิร์ม ในช่วงที่มีการสืบพันธุ์
พบSpermatozoa อยู่ภายใน
Scale Bar (ก,ค 200 μm) (ข,ง 100 μm)

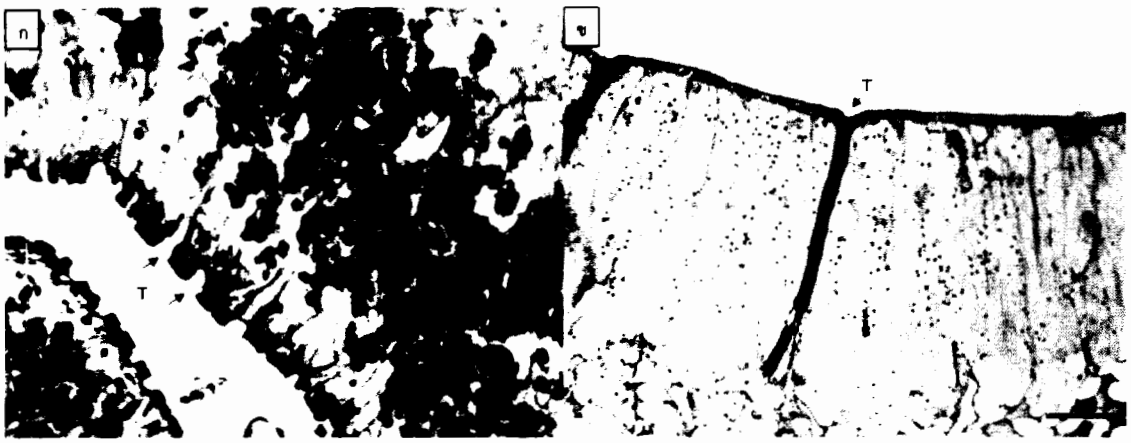
แอลบูมิน แกลนต์ (Albumen gland) ตรงกลางจะมีท่อขนาดใหญ่ ที่เชื่อมต่อกับที่รีเซฟตาคูลั่ม ซีมินิส (Receptaculum seminis) และ แคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) ซึ่งอาจเป็นทางผ่านของไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว ช่วงนอกฤดูสืบพันธุ์จะพบว่ามีขนาดของแอลบูมินแกลนต์ จะมีขนาดเล็กและเมื่อดูจากภายในจะเห็นได้ชัดเจนว่า parenchymal glandular mass ยังไม่มีการพัฒนาและค่อนข้างกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ (ภาพที่ 20 ก) ซึ่งแตกต่างจากช่วงฤดูกาลสืบพันธุ์ parenchymal glandular mass จะขยายขนาดขึ้นอย่างมากและอัดแน่น เนื่องจากมีการสะสมอาหารสำหรับการวางไข่ (ภาพที่ 20 ข) ซึ่งพบว่ามีท่อขนาดเล็กที่เชื่อมต่อสำหรับส่งหรือลำเลียงอาหารไปสู่ไข่ (ภาพที่ 20 ค) เมื่อมีการวางไข่แล้ว ส่วนของต่อมไข่แดงจะลดขนาดลงและมีสลายของ parenchymal glandular mass ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 20 ง)



ภาพที่ 20 การพัฒนาของแอลบูมิน แกลนด์ (Albumen gland)
(ก) ช่วงก่อนฤดูผสมพันธุ์ (ข) ช่วงฤดูผสมพันธุ์
(ค) ลักษณะของท่อขนาดเล็กเชื่อมต่อสู่ท่อใหญ่ด้านนอก
(ง) ลักษณะของต่อไข่แดงที่ลดขนาดลงจากการถูกใช้เป็นแหล่งอาหาร
Scale Bar (ก,ข,ค 100 μm) (ง, 200 μm)

Capsule gland เป็นส่วนที่เชื่อมต่อถัดจาก Albumen gland มีท่ออยู่ตรงกลางเพื่อเป็นทางผ่านของไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว พบว่าในช่วงก่อนและช่วงฤดูสืบพันธุ์พบว่าจะมีการสะสมแคลเซียมสำหรับสร้างเปลือกไข่ ทำให้เนื้อเยื่อมีสีขาวสามารถเห็นได้ชัดเจน และขยายขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 21 ก) ในช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ ขนาดท่อของต่อมนี้จะลดลง รวมถึงแคลเซียมที่ถูกสะสมไว้จะลดลงจนเกือบหมด (ภาพที่ 21 ข) ซึ่งด้านในของท่อที่เชื่อมต่อกับช่องว่างตรงกลางจะสามารถสังเกตเห็นท่อขนาดเล็กที่เป็นทางผ่านของแคลเซียมที่จะเคลื่อนที่ผ่านออกมาภายนอกเพื่อเคลือบเปลือกไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว (ภาพที่ 22 ก,ข)

ภาพที่ 21 ลักษณะเนื้อเยื่อของแคปซูล แกลนต์ (Capsule gland)
(ก) ท่อนำไข่และต่อมสร้างเปลือกช่วงฤดูผสมพันธุ์
(ข) ท่อนำไข่และต่อมสร้างเปลือกหลังฤดูผสมพันธุ์

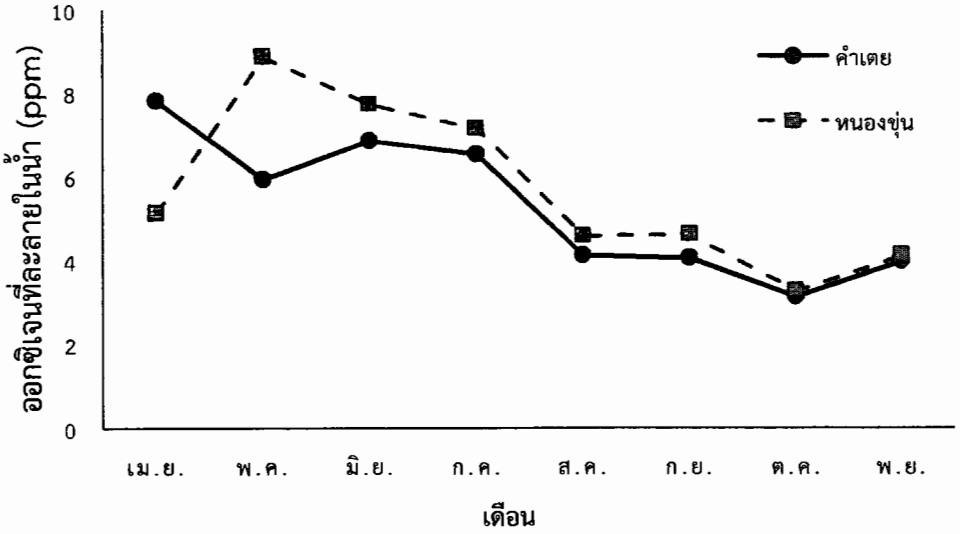


ภาพที่ 22 ลักษณะเนื้อท่อส่งผ่านแคลเซียมของแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland)
(ก, ข) ท่อเชื่อมต่อส่งผ่านแคลเซียมเพื่อหุ้มเปลือกไข่
(T=tube) (Scale Bar ก, 100 μm ข, 40 μm)

4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพ

4.5.1 ออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ

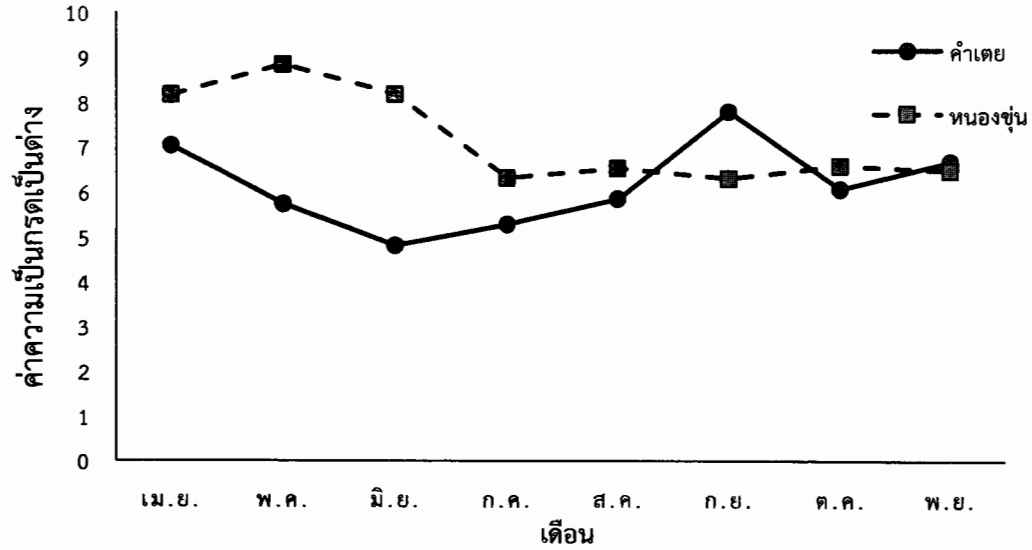
จากการวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำในพื้นที่ศึกษาพบว่าสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ (5.68±1.97 ppm) สูงกว่าสถานีบ้านคำเตย (5.29±1.29 ppm) โดยทั้งสองสถานี มีค่าต่ำที่สุดในเดือนตุลาคม (3.28, 3.12 ppm) และสูงที่สุดในเมษายนที่สถานีบ้านคำเตย (7.81 ppm) และเดือนพฤษภาคมที่สถานีบ้านหนองขุ่น (8.66 ppm) (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

4.5.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง

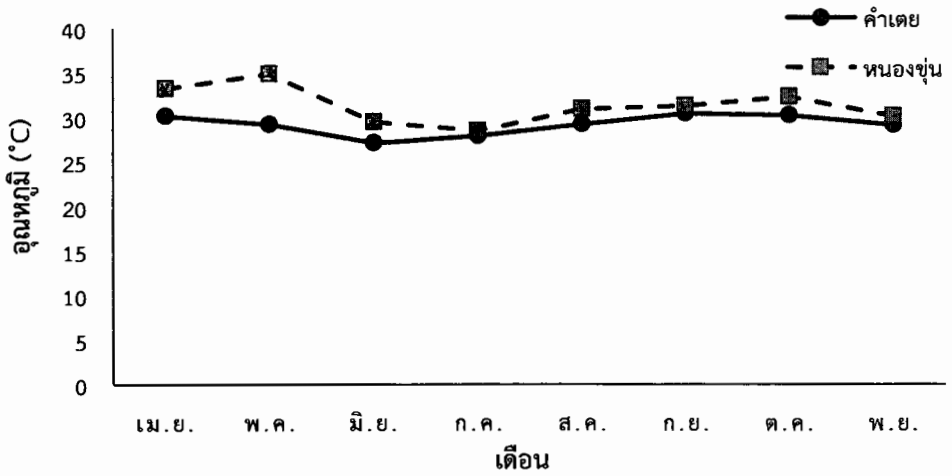
จากการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างจากพื้นที่ศึกษา พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในน้ำของ สถานีบ้านหนองขุ่นมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 7.12±1.05 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านคำเตยมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.11±0.95 โดยค่า pH สูงสุดที่สถานีบ้านหนองขุ่นในช่วงเดือนพฤษภาคมมีค่าเท่ากับ 8.82 และต่ำสุดที่สถานีบ้านคำเตยในเดือนมิถุนายนมีค่าเท่ากับ 4.80 (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำ

4.5.3 อุณหภูมิของน้ำ

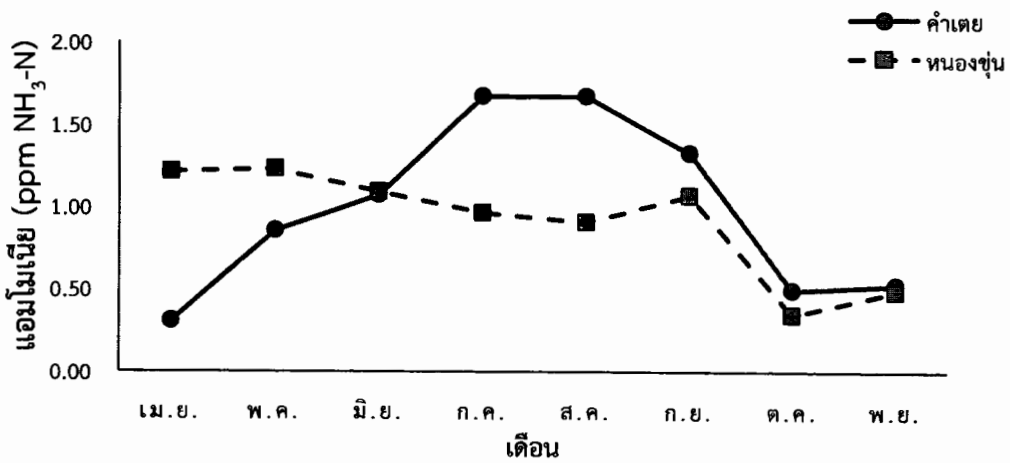
จากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านหนองขุ่นมีอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 31.33 ± 2.07 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านคำเตยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.15±1.15 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิสูงสุดช่วงเดือนพฤษภาคมในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่า 34.9 องศาเซลเซียส และต่ำสุดช่วงเดือนมิถุนายนในสถานีบ้านคำเตย 27.1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของน้ำ

4.5.4 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด

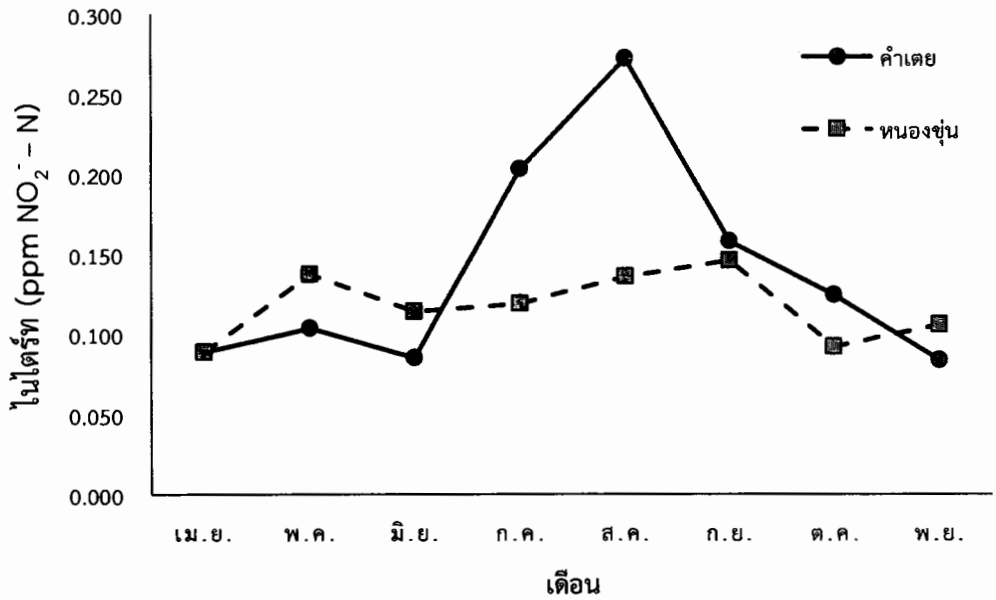
จากการตรวจวัดค่าแอมโมเนียของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านคำเตยมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับ 0.98±0.32 ppm NH_3-N ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.90±0.32 ppm NH_3-N พบว่าแอมโมเนียช่วงสูงสุดในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมในสถานีบ้านคำเตยมีค่า 1.659และ 1.650 ppm NH_3-N ตามลำดับ และต่ำสุดช่วงเดือนตุลาคมในสถานีบ้านหนองขุ่น 0.339 ppm NH_3-N (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียทั้งหมด

4.5.5 ปริมาณไนไตรท์

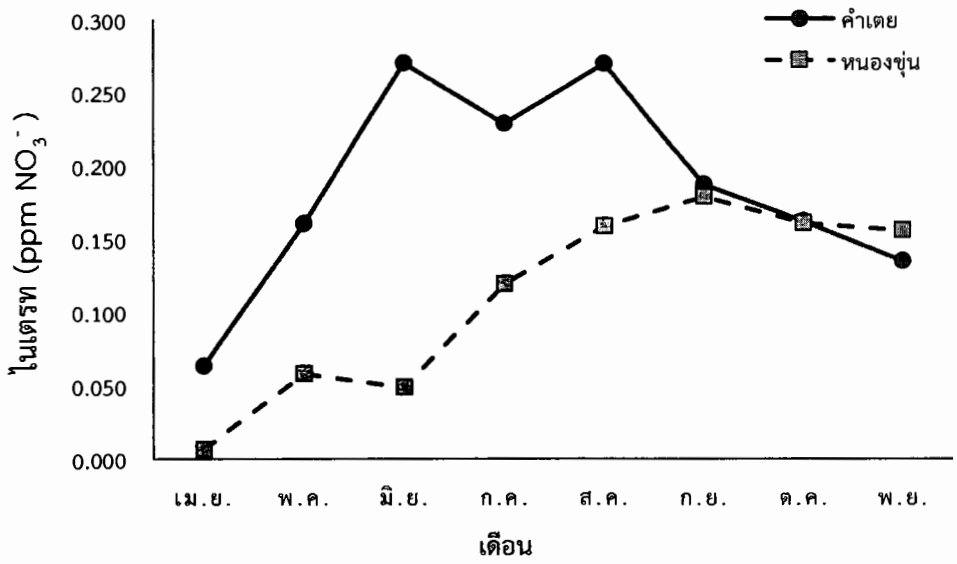
จากการตรวจวัดค่าไนไตรท์ของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านคำเตยมีค่าไนไตรท์เฉลี่ยเท่ากับ 0.139±0.016 ppm NO_2^--N ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.116±0.021 ppm NO_2^--N พบว่าค่าไนไตรท์ช่วงสูงสุดในเดือนสิงหาคมในสถานีบ้านคำเตยมีค่า 0.272 ppm NO_2^--N และต่ำสุดช่วงเดือนเมษายนในสถานีบ้านหนองขุ่น 0.088 ppm NO_2^--N (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงไนไตรท์

4.5.6 ปริมาณไนเตรท

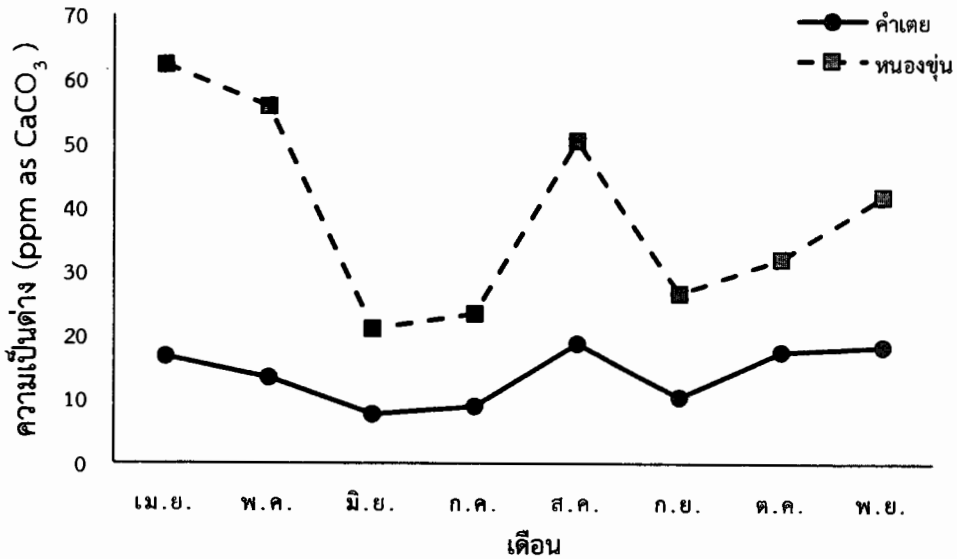
จากการตรวจวัดค่าไนไตรทของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านคำเตยมีค่าไนไตรทเฉลี่ยเท่ากับ 0.184±0.070 ppm NO_3^--N ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.110±0.064 ppm NO_3^--N พบว่าค่าไนไตรทช่วงสูงสุดในเดือนมิถุนายนในสถานีบ้านคำเตยมีค่า 0.270 ppm NO_3^--N และต่ำสุดช่วงเดือนเมษายนในสถานีบ้านหนองขุ่น 0.006 ppm NO_3^--N (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงไนเตรท

4.5.7 ความเป็นด่าง

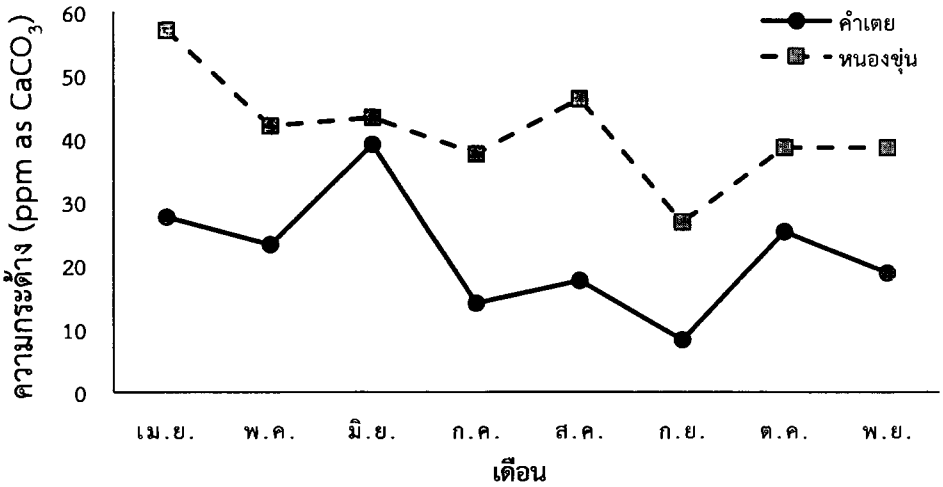
จากการตรวจวัดค่าความเป็นด่างของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยเท่ากับ 39.02±15.68 ppm as $CaCO_3$ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านคำเตยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.86±4.43 ppm as $CaCO_3$ พบว่าค่าความเป็นด่างช่วงสูงสุดในเดือนเมษายนในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่า 62.21 ppm as $CaCO_3$ และต่ำสุดช่วงเดือนมิถุนายนในสถานีบ้านคำเตย 7.62 ppm as $CaCO_3$) (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่าง

4.5.8 ความกระด้าง

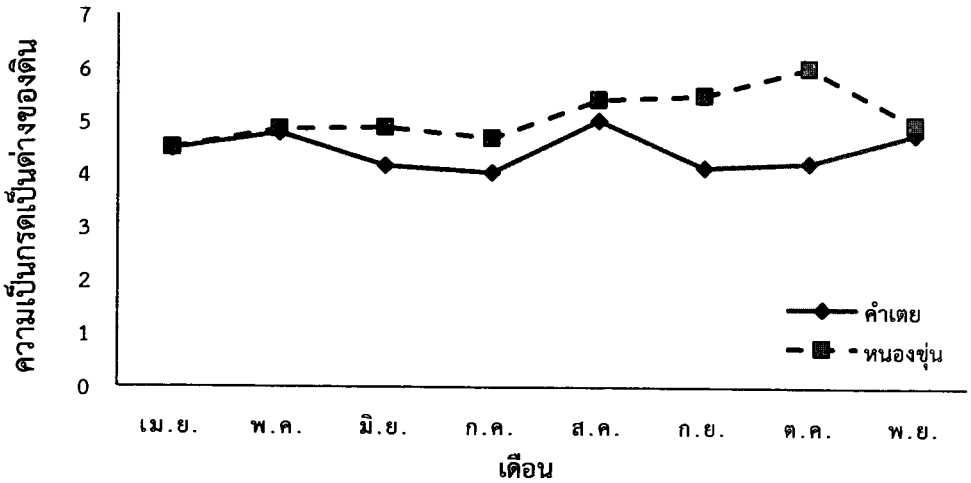
จากการตรวจวัดค่าความเป็นด่างของน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าความกระด้างเฉลี่ยเท่ากับ 41.25±8.60 ppm as $CaCO_3$ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านคำเตยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.71±9.39 ppm as $CaCO_3$ พบว่าค่าความกระด้างช่วงสูงสุดในเดือนเมษายนในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่า 57.05 ppm as $CaCO_3$ และต่ำสุดช่วงเดือนกันยายนในสถานีบ้านคำเตย 8.25 ppm as $CaCO_3$ (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่าความกระด้าง

4.5.9 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

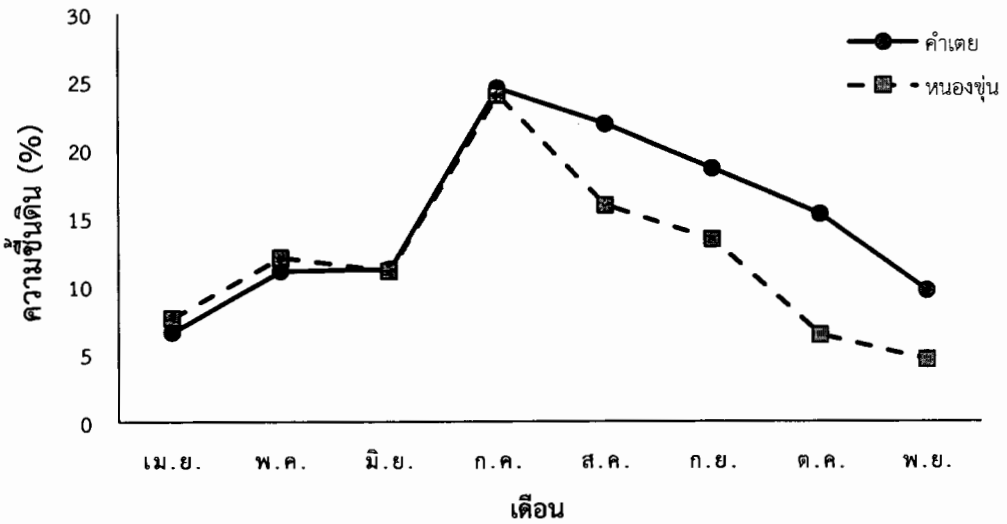
จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.06±0.48 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านคำเตยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42±0.36 พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินช่วงสูงสุดในเดือนเมษายนในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่า 5.95 และต่ำสุดช่วงเดือนกันยายนในสถานีบ้านคำเตย 4.10 (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 ความความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

4.5.10 ความชื้นของของดิน

จากการตรวจวัดค่าความชื้นของของดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าสถานีบ้านคำเตยมีค่าความชื้นของของดินเฉลี่ยร้อยละ 14.79±6.30 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.83±6.18 พบว่าค่าความชื้นของของดินช่วงสูงสุดใกล้เคียงกันทั้งสองสถานีในเดือนกรกฎาคมในสถานีบ้านหนองขุ่นมีค่าร้อยละ 23.96 บ้านคำเตยร้อยละ 24.43 และต่ำสุดช่วงเดือนพฤศจิกายนในสถานีหนองขุ่นร้อยละ 4.54 (ภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 ความชื้นของดิน

4.5.11 ประเภทของดิน

จากการตรวจสอบทั้งสองสถานีพบว่าลักษณะของเนื้อดิน อยู่ในกลุ่มของดินซิลท์ ลักษณะดินเป็นเนื้อดินปานกลางสำผัสอ่อนนุ่มเนื้อดินในกลุ่มนี้ได้แก ดินร่วน (loam) ตะกอนทรายแป้ง (silt) ดินร่วนปนทรายแป้ง (sitly loam) และดินร่วนปนทราย (sandy clay loam)

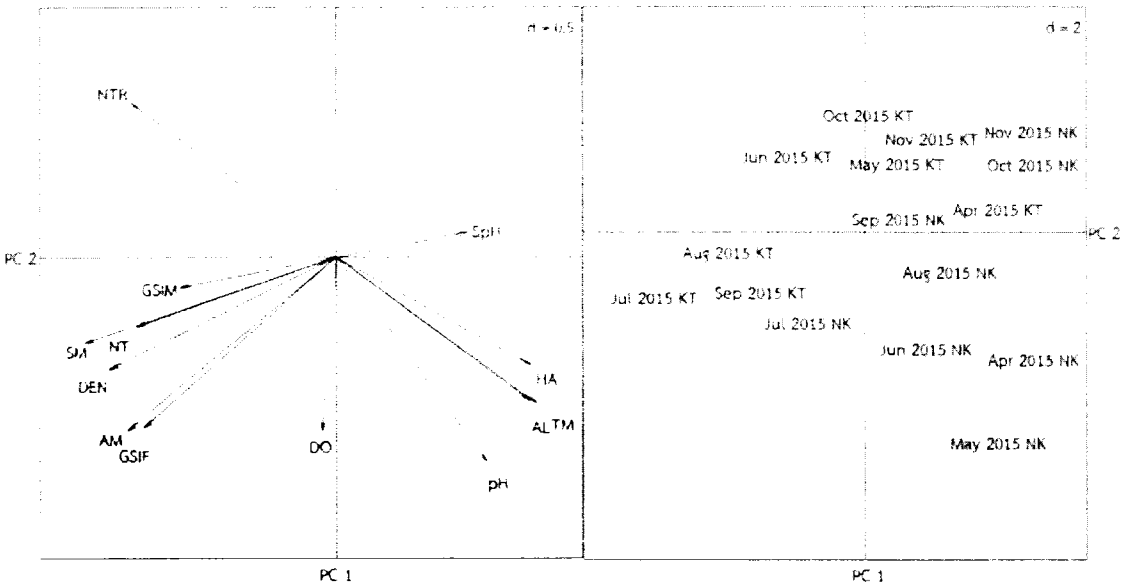
4.6 ความสัมพันธ์ของ ค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นของดินความหนาแน่นและดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่งในพื้นที่ศึกษา

จาการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA) สามารถอธิบายรวมสองแกน ค่า eigen value ของความผันแปรทั้งหมดร้อยละ 62.55 จากข้อมูลท้องหมด จากค่า eigen value ของแกนที่ 1 (PCA1) และแกนที่ 2 (PCA2) มีค่าความแปรปรวนร้อยละ 41.81 และ 20.73 ตามลำดับ ความยาวของเส้นมีความสำคัญในการบ่งบอกค่าความแปรปรวนในการศึกษา ชุดข้อมูลที่ 1 (PCA1) อธิบายความสำพันธ์ของ ค่าพีเอชของดิน (Solid pH) ความชื้นดิน (Solid moisture (%)) ค่าความกระด้าง (Hardness (ppm as $CaCO_3$)) ไนไตรท์ (Nitrite (ppm NO_2^--N)) ความหนาแน่นของหอยในพื้นที่ศึกษา (Snail density (individual/m^2)) และดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยเพศผู้ (Male GSI (%)) ในชุดข้อมูลที่ 2 (PCA2) อธิบายความสำพันธ์ของ แอมโมเนีย

(Ammonia (mg/l)) อุณหภูมิ (Temperature °C) ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen (ppm)) พีเอช (pH) ไนเตรท (Nitrate (ppm NO_3^--N)) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity (ppm as $CaCO_3$)) และดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยเพศเมีย (Female GSI (%)) (ตารางที่ 10) พบว่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ในพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน (Solid moisture (%)) ความหนาแน่นของหอยโข่ง (Snail density (individual/m^2)) แอมโมเนีย (Ammonia (ppm NH_3-N)) และไนไตรท์ (Nitrite (ppm NO_2^--N)) ซึ่งมีความสำพันธ์กับจุดเก็บตัวอย่างโดยเฉพาะในสถานีบ้านคำเตย ในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน และในสถานีบ้านหนองขุ่นในเดือนกรกฎาคม (ภาพที่ 33)

ตารางที่ 10 ค่าองค์ประกอบของข้อมูลของทั้งสองแกนหลักกับค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นดิน ความหนาแน่น และดัชนีความสมบูรณ์เพศ ของหอยโข่ง

พารามิเตอร์	ตัวย่อ	PC1	PC2
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ppm)	DO	-0.200	-0.357
ความเป็นกรดเป็นด่าง	pH	0.222	-0.423
อุณหภูมิ (°C)	TM	0.285	-0.294
ไนไตร์ท (ppm NO_2^--N)	NT	-0.295	-0.142
ไนเตรท (ppm NO_3^--N)	NTR	-0.302	0.318
แอมโมเนีย (ppm NH_3-N)	AM	-0.283	-0.352
ความกระด้าง (ppm as $CaCO_3$)	AL	0.297	-0.301
ความเป็นด่าง (ppm as $CaCO_3$)	HA	0.288	-0.221
ความชื้นดิน (%)	SM	-0.371	-0.177
ความเป็นกรดเป็นด่างดิน	SpH	0.195	0.050
ความหนาแน่นหอยโข่ง (individual/m^2)	DEN	-0.336	-0.232
ดัชนีความสมบูรณ์เพศผู้	GSIM	-0.237	-0.063
ดัชนีความสมบูรณ์เพศเมีย	GSIF	-0.308	-0.357

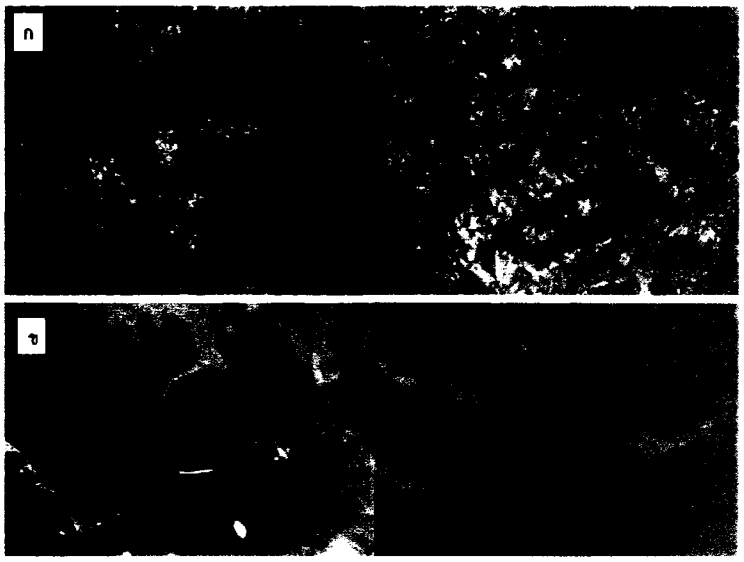


ภาพที่ 33 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis, PCA) ของดัชนีความสมบูรณ์เพศ ค่าคุณภาพน้ำ ความชื้นดิน และความหนาแน่นของหอยโข่ง

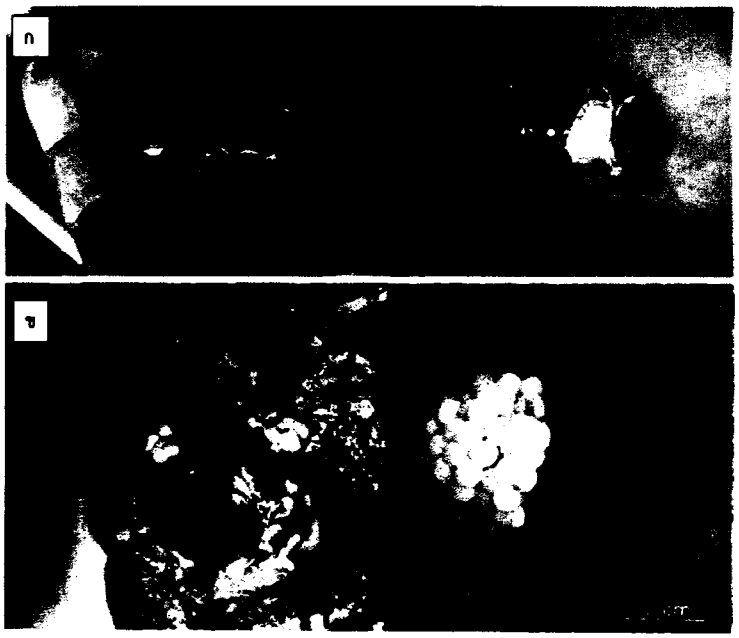
4.7 การเพาะพันธุ์

พ่อแม่พันธุ์หอยโข่งจากธรรมชาติถูกสุ่มมาเพาะพันธุ์ในบ่อพลาสติก สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่จัดเตรียมไว้ ในระยะเวลาประมาณ 30 วัน และยอมรับอาหาร (ใบผักกาดหอมและอาหารปลาในรูปแบบเม็ด) ในช่วงที่เริ่มการเพาะพันธุ์อยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม พบการฝังตัวเพื่อจำศีลซึ่งเป็นพฤติกรรมตามธรรมชาติ (ภาพที่ 34) และจับคู่ผสม การผสมพันธุ์เกิดขึ้นบริเวณส่วนที่เป็นน้ำ และขึ้นมาวางไข่ด้านบนส่วนที่สูงสุดของพื้นดิน โดยเพศเมียขุดโพรงเพื่อฝังตัวลงไปในดินและวางไข่ไว้ภายในโพรง ใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน จึงเริ่มวางไข่ ในส่วนของเพศเมียที่มีการจำศีล จะพบการวางไข่ได้เช่นกัน ไข่ของหอยโข่ง มีลักษณะสีขาวเกาะกันเป็นกลุ่ม (Clutch) ช่วงแรกจะมีสีขาวและอ่อนนุ่ม แล้วจึงเริ่มแข็งตัวขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป (ภาพที่ 35)

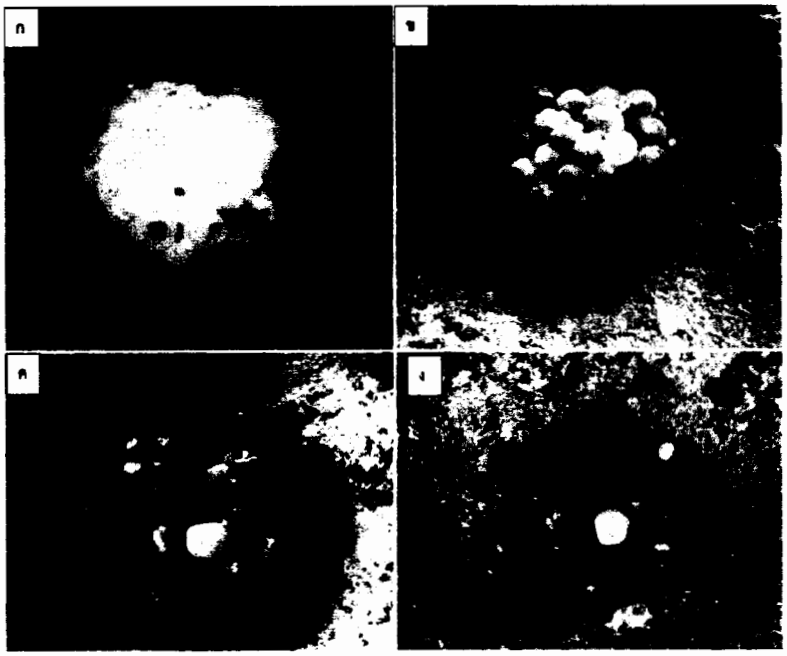
แม่พันธุ์ที่วางไข่มีขนาดความกว้างเปลือกเฉลี่ย 33.91±2.91 มิลลิเมตร ความยาวเปลือกเฉลี่ย 37.38±2.59 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 14.67±2.67 กรัม พบการวางไข่จำนวน 16 กลุ่ม โดยมีข้อมูลของกลุ่มไข่ดังนี้ จำนวนของไข่เฉลี่ยแต่ละกลุ่ม (Average number of egg per clutch) อยู่ในช่วง 192.12±55.45 ฟอง น้ำหนักของกลุ่มไข่เฉลี่ย (Average weight of clutch) อยู่ในช่วง 5.61±2.26 กรัม เส้นผ่าศูนย์กลางของไข่เฉลี่ย (Average diameter of egg) อยู่ในช่วง 3.78±0.19 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฟักเฉลี่ย (Average hatching time) อยู่ในช่วง 21±4.12 วัน ในช่วงระยะแรกของการวางไข่ เปลือกไข่มีลักษณะสีขาว เมื่อเวลาผ่านไป เปลือกไข่จะมีสีเทาเข้ม (ภาพที่ 36) ความยาวเปลือกแรกฟักของลูกหอยโข่งเฉลี่ย (Average shell length of juvenile) อยู่ในช่วง 3.035±0.129 มิลลิเมตร และมีอัตราการฟักเฉลี่ย (Average percentage of hatching success) อยู่ในช่วงร้อยละ 86.54±7.58 จำนวนลูกหอยที่ฟักทั้งหมดจากแม่พันธุ์ 16 ตัว เท่ากับ 2,657 ตัว ลูกหอยที่ฟักออกจากไข่สามารถเคลื่อนที่และกินอาหารได้ทันทีหลังจากฟักออกจากไข่



ภาพที่ 34 (ก) หอยโข่งที่มีการจำศีลในบ่อเพาะพันธุ์ (ข) พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในบ่อเพาะพันธุ์



ภาพที่ 35 (ก) หอยโข่งที่ผสมพันธุ์ในบ่อเพาะพันธุ์ (ข) หอยโข่งที่วางไข่ในบ่อเพาะพันธุ์



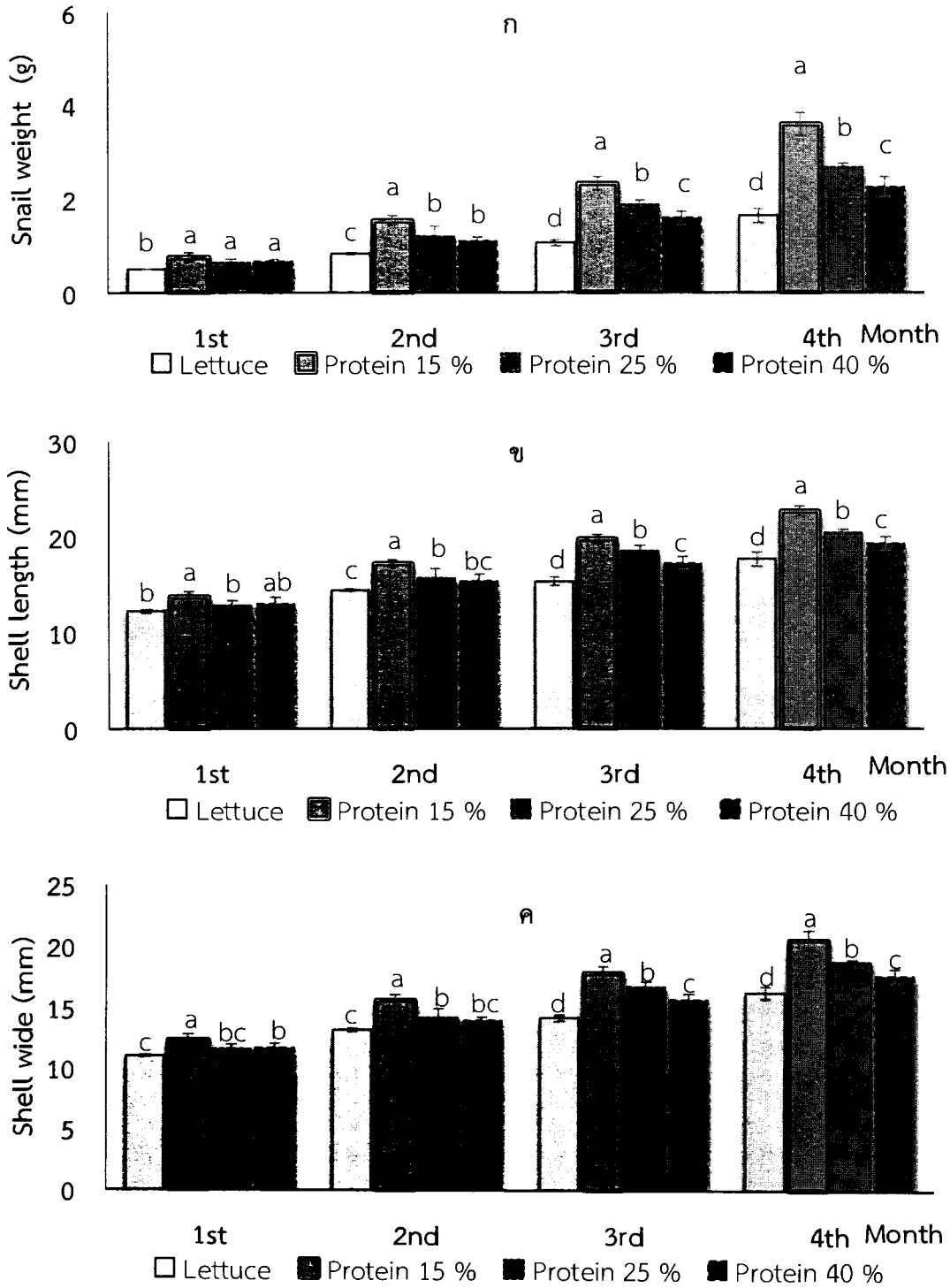
ภาพที่ 36 การพัฒนาของไข่หอยโข่งในที่เพาะฟัก
(ก) ไข่หอนโข่งอายุ 1 วัน (ข) ไข่หอนโข่งอายุ 10 วัน
(ค) ไข่หอนโข่งอายุ 15 วัน (ง) ไข่หอนโข่งอายุ 20 วัน

4.8 การเจริญเติบโตของหอยโข่งที่ได้รับอาหารต่างกัน

ตัวอย่างลูกหอยโข่งที่มีอายุ 1 เดือน (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 7.90±0.043 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 7.55±0.04 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 0.143±0.001 กรัม) ที่เลี้ยงในอาหารที่แตกต่างกัน ในระยะเวลา 120 วัน จะเริ่มพบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของหอยโข่งได้ตั้งแต่เดือนแรกของการทดลอง และพบความแตกต่างของการเจริญเติบโตได้อย่างชัดเจน ในเดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 พบว่าลูกหอยที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 15 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 22.65±0.55 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 20.44±0.77 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 3.59±0.24 กรัม) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับลูกหอยที่เลี้ยงในอาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 40 (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 19.28±0.68 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 17.51±0.55 มิลลิเมตร น้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 2.25±0.20 กรัม) อาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 25 (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 20.40±0.36 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 18.65±0.18 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 2.67±0.07 กรัม) และ อาหารชุดควบคุม (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 17.62±0.76 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือกเฉลี่ย 16.20±0.49 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ย 1.64±0.15 กรัม) ซึ่งพบว่ามีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ตามลำดับ (ภาพที่ 37)

ข้อมูลการเจริญเติบโตของหอยโข่งได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน)

ของลูกหอยชุดการทดลองที่ 2 (อาหารโปรตีนร้อยละ 15) มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกับลูกหอยที่ได้รับอาหารในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 (อาหารโปรตีนร้อยละ 25) ชุดการทดลองที่ 4 (อาหารโปรตีนร้อยละ 40) และชุดการทดลองที่ 1 (ใบผักกาดหอม) ตามลำดับ แต่ข้อมูลความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตรต่อวัน) ชุดการทดลองที่ 3 (อาหารโปรตีนร้อยละ 25) ชุดการทดลองที่ 4 (อาหารโปรตีนร้อยละ 40) ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตรารอดของลูกหอยชุดการทดลองที่ 1 (ใบผักกาดหอม) มีอัตรารอดสูงที่สุด (ร้อยละ 98.33±2.89) ไม่แตกต่างจากลูกหอยที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 2 (อาหารโปรตีนร้อยละ 15) และ ชุดการทดลองที่ 4 (อาหารโปรตีนร้อยละ 40) แต่จะมีความแตกต่างไปจากลูกหอยที่ได้รับอาหารชุดการทดลองที่ 3 (อาหารโปรตีนร้อยละ 25) (อัตรารอดร้อยละ 91.66±2.89) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 11)



ภาพที่ 37 การเจริญเติบโตของลูกหอยโข่งที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน (ก) น้ำหนักทั้งหมด (ข) ความยาวเปลือก (ค) ความกว้างเปลือก

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 ข้อมูลการเจริญเติบโตเฉลี่ยของลูกหอยโข่งที่เลี้ยงสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

การเจริญเติบโต	ชุดการทดลองที่ 1 (ผักกาด)	ชุดการทดลองที่ 2 (โปรตีนร้อยละ 15)	ชุดการทดลองที่ 3 (โปรตีนร้อยละ 25)	ชุดการทดลองที่ 4 (โปรตีนร้อยละ 40)
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	1.64±0.15[d]	3.59±0.24[a]	2.67±0.07[b]	2.25±0.20[c]
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	1.5±0.15[d]	3.45±0.24[a]	2.53±0.07[b]	2.1±0.20[c]
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)	1042.6±109.1[d]	2407±158.5[a]	1780±34.2[b]	1466.7±144[c]
การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.012±0.001[d]	0.028±0.002[a]	0.021±0.006[b]	0.017±0.001[c]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ร้อยละต่อวัน)	2.02±0.03[d]	2.68±0.21[a]	2.44±0.05[b]	2.29±0.14[c]
ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (มิลลิเมตรต่อวัน)	0.080±0.006[c]	0.122±0.004[a]	0.104±0.003[b]	0.094±0.006[b]
อัตราแลกเนื้อ	2.55±0.18[b]	2.07±0.04[a]	2.28±0.28[ab]	2.49±0.16[b]
อัตราร่อด (ร้อยละ)	98.33±2.89[a]	96.66±2.89[ab]	91.66±2.89[b]	96.66±2.89[ab]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

บทที่ 5
สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งในธรรมชาติในรอบปี สามารถพบตัวอย่างได้ทั้ง 2 สถานีศึกษา มีลักษณะพื้นที่ที่สำคัญคือเป็นแหล่งพื้นที่การทำนาข้าวในช่วงฤดูฝนและไม่มีการใช้สารเคมี ลักษณะของเนื้อดินอยู่ในกลุ่มของดินซิลท์ที่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งอาจเป็นพื้นที่แหล่งอาศัยที่เหมาะสมของหอยโข่งเนื่องจาก การดำรงชีวิตของหอยโข่งมีการอยู่อาศัยตามพื้นท้องนาที่น้ำท่วมขังในฤดูฝนและการจำศีลอยู่ในพื้นดินในช่วงแล้ง (ฤดูหนาวและฤดูร้อน) รวมทั้งการพบตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน-พฤศจิกายน เท่านั้น สอดคล้องกับ Kaewjam (1987: 173-176) ที่รายงานว่าสามารถพบหอยโข่งจำนวนมากในช่วงฤดูฝน ในขณะที่ช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน จะพบหอยโข่งได้น้อยลง เนื่องจากหอยโข่งมีการฝังตัวอยู่ใต้ดิน และอยู่ในสภาวะการพักตัวโดยปิดฝาปิดเปลือกแน่น จะมีการใช้อาหารสำรอง (Food reserve) เพื่อดำรงชีวิตจนกระทั่งถึงฤดูฝนครั้งต่อไป (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 290) นอกจากนี้ในพื้นที่ศึกษาพบว่า ไม่มีการระบาดของหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea* sp.) วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ (2554: 9) รายงานว่าหอยเชอรี่อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่อาจทำให้หอยโข่งในธรรมชาติลดจำนวนลงและเกิดการสูญพันธุ์ เนื่องจากชีววิทยาการสืบพันธุ์สามารถพัฒนาได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การปรับตัวกับสภาพแวดล้อม การกินอาหารที่หลากหลาย รวมถึงไม่มีสัตว์ควบคุมในธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ยังสามารถพบหอยโข่งในพื้นที่ได้เป็นจำนวนมาก อาจกล่าวได้ว่าหอยโข่งต้องการแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งลักษณะ ของดิน แหล่งอาหาร และฤดูกาลอาจเป็นปัจจัยสำคัญต่อการอยู่อาศัย

จากการศึกษาสามารถเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยโข่ง พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักทั้งหมด ความยาวและความกว้างของเปลือกในแต่ละเดือนขึ้นกับช่วงเวลาในการรวบรวมตัวอย่าง โดยเพศเมียมีค่าน้ำหนักทั้งหมดและความยาวและความกว้างเปลือกน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (6.63±3.13 กรัม 30.15±3.81 และ 28.37±3.51 มิลลิเมตร) และมีค่าน้ำหนักทั้งหมดและความกว้างเปลือกมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (16.74±8.04 กรัม และ 33.97±4.79 มิลลิเมตร) และความยาวเปลือกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (36.76±5.42 มิลลิเมตร) ในหอยโข่งเพศผู้มีค่าน้ำหนักทั้งหมดและความยาวและความกว้างเปลือกน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (3.83±1.17 กรัม 23.78±2.43 และ 25.44±2.59 มิลลิเมตร) และมีค่าน้ำหนักทั้งหมด ความกว้างเปลือก และความยาวเปลือกมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (14.37±2.16 กรัม 34.15±2.42 และ 35.67±1.88 มิลลิเมตร) ความยาวเฉลี่ยของเพศเมียบ้านคำเตยและบ้านหนองขุ่น (34.74±6.29 และ 33.51±4.06 มิลลิเมตร) และหอยโข่งเพศผู้บ้านคำเตยและบ้านหนองขุ่น (31.81±3.90 และ 29.20±3.37 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ในช่วงเวลาเดียวกันหอยโข่งเพศผู้พบว่ามีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย สอดคล้องกับรายงานของ สมศักดิ์ (2528 : 289) ที่พบว่าหอยโข่งที่พบในธรรมชาติมีความยาวเปลือกเฉลี่ยของเพศผู้และเพศเมียเท่ากับ 40 และ 85 มิลลิเมตร แต่จะมีความแตกต่างไปจากหอยเชอรี่เนื่องจากขนาดของเพศผู้ใหญ่กว่าเพศเมีย (สยาม อรุณมณีเกตุ และธรรมศักดิ์

พัฒนพ่วง, 2546: 43-49) ส่วนใหญ่หอยโข่งที่รวบรวมได้ในเดือนเมษายน-สิงหาคม อยู่ในระยะโตเต็มวัย และในเดือนกันยายน-พฤศจิกายน พบหอยในระยะวัยอ่อนบ้าง หอยโข่งเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดความกว้างและความยาวเปลือกอยู่ในช่วง 45-80 และ 55-86 มิลลิเมตร (Kaewjam, 1987: 176) ขนาดของหอยโข่งที่เล็กที่สุดที่สามารถแยกเพศได้ เพศเมียมีความยาวเปลือก 22.78 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือก 20.95 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมด 3.61 กรัม และในเพศผู้มีความยาวเปลือก 21.11 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือก 20.26 มิลลิเมตร และน้ำหนักทั้งหมด 2.48 กรัม ใกล้เคียงกับรายงานของ สยาม อรุณมณีเกตุ และธรรมศักดิ์ พัฒนพ่วง (2546: 43-49) พบว่าขนาดของหอยเชอรี่ที่สามารถทำการแยกเพศได้ขนาดเล็กที่สุดมีความยาวเปลือก 24 มิลลิเมตร ความกว้างเปลือก 21 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักทั้งหมด 2.5 กรัม ความแตกต่างของขนาดอาจเกิดจากสภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร ฤดูกาล และแร่ธาตุ เนื่องจากแหล่งของแคลเซียม (Calcium) และแมกนีเซียม (Magnesium) มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกและการเจริญเติบโต (Malek, 1958)

จากการรวบรวมตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน-พฤศจิกายน พบการเปลี่ยนแปลงของชีววิทยาการสืบพันธุ์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างสูง โดยพบว่าความหนาแน่นของหอยโข่งจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน เนื่องจากฝนเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดกิจกรรมของหอยโข่งทั้งการเคลื่อนที่และการสืบพันธุ์และวางไข่ Kaewjam (1987: 173-176) รายงานว่าหอยโข่งจะเริ่มปรากฏตัวขึ้นจากการจำศีลใต้พื้นดินหลังจากเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน ในส่วนของอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียของหอยโข่งในธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน (1:1.1.5) แสดงให้เห็นว่า หอยโข่งมีพฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์ ทั้งนี้บางช่วงเวลาอาจพบจำนวนของเพศเมียที่สูงกว่า อาจมาจากชีววิทยาการสืบพันธุ์ของเพศเมียที่สามารถเก็บเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ไว้ได้ระยะเวลาในการจับคู่ผสมพันธุ์ประมาณ 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289) ในขณะที่ สยาม อรุณมณีเกตุ และธรรมศักดิ์ พัฒนพ่วง (2546: 43-49) รายงานว่าหอยเชอรี่มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 2.4 :1 แตกต่างจากรายงานของ Olaguer and Bagarinao (2001: 198) หอยเจดีย์ (Mud snail, *Cerithidea cingulata*) ที่อยู่ในบ่อปลามีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย เท่ากับ 1:2 Elhasni et al. (2013: 27) รายงานว่าหอยเจดีย์ (Murex snail, *Bolinus brandaris*) พบว่ามีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1:1.15 ซึ่งอัตราส่วนเพศที่แตกต่างกันอาจขึ้นอยู่กับรูปแบบและวิธีการสืบพันธุ์ รวมถึงความสมบูรณ์ของแหล่งที่อยู่อาศัย

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ เป็นการเปลี่ยนแปลงของชีววิทยาการสืบพันธุ์ที่ถูกพบได้อย่างชัดเจนในช่วงฤดูฝน โดย GSI ทั้งเพศผู้และเพศเมียมีค่าสูงที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ใกล้เคียงกับกับรายงานของ Olaguer and Bagarinao (2001: 198) หอยเจดีย์ (Mud snail, *Cerithidea cingulata*) การเพิ่มขึ้นของดัชนีความสมบูรณ์เพศจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายนและ Vasconcelos et al. (2012: 76) ในหอยเจดีย์ (Murex snail, *Bolinus brandaris*) พบว่าการเพิ่มขึ้นของดัชนีความสมบูรณ์เพศจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ใกล้เคียงกับการวางไข่ของหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) ที่พบในช่วงเดือนกรกฎาคมและเดือนสิงหาคม (Tanaka et al., 1999: 257) เมื่อพิจารณาถึงช่วงสูงสุดของค่า GSI จะพบว่า หอยโข่งเพศเมียมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และอาจเป็นไปได้ว่ามีการวางไข่มากกว่า 1 ครั้ง เพราะพบว่าภายในรังไข่ยังคงมีไข่หลายระยะที่สามารถพัฒนาเพื่อวางไข่ได้ต่อไป ถ้าหากสภาพแวดล้อมเหมาะสมใกล้เคียงกับหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) อาจมีช่วงฤดูการสืบพันธุ์มากกว่า

1 ฤดูกาล ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิต (Estebenet and Cazzaniga, 1992: 1-12) ในขณะที่ค่า GSI ของเพศผู้สูงขึ้นในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงก่อนที่ค่า GSI ของเพศเมียจะสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากเพศผู้มีการพัฒนาความสมบูรณ์เพศให้พร้อมก่อนฤดูการสืบพันธุ์ อย่างไรก็ตามอาจพบหอยโข่งจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดปีในแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289) เช่นเดียวกับหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea scalaris*) การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และการวางไข่ของหอยเชอรี่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดปี โดยเฉพาะเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ (Wu et al., 2011: 64-66)

การจับคู่ผสมพันธุ์ของหอยโข่งในธรรมชาติพบมากในเดือนมิถุนายน-ตุลาคม โดยขุดดินเป็นโพรงและวางไข่ไว้ภายในเป็นกลุ่มสีขาว ในขณะที่การวางไข่พบใน เดือนมิถุนายน และกรกฎาคม เท่านั้น สอดคล้องกับรายงานของ สมศักดิ์ ปัญหา (2528: 280-290) รายงานว่าจะพบการจับคู่และการวางไข่ในช่วงฤดูฝน เดือน พฤษภาคมถึงกันยายน รูปแบบการวางไข่ของหอยโข่งจะขุดโพรงดินใกล้แหล่งน้ำและวางไข่ เนื่องจากความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการฟักไข่ และเมื่อลูกหอยฟักออกจากไข่ยังต้องการน้ำเป็นที่อาศัย ซึ่งแตกต่างจากหอยเชอรี่ (*Pomacea* sp.) ที่วางไข่ติดกับวัสดุเหนือน้ำ ตัวอ่อน (Zygote) ของหอยโข่งที่ผ่านท่อนำไข่จะได้รับอาหารสะสมจากอะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) และแคลเซียม สำหรับการสร้างเปลือกจากแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) ในขณะที่หอยเชอรี่ (*Pomacea* sp.) มีการวางไข่ติดกับวัสดุเหนือน้ำเนื่องจาก อะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) มีส่วนประกอบของ Protein carotenoid complex celled ที่จะช่วยปกป้องตัวอ่อนจากความร้อน การเสียน้ำและรักษาความชื้นของไข่ รวมทั้งแร่ธาตุที่จำเป็นและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์และวางไข่ (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 280-290; ปราสาททอง พรมเกิด และคณะ, 2549: 1-13)

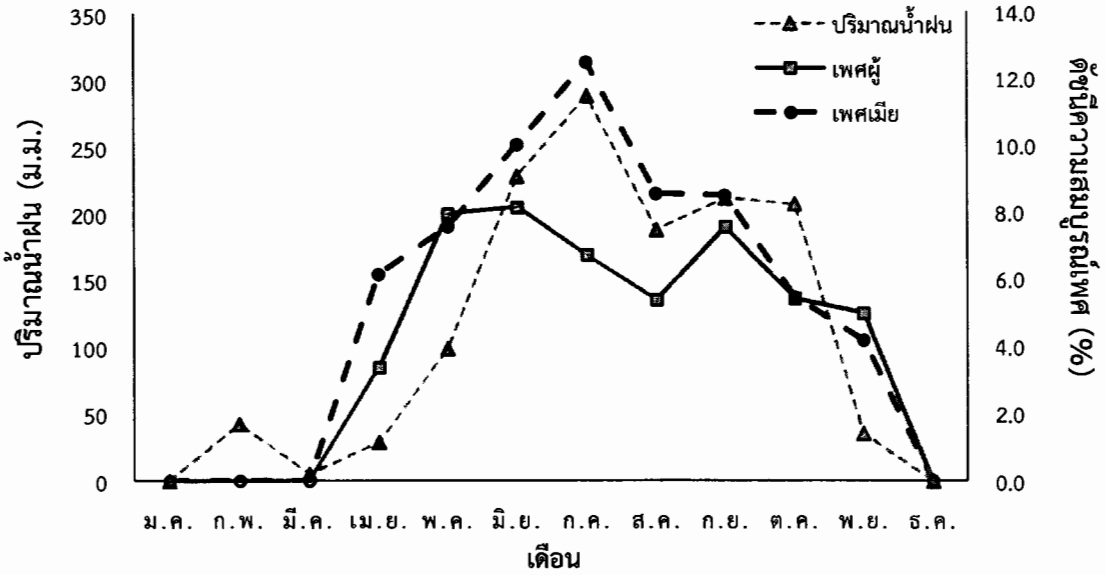
องค์ประกอบอวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งมีความใกล้เคียงกับหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) ที่มีระบบการสืบพันธุ์เหมือนกับหอยชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มของ Prosobranch gastropod หลายชนิด (Catalan et al., 2006: 524; Catalan et al., 2002: 91) โดยตำแหน่งรังไข่อยู่ใกล้กับ Visceral hump และติดกับส่วนของ Digestive gland มีลักษณะเป็นท่อสีขาวเกิดขึ้นจากส่วนของ Germinal epithelium (Catalan et al., 2002: 91) ซึ่งสามารถพบโอโอไซท์ได้ 3 ระยะ (Immature, Developing และ Mature stage) ช่วงเวลาที่มีการสร้างและพัฒนาโอโอไซท์จะทำให้รังไข่มีการขยายขนาดขึ้น เนื่องจากช่วงเริ่มพัฒนาความสมบูรณ์เพศ แม่พันธุ์ต้องมีการสะสมอาหารเพื่อให้เพียงพอต่อการพัฒนาและความสมบูรณ์ของโอโอไซท์ (Wu et al., 2011: 65-66) ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับการพัฒนาของ พาเรียลโอวิดัก (Pallial oviduct) ที่มีการขยายขนาดเพื่อการสะสมอาหารและแคลเซียมเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูการสืบพันธุ์และวางไข่ (Catalan et al., 2006: 525) เพศเมียมีอวัยวะ Receptaculum seminis ที่อยู่ต่อจากรังไข่ ซึ่งทำหน้าที่เก็บเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเป็นที่ผสมพันธุ์ของโอไซท์ที่ตกลงมาจากรังไข่ และเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ เชื่อมต่อกับพาเรียลโอวิดัก (Pallial oviduct) โอโอไซต์ที่ได้รับการผสมแล้วออกมาจาก Receptaculum seminis จะผ่านท่อของอะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) ที่มีอาหาร และแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) ที่เพิ่มแคลเซียมในส่วนเปลือก นอกจากนี้ ในเพศเมียที่มีการจำศีล อาจพบเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ได้ในส่วน Receptaculum seminis จึงมีความเป็นไปได้ว่า เพศเมียมีการจับคู่กับเพศผู้และเกิดการจำศีลขึ้นก่อนที่จะมีการวางไข่ (Catalan et al., 2002 : 92) Albretch et al. (1999: 241-250) รายงานว่า

ในหอยเชอรี่เพศเมีย (*Pomacea* sp.) สามารถวางไข่ได้หลังจากการจับคู่สืบพันธุ์เป็นเวลานาน โดยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่สะสมอยู่ใน Receptaculum seminis อาจเนื่องมาจากมีการหลั่งสารบางอย่างทำหน้าที่หล่อเลี้ยงและกระตุ้นให้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่เก็บไว้ จึงสามารถทำให้หอยเชอรี่สามารถวางไข่ได้อย่างต่อเนื่อง โดยวางไข่ได้ถึง 3000 ฟอง หลังจากการสืบพันธุ์หนึ่งครั้ง (วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 12)

แอลบูมิน แกลนต์ (Albumen gland) มีความสำคัญต่อการพัฒนาของตัวอ่อนหอยโข่ง เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารสะสมในระหว่างการพัฒนาของลูกหอยก่อนที่จะฟักออกจากไข่ (Catalan et al., 2002: 98) การศึกษาการทำงานของต่อมนี้ในหอยโข่งค่อนข้างน้อยมาก จึงใช้ข้อมูลเปรียบเทียบจากหอยเชอรี่เพื่อให้ข้อมูลสมบูรณ์ขึ้น โดยช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์ หอยเชอรี่ยังไม่มีการพัฒนา Parenchymal glandular mass และพบการกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ ซึ่งแตกต่างจากช่วงฤดูผสมพันธุ์ ส่วน Parenchymal glandular mass จะขยายขนาดขึ้นอย่างมากและอัดแน่น เนื่องจากมีการสะสมอาหารให้กับตัวอ่อน และแสดงถึงความพร้อมของแม่พันธุ์ที่จะวางไข่ เมื่อมีการวางไข่แล้วส่วนของอะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) จะลดขนาดลงและมีการสลายตัวของ Parenchymal glandular mass ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน Catalan et al. (2006: 525-529) รายงานว่าฤดูกาลเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงลักษณะของ Parenchymal glandular mass การทำงานของอะบูมินแกลนต์ (Albumen gland) และแคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) ในหอยเชอรี่ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ก่อนฤดูการสืบพันธุ์ ฤดูการสืบพันธุ์ และหลังฤดูการสืบพันธุ์ สามารถแบ่ง parenchymal cell ได้จาก 2 ส่วนหลักคือ Albumen secretory และ Labyrinthic cell ซึ่งช่วงก่อนฤดูสืบพันธุ์จะเริ่มเตรียมการสร้างและสะสมของ Parenchymal cell แล้วเมื่อเข้าสู่ฤดูสืบพันธุ์ก็จะมีการสร้างและสะสม Parenchymal cell ในปริมาณมาก ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งแตกต่างไปจากช่วงหลังฤดูผสมพันธุ์ที่ไม่มีการพัฒนาของเซลล์นี้ ในขณะที่แคปซูลแกลนต์ (Capsule gland) มีการสะสมแคลเซียมให้เพียงพอต่อการสร้างเปลือกของตัวอ่อนในช่วงก่อนและฤดูผสมพันธุ์ (Catalan et al., 2002: 94-100; Catalan et al., 2006: 531) Obande et al. (2013: 45) ได้รายงานว่า องค์ประกอบแคลเซียมในเนื้อและอวัยวะภายในหอยโข่งค่อนข้างสูง 129.18±0.77 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ช่วงเวลาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และความสมบูรณ์เพศในหอยโข่งเพศผู้และเพศเมียใกล้เคียงกัน ช่วงฤดูสืบพันธุ์ (เดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน) เป็นช่วงฤดูฝนสามารถพบโอโอไซท์ที่สมบูรณ์เพศจำนวนมากภายในรังไข่เช่นเดียวกับการพบเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่สมบูรณ์เพศทั้งในอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศผู้และในส่วน Receptaculum seminis ในเพศเมียหลังจากการสืบพันธุ์ ในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความสมบูรณ์อาจพบการจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี หอยโข่งจะจับคู่และหอยโข่งเพศผู้จะสอดอวัยวะสืบพันธุ์ Penis เข้าสู่ภายในและยื่นท่อ (Ductus ejaculatorius) เข้าสู่อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย เพื่อส่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ไปผสมพันธุ์กับโอโอไซท์หรือเก็บไว้ที่ส่วน Receptaculum seminis (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 289) เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีการเคลื่อนที่โดยถูกโบกพัดโดยซีเลีย (Ciliated) ที่ผิวภายในท่อนำไข่ (Maximiliaon et al., 2013: 134-135) ปราสาททอง พรมเกิด และคณะ (2549: 1-13) รายงานผลของการจำศีลต่อคุณภาพอสุจิของหอยเชอรี่ พบว่าระยะเวลาการจำศีลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ถูกทำลายและลดคุณภาพของน้ำเชื้อได้

ปัจจัยของสภาพแวดล้อม (แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ความชื้นของดิน) มีผลต่อความหนาแน่นของหอยโข่งในพื้นที่ศึกษาและดัชนีความสมบูรณ์เพศ ในเดือน พฤษภาคมถึงกรกฎาคม เริ่มเข้าสู่ฤดูฝน ความชื้นของดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้หอยที่จำศีลอยู่ใต้พื้นดินขึ้นมาเพื่อหากินและสืบพันธุ์วางไข่ ส่งผลให้ความหนาแน่นโขงหอยโข่งเพิ่มมากขึ้นและส่งผลต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528: 290) Kaewjam (1987: 174) รายงานว่าฝนเป็นปัจจัยหลักที่กระตุ้นกิจกรรมต่างๆของหอยโข่ง ได้แก่ การหาอาหาร การผสมพันธุ์ และวางไข่ นอกจากนี้ยังพบว่าดัชนีความสมบูรณ์เพศมีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือนอีกด้วย (กรมชลประทาน, 2558) (ภาพที่ 40) เนื่องจากเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูฝนเป็นช่วงที่มีการทำการเกษตรทำให้มีการใช้ปุ๋ย และเป็นช่วงที่น้ำท่วมขัง อาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณ แอมโมเนีย และ ไนไตรท์ เพิ่มสูงขึ้น อุษา ศรีใส และคณะ (2554: 659-667) รายงานว่าการการปลดปล่อยแอมโมเนียในดินสภาพน้ำขังโดยการบ่มดินระยะเวลาต่างๆ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวส่งผลให้เกิดไนโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนีย และปริมาณของแอมโมเนียจะเพิ่มสูงมากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยในนาข้าว



ภาพที่ 38 ปริมาณน้ำฝนเปรียบเทียบกับดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง

การนำพ่อแม่พันธุ์หอยโข่งจากธรรมชาติมาเพาะพันธุ์ในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม สามารถกระตุ้นให้แม่พันธุ์วางไข่ได้รวมทั้งหมด 16 ตัว (1 กลุ่มต่อแม่พันธุ์ 1 ตัว) ซึ่งมีจำนวนของไข่เฉลี่ยแต่ละกลุ่ม 192.12±55.45 ฟอง มีจำนวนฟองไข่ที่ใกล้เคียงกับจำนวนไข่หอยโข่งในธรรมชาติประมาณ 100-300 ฟอง (วีระชน สว่างไพเราะ และ ไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 14-15; สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ, 2538: 385) สำหรับจำนวนวันที่ฟักเฉลี่ยของหอยโข่ง 21±4.12 วัน ค่อนข้างช้ากว่าหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomaea* sp.) ที่มีช่วงเวลา 7-14 วัน (วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ, 2554: 15) ซึ่งอาจเกิดจากรูปแบบและวิธีการฟักอาจไม่เหมาะสม รวมถึงอุณหภูมิในการฟักและปัจจัยอื่นๆ Aufderheide et al. (2006: 11-17) รายงานว่าระยะเวลาในการฟักไข่ของหอยทาก (Giant ramshom snail, *M. cornuarietis*) ที่ 28 องศาเซลเซียส ประมาณ 8 วัน ในขณะที่อุณหภูมิ

22 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการฟักจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า สมศักดิ์ ปัญหา (2528: 289-290) รายงานว่าความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการวางไข่ และการเจริญเติบโตของตัวอ่อนจนกระทั่งฟักออกจากไข่ หลังจากฟักออกจากไข่ลูกหอยโข่งในธรรมชาติอาจเจริญเติบโตเต็มวัยภายในหนึ่งฤดูกาล แต่ก็ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ในแต่ละพื้นที่ (Keawjam, 1987: 174-175)

ระดับโปรตีนที่เหมาะสมมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกหอยโข่งพบว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารโปรตีนร้อยละ 15 ที่สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับลูกหอยโข่งได้มากที่สุด Obande et al. (2013: 43-45) รายงานการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในหอยโข่งพบว่าระดับโปรตีนในเนื้อหอยโข่งร้อยละ 10.67±0.15 ในขณะที่ Serra (1997: 41-42) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหอยเชอรี่ (*Pomacea* sp.) พบว่าระดับโปรตีนในเนื้อหอยร้อยละ 62 อาจส่งผลให้หอย เชอรี่ (*Pomacea* sp.) ต้องการอาหารที่มีโปรตีนจากอาหารสูงกว่าหอยโข่ง จากรายงานของ Mendosa et al. (1999: 112-117) เลี้ยงหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea bridgesi*) โดยใช้ใบผักกาดแห้ง (Dehydrated lettuce โปรตีนร้อยละ 15.35) และอาหารเม็ดสำเร็จรูป (โปรตีนร้อยละ 34.83) พบว่า หอยเชอรี่ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีการเจริญเติบโตดีที่สุด เช่นเดียวกับหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea paludosa*) ที่เจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนร้อยละ 31.4 (Garr et al., 2011: 143) ดั้งนั้นรูปแบบอาหารอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกหอยโข่งได้เช่นกัน Wu et al. (2011: 67) รายงานว่าการให้ใบผักการหอมทำให้หอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea canaliculata*) มีการเจริญเติบโต 0.19 มิลลิเมตรต่อวัน Sumpan and Chaichana (2013: 428-431) ได้ทดลองเลี้ยงหอยโข่งด้วยผักบุ้งและผักกาดหอม พบว่า มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการกินอาหารของหอยโข่งที่เป็นสัตว์กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous mollusk) ที่สามารถปรับพฤติกรรมการกินอาหารจากพืชน้ำมาเป็นซากสัตว์ได้เมื่อเกิดสภาวะอดอาหาร (Komalamisra et al., 2009: 245) การให้ใบผักกาดหอมเพียงอย่างเดียวระดับโปรตีนอาจน้อยกว่าความต้องการของหอยโข่ง อาจทำให้เข้าสู่สภาวะสมดุลโปรตีน ที่เป็นสภาวะที่ร่างกายของสัตว์น้ำได้รับระดับโปรตีนที่น้อยเพียงพอเพื่อช่วยรักษาสมดุลของโปรตีนในร่างกาย ปริมาณโปรตีนอาจไม่เหลือเพื่อการเจริญเติบโต แต่ถ้าต้องการเพิ่มการเจริญเติบโตร่างกายของสัตว์น้ำจะต้องการปริมาณโปรตีนที่มากขึ้น แต่ถ้าได้รับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มมากเกินไปอาจทำให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2542: 81-82) Lovell (1989: 1-260) รายงานว่าปลาได้ระดับโปรตีนต่ำจะเจริญเติบโตช้า แต่ถ้าได้ระดับโปรตีนมากขึ้นก็เจริญเติบโตสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าปลาได้รับโปรตีนมากเกินความต้องการกลับพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเท่าเดิมหรือลดลงเล็กน้อย Prather and Lovell (1973: 455-459) รายงานโปรตีนที่สัตว์น้ำได้รับมากเกินความจำเป็น โปรตีนส่วนที่เกินถูกเปลี่ยนและกักเก็บในรูปของพลังงาน (Catabolize) ส่งผลให้ให้ประสิทธิภาพในการนำโปรตีนมาใช้ลดลง

ทั้งนี้อุณหภูมิที่เลี้ยงอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหอยโข่ง Aufderheide et al. (2006: 12-16) รายงานว่าหอยทาก (Giant ramshorn snail, *Marisa cornuarietis*) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยง 25-28 องศาเซลเซียส Memon (2011: 25-28) ได้ศึกษาอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส หอยเชอรี่กินอาหารและเจริญเติบโตได้ดีกว่าที่ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Seuffert et al. (2010: 80-83) ได้รายงานว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หอยเชอรี่สามารถกินอาหารได้ดีที่สุด

และอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ในหอยโข่งที่ได้รับสูตรอาหารใบผักกาดหอมจะมีอัตรารอดสูงที่สุดร้อยละ 98.33 ซึ่งแตกต่างจากสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และต่ำที่สุดในสูตรอาหารที่ระดับโปรตีนร้อยละ 25 (ตารางที่ 4) เนื่องจากหอยโข่งมีการเคลื่อนที่เข้าหาอาหารและกินอาหารที่ช้า ทำให้อาหารที่ให้จะอยู่ในน้ำเป็นเวลานานอาจทำให้ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ (Brunty et al., 1997: 165) สอดคล้องกับการศึกษาของ Garr et al. (2011: 143-144) ที่ได้รายงานว่าอัตรารอดของหอยเชอรี่ (Apple snail, *Pomacea paludosa*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป (Catfish Diet) จะมีแนวโน้มอัตราการรอดที่ต่ำ (ร้อยละ 70.5) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสม Ulva Diet (ร้อยละ 86.5) ดังนั้นจึงควรให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับพืช เพื่อให้มีความคล้ายคลึงกับอาหารในธรรมชาติ

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของหอยโข่งในธรรมชาติ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการอนุบาลในโรงเรือนได้ ดังจะเห็นได้จากความหนาแน่นของหอยโข่งจากพื้นที่นาข้าวทั้งสองสถานีมีเพียง 2.0±0.97 และ 1.87±0.9 ตัวต่อตารางเมตร อาจเนื่องมาจากประชากรหอยโข่งในธรรมชาติค่อนข้างน้อย แต่ในความเป็นจริงสามารถพบหอยโข่งในความหนาแน่นที่สูงมากกว่านี้ การกำหนดอัตราความหนาแน่นของหอยโข่งในการทดลองสูตรอาหารที่ระดับความหนาแน่น 150 ตัวต่อตารางเมตร สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของหอยโข่งในสภาพโรงเรือนได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Garr et al. (2011: 143-144) ที่เลี้ยงหอยเชอรี่ (*Pomacea paludosa*) ในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่าหอยเชอรี่มีอัตราการเติบโตและอัตรารอดที่ดีที่ระดับความหนาแน่น 250 ตัวต่อตารางเมตร แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงที่ความหนาแน่นต่ำจะมีการเจริญเติบโตและอัตรารอดที่ดีกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง (Junior et al., 2013: 757-759; Aufderheide et al., 2006: 17-18) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า หอยโข่งที่ที่รวบรวมได้จากธรรมชาติสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในโรงเรือนและสามารถสืบพันธุ์และวางไข่ได้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับศึกษาแนวทางในการพัฒนาการเพาะพันธุ์และการเลี้ยงหอยโข่งต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. **สถิติฝนรายเดือนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ประมวลวิเคราะห์สถานการน้ำกรมชลประทาน, 2558.

โชคชัย เหลืองธุวปราณี. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** กรุงเทพมหานคร: โฟรเพซ, 2548.

ธนาทิพย์ แหลมคม. **สรีรวิทยาเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2557.

ธนาทิพย์ แหลมคม และคณะ. **การจัดการและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางการประมง.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

นุชจรินทร์ แกล้วกล้า และคณะ. "การสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานภาพการแพร่ระบาดของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกราน ในพื้นที่ชุ่มน้ำของภาคกลาง และภาคตะวันออก", **วารสารวิจัยรามคำแหง**. 15(1): 53-68; มกราคม-มิถุนายน, 2555.

ปราสาททอง พรมเกิด, ชมพูนุช จรรยาเพศ และเรวดี พรหมเกิด. "ผลจากการจำศีลต่อคุณภาพของอสุจิและอวัยวะสืบพันธุ์ในหอยเชอรี่เพศผู้", ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาวิทยาศาสตร์**. น.1-13. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

มนัส ลอศิริกุล และนพมาศ นามแดง. **ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น.** อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, มปป.

วีระชน สว่างไพเราะ และไพพรรณ แพเจริญ. **หอยเชอรี่ (Golden apple snail) ชีววิทยาผลกระทบและการจัดการ.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. **โภชนะศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

สุชาติ อุปถัมภ์ และคณะ. **สังขวิทยา.** กรุงเทพมหานคร: ศักดิโสภาการพิมพ์, 2538.

สมทรง สิทธิ. **การเลือกชนิดของพืชน้ำเป็นอาหารในหอยโข่งอเมริกาใต้ *Pomacae canaliculata***. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.

สมศักดิ์ ปัญหา. "กลไกการสืบพันธุ์ของหอยโข่ง *Pila ampullacea* (Linnaeus, 1758)", ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 23**. น.280-292. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.

สารภี มโนรักษ์. **ชีววิทยาบางประการของหอยไซ *Bithynia siamensis goniomphalos* Morelet**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

สมประสงค์ สิงค์ชาติ. **การศึกษาเบื้องต้นตารางชีวิตและคุณลักษณะทางชีววิทยาบางประการของหอยไซ *Bithynia siamensis goniomphalos* Morelet**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สยาม อรุณมณีเกตุ และธรรมศักดิ์ พัฒนพ่วง. "การประเมินความเสียหายอันเกิดจากการระบาดของหอยเชอรี่ในพื้นที่นาข้าวภาคเหนือของประเทศไทย", ใน **การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 2**. น.43-49. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

อรภา นาคจินดา และคณะ. **การใช้ประโยชน์จากหอยน้ำจืดในประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2548.

อุมาพร ทาไธสง. "ปรสิตก่อโรคที่ติดต่อผ่านทางอาหารและน้ำที่สำคัญในประเทศไทย", **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 17(2): 212-220; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2555.

อุษา ศรีใส ณรงค์ ทองเหล่ และเศกสิน ศรีใส. "การผลิตข้าวอินทรีย์โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรกรมพัฒนาที่ดิน", ใน **การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 2**. น.659-667. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2554.

Albretch, E.A., N.B. Carreno, and V.A. Castro. "A quantitative study of environmental factors influencing the seasonal onset of reproductive behavior in the South American apple *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae)", **Journal of Molluscan Studies.** 65(2): 241-250; May, 1999.

American Public Health Association (APHA). **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 21st ed. Washington D.C: American Public Health Association, 2005.

Aufderheide, J. R. and et al. "Effect of husbandry parameter on the life-history traits of the apple snail, *Marisa cornuarietis*: effect of temperature, photoperiod and population density", **Invertebrate Biology**. 125(1): 9-20; April, 2006.

Brandt, R.A.M. "Then non-marine aquatic Mollusca of Thailand. Archive for Molluskenkunde", **Archiv für Molluskenkunde.** 105: 1-423, 1974.

Brunty, J.L. and et al. "The influence of feed protein intake on tilapia ammonia production", **Aquacultural Engineering**. 16(3): 161–166; May, 1997.

Catalan, M., S.N. Fernandez and B. winik. "Oviductal structure and provision of egg envelop in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Prosobranchia, Ampullariidae)", **Biocell Journal.** 26(1): 91-100, 2002.

Catalan, M., and et al. "Pallia oviduct of *Pomacea canaliculata* (Gastopoda) ultrastructure studies of the parenchymal cellular types involved in the metabolism of perivitellins", **Cell Tissue research.** 324(3): 523-533; June, 2006.

Chaichana, R., and T. Sumpan. "The potential ecological impact of the exotic snail *Pomacea canaliculata* on the Thai native snail *Pila scutata*", **Science Asia.** 40(1): 11–15, 2014.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Elhasni, K. and et al. "Reproductive cycle of *Bolinus brandaris* (Gastropoda:Muricidae) in the Gulf of Gabes (Southern Tunisia)", **Mediterranean Marine Science.** 14(1): 24-35, 2013.

Estebenet, A. L., and N. J., Cazzaniga. "Growth and demography of *Pomacea canaliculata* (Gastopoda : Ampullaariidae) under laboratory condition", **Malacol Review.** 25(1): 1-12, 1992.

Estebenet, A. L. and P.R., Martin. "Workshop: Biology of Ampullariidae", **Biocell Journal**. 26(1): 83-89, 2002.

Garr, A.L., H. Lopez, R. Pierce, and M. Davis. "The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa*", **Aquaculture**. 311(1-4): 139–145; February, 2011.

Garr, A.L. and et al. "Development of a captive breeding program for the Florida apple snail, *Pomacea paludosa*: Relaxation and sex ratio recommendations", **Aquaculture**. 370–371(1): 166–171; December, 2012.

Google Maps. **แผนที่จังหวัดอุบลราชธานี.** https://www.google.co.th./map/@ 15°30'14.8"N, 105°19'13.1"E; 15°26'07.5"N105°14'30.2"E /data=5m11e4. January 15, 2016.

Hui, T.N.G., S.K. Tan and M.E. Y Low. "The family ampullariidae (Gastropoda : Caenogastropoda : Ampullariidae)", **Nature in Singapore Mollusca**. 7(1): 31–47; March, 2014.

Hussein, M.A. and et al. "Population dynamics of freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) at Qena Governorate, Upper Egypt", **Egypt Academic Journal of Biological Sciences**. 3(1): 11-22, 2011.

Junior, E.S. and et al. "The effect stocking density on growth of apple snail native *Pomacea bridgesii* and exotic *Pomacea lineata* (Mollusca, Gastropoda)", **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**. 85(2): 753-760; April-June, 2013.

Kazibwe, F. and et al. "Ecology of *Biomphalaria* (Gastropoda: Planorbidae) in Lake Albert, Western Uganda: snail distribution, infection with schistosomes and temporal associations with environmental dynamics", **Hydrobiologia**. 568(1): 433-444; June, 2006.

Keawjam, R.S. "Guide for the identification of freshwater snail of the family pilidae in Thailand", **Walkerana**. 2(8): 173-186, 1987.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Komalamisra, C, S. Nuamtanong and P. Dekumyoy. "*Pila ampullacea* and *Pomacea canaliculata*, as new paratenic hosts of *Gnathostoma spinigerum*", **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**. 40(2): 243-246; April, 2009.

Lovell, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand-Reinhold, 1989.

Malek, A.E. "Factors conditioning the Habitat of Bilharziasis Intermediate Hosts of the family Planorbidae", **Bulletin of the World Health Organization**. 18(5-6): 785-818, 1958.

Maximiliaon G. B., G.L., Carlos. And C.V. Alferdo. "Function anatomy of male copulatory organs of Poomacea canaliculata (Caenogastropoda, Ampullariidae)", **Zoomorphology**. 132(2): 129-143, 2013.

Mendosa, R., and et al. "Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesi* (Prosobranchia : Ampullariidae)", **The Veliger.** 42(1): 109-119; June, 1999.

Memon, U.N. and et al. "Food, feeding and growth of Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata*, Lamarck (Gastropoda: Ampullariidae)", **Sindh University Research Journal science Series**. 43(1): 25-28, 2011.

Nabhitabhata, J. **Checklist of Mollusca Fauna in in Thailand**. Bangkok: Office of natural Resources and environmental policy and planning, 2009.

Obande R.A., S. Omeji and I. Isiguso. "Poximate composition and mineral content of the fresh water snail (*Pila ampullacae*) from River Benue, Nigeria", **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**. 2(6): 43-46; January, 2013.

Ofoezie, I. E. "Distribution of freshwater snails in the man-made Oyan Reservoir, Ogun State, Nigeria", **Hydrobiologia**. 416(0): 181-191, 1999.

Olaguer, I.L. and T.U. Bagarinao. "Gonadal maturation, fecundity, spawning, and timeing of reproduction in the mud snail, *Cerithidea cingulata*, a pest in milkfish ponds in the Philippines", **Invertebrate Reproduction and Development**. 39(3): 195-207, 2001.

Posch, H. and et al. "The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snail, *Pomacea paludosa*", **Aquaculture.** 360-361(1-4): 37-40; September, 2012.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Prather, E.E. and Lovell, R.T. "Response of intensively fed channel catfish to diets containing various protein-energy ratios" **southeastern association of game and fish commissioners.** 27: 455–459, 1973.

R development team. "R Project", **The R Project for Statistical Computing.** http://www.r-project.org. January 20, 2011.

Serra A.B. "The use of golden snail (*Pomacea* sp.) as animal feed in the Philippines" **Tropicultura.** 15(1): 40-43, 1997.

Seuffert, M.E., S. Burela and P.R. Martín. "Influence of water temperature on the activity of the freshwater snail, *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) at its southernmost limit (Southern Pampas, Argentina)", **Journal of Thermal Biology**. 35(2): 77–84; February, 2010.

Sumpan, T. and R. Chaichana. "The Competition between golden apple snail (*Pormacea canaliculata*) and Thai native apple snail *Pila scutata* (*Pila ampullacea*) and Its Effects on Their Growth", **Graduate Research conference Khon Kaen University**. 15(1): 426-433; February, 2013.

Suwannatrai, A. and et al. "Effect of soil surface salt on the density and distribution of the snail (*Bithynia siamensis goniomphalos*) in Northeast Thailand", **Geospatial Health.** 5(2): 183-190; May, 2011.

Tan, S.K., Y.L. Lee, and T.H. Ng. "The status of the Apple snail, *Pila scutata* (Gastropoda: Ampullariidae) in Singapore", **Nature in Singapore**. 6: 135–141; April, 2013.

Tanaka, K. and et al. "Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata* : A density manipulation experiment in a paddy field", **Researches on Population Ecology.** 41(3): 253-262; December, 1999.

Thaewnon-ngiw, B. N. and et al. "Distribution of *Pila polita* in a Southern Province of Thailand", **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**. 34(2): 128-130, 2003.

Utzinger, J.C. and et al. "Evaluation of chemical and physical morphological factors as potential determinants of Biomphalaria pfefferi (Krauss, 1848) distribution", **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Janeiro.** 92(3): 323-328; May-June, 1997.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Vasconcelos P. and et al. "Reproductive cycle of *Bolinus brandaris* (Gastopoda: Muricidae) in the Ria Formosa lagoon (southern Portugal)", **Aquatic biology** 16(1): 69-83, 2012.

Wayne, N.L. "Regulation of seasonal reproduction in mollusks", **Journal of Biological Rhythms**. 16(4): 391-402, 2001.

Wang, Y.C. and et al. "An ecological study of *Bithynia* snails, the first intermediate host of *Opisthorchis viverrini* in northeast Thailand", **Acta Tropical journal**. 141(B): 244-252; January, 2015.

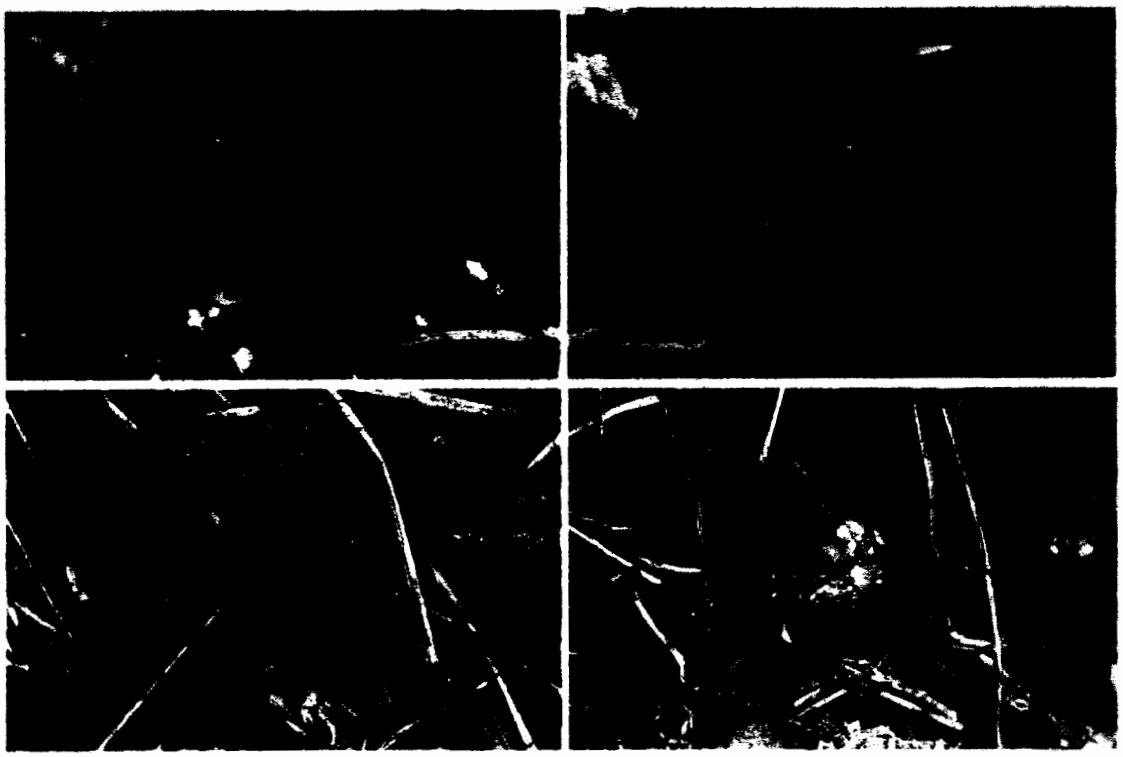
Wu J. Y. and et al. "Reproduction and juvenile Growth of the Invasive Apple Snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) inTaiwan", **Zoological Study**. 50(1): 61-68, 2011.

ภาคผนวก

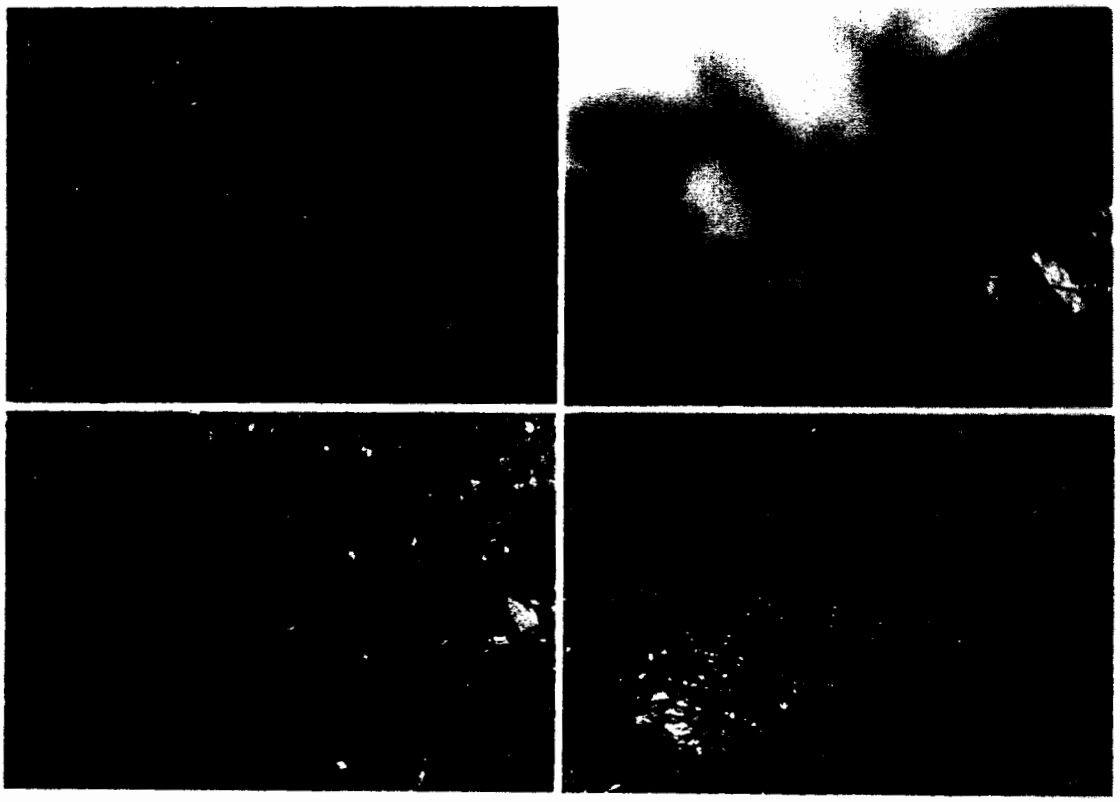
ภาคผนวก ก
สถานที่ศึกษา การเก็บตัวอย่าง และพฤติกรรมของหอยโข่งในธรรมชาติ

ภาพที่ ก.1 สถานที่เก็บตัวอย่างสถานีบ้านหนองขุ่น อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี

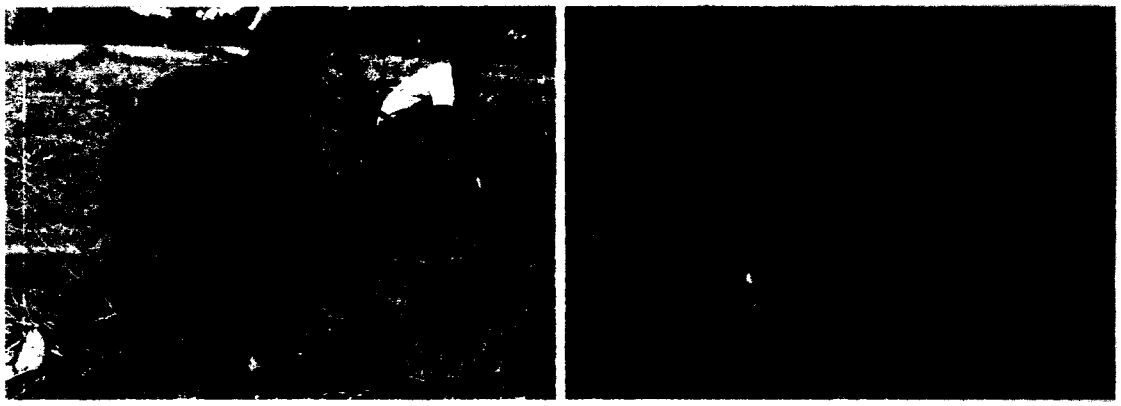
ภาพที่ ก.2 สถานที่เก็บตัวอย่างสถานีบ้านคำเตย อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ ก.3 พฤติกรรมของหอยโข่งช่วงเริ่มจำศีล และช่วงขึ้นจากการจำศีล

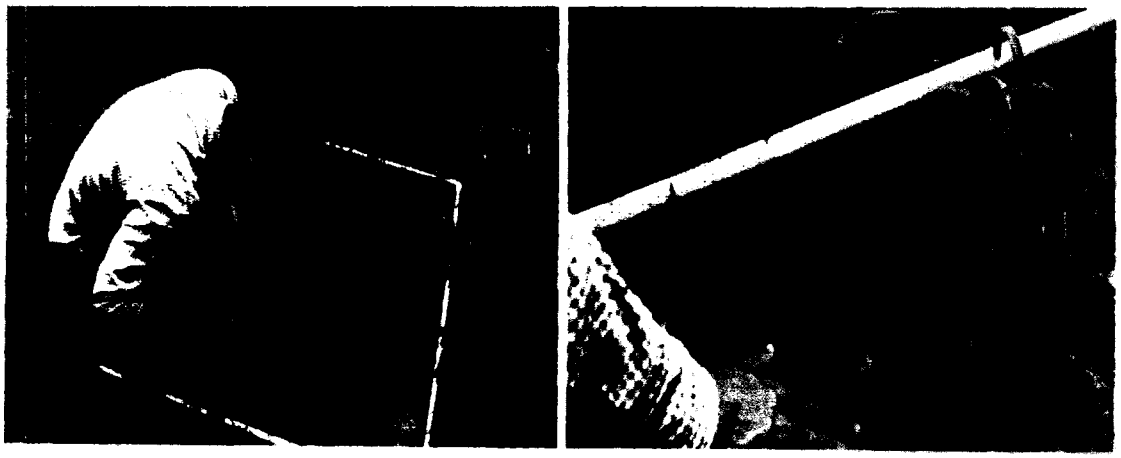


ภาพที่ ก.4 พฤติกรรมของหอยโข่งช่วงฤดูฝน

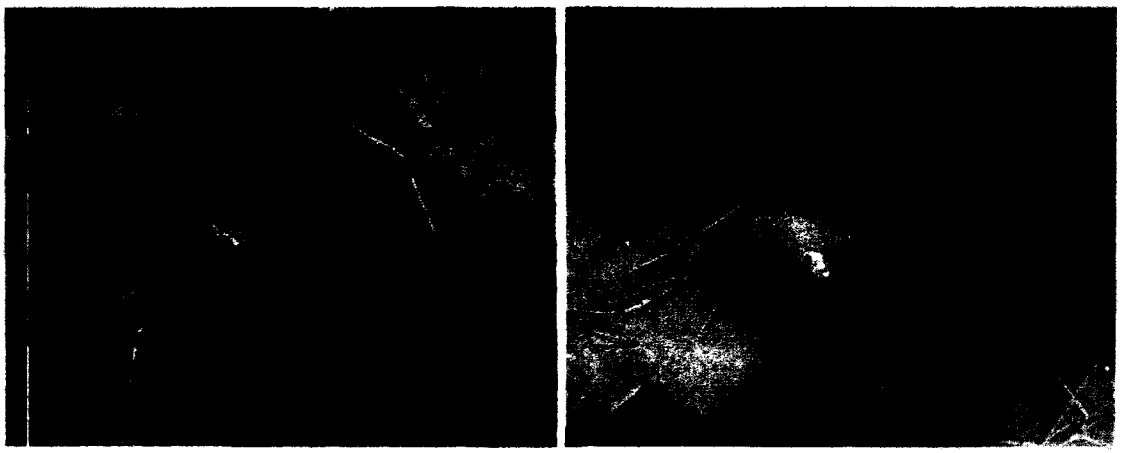


ภาพที่ ก.5 การเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้ง

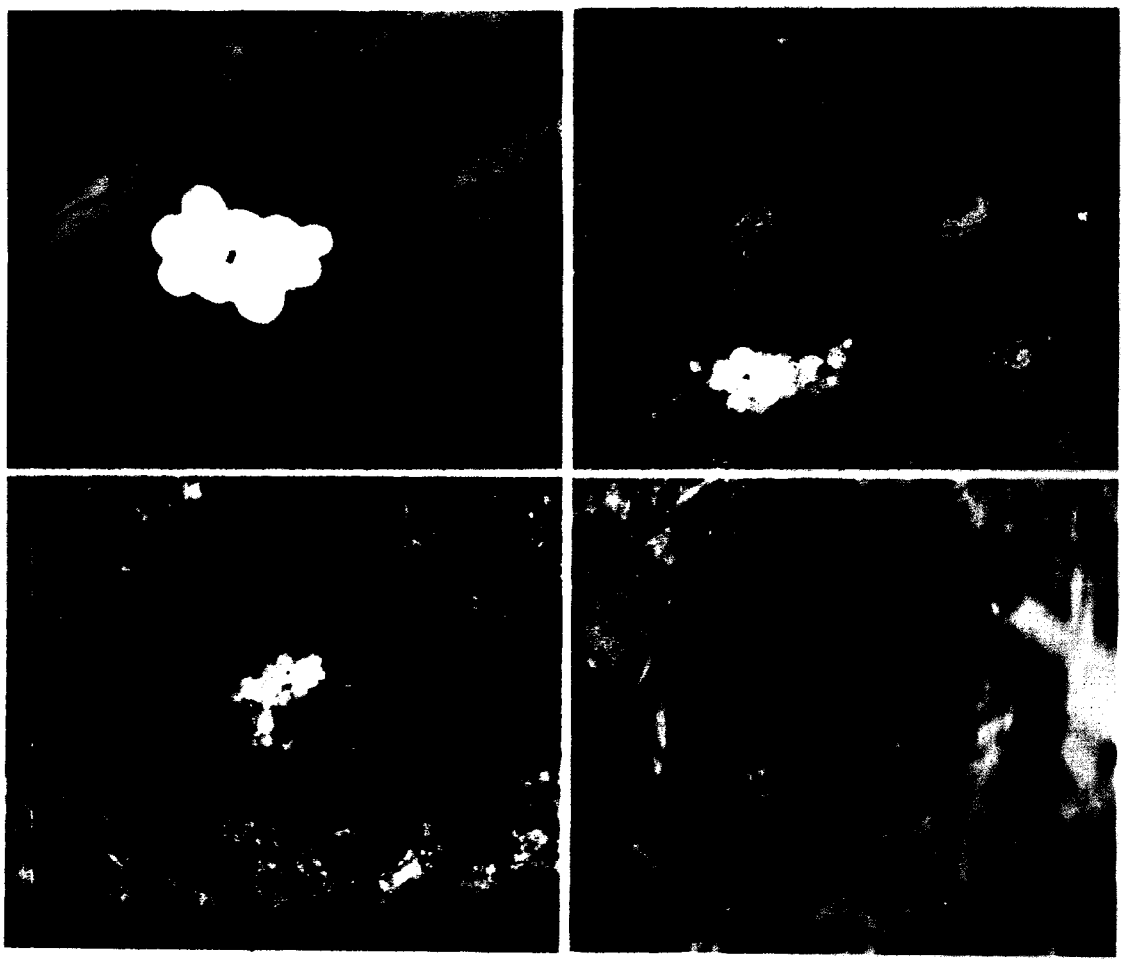
ภาพที่ ก.6 การเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน



ภาพที่ ก.7 การเก็บตัวอย่างโดยใช้กรอบพลาสติก

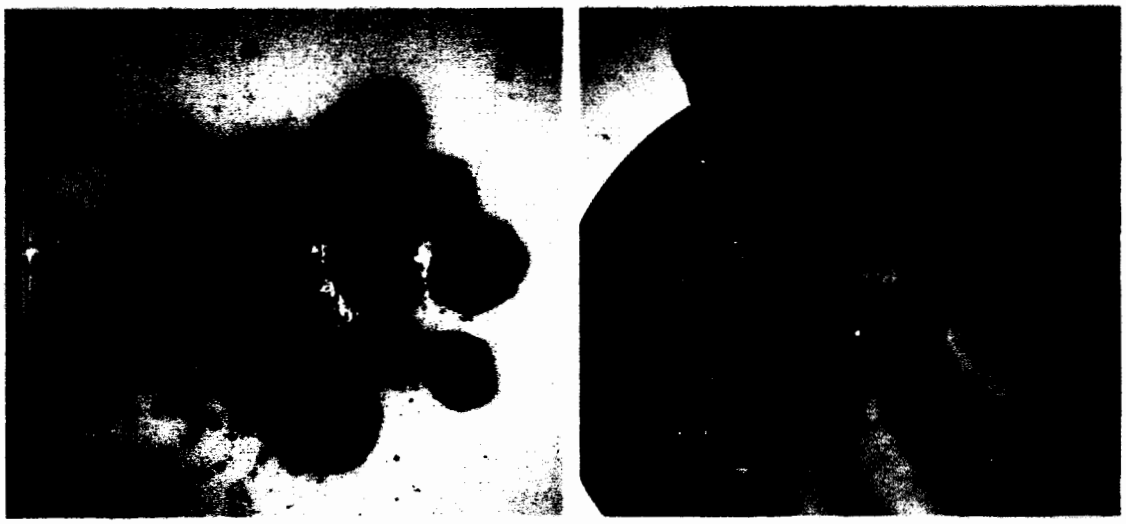


ภาพที่ ก.8 การสืบพันธุ์ของหอยโข่งในธรรมชาติ

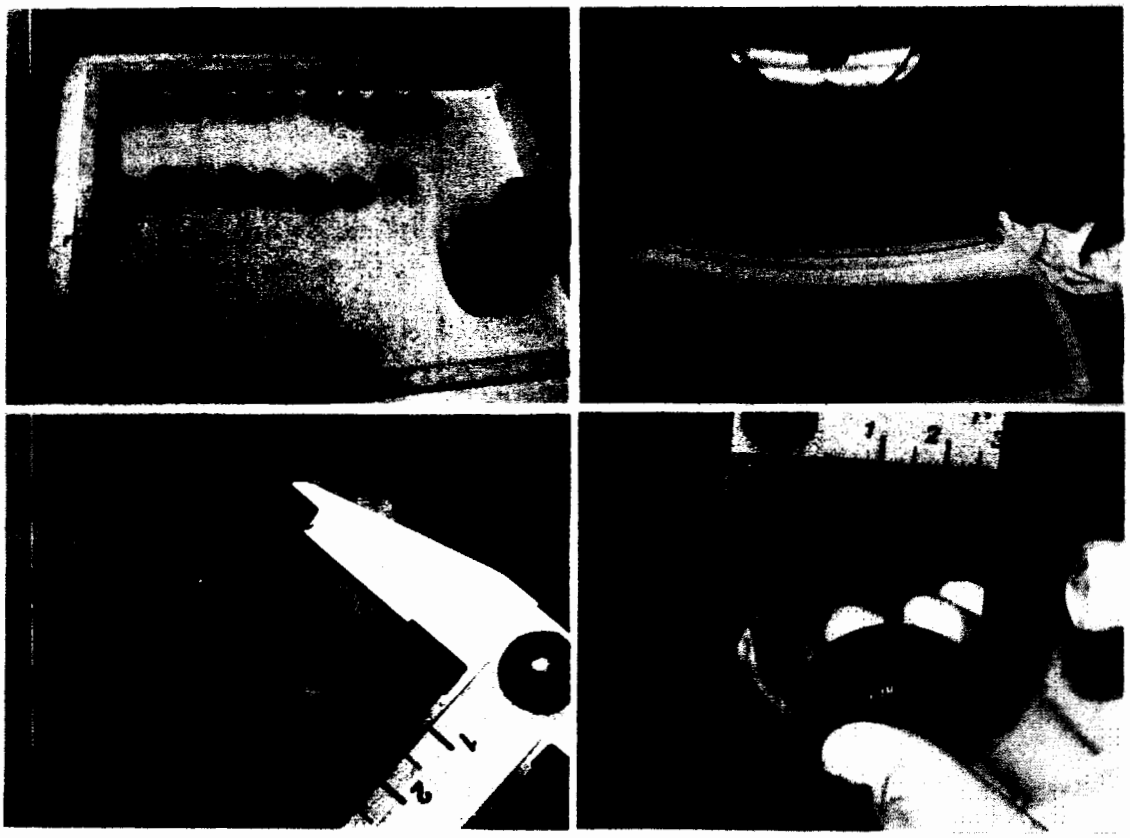


ภาพที่ ก.9 การวางไข่ของหอยโข่งในธรรมชาติ

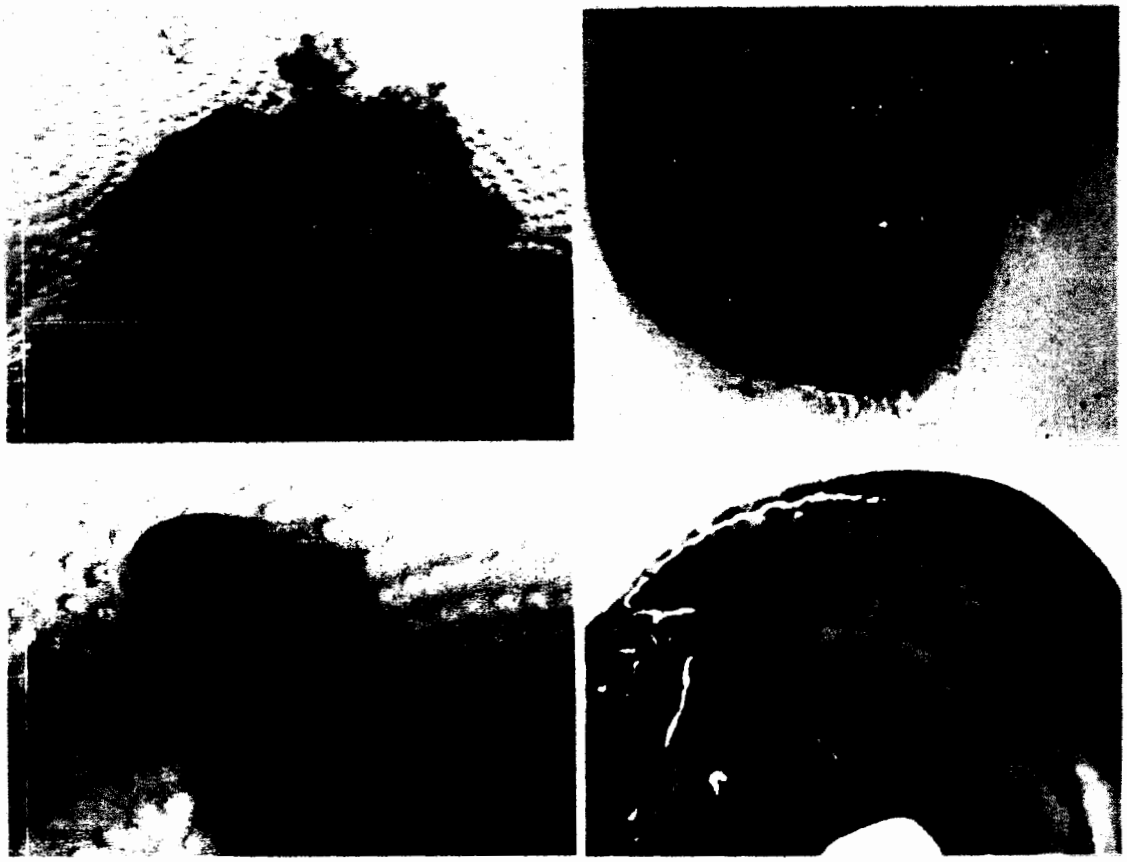
ภาคผนวก ข
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ



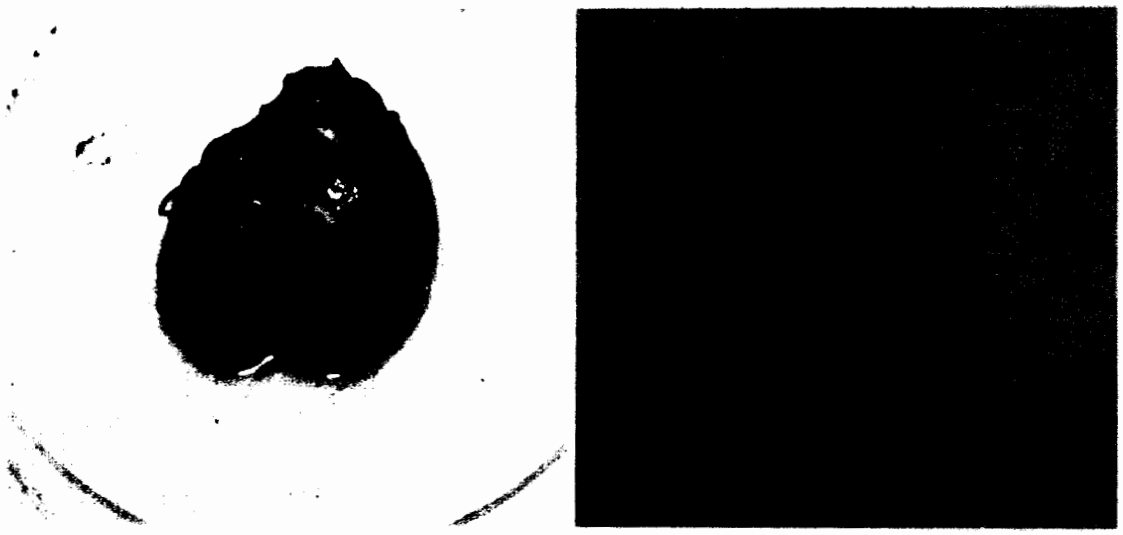
ภาพที่ ข.1 การทำความสะอาดตัวอย่างจากธรรมชาติ



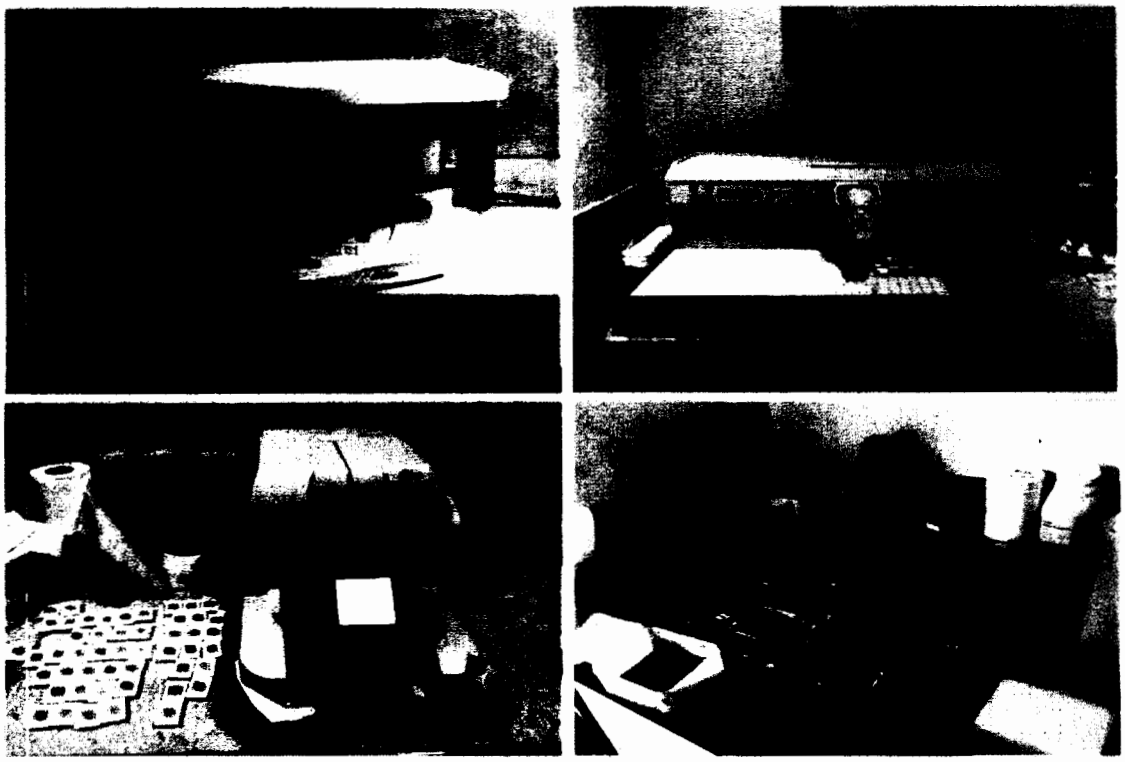
ภาพที่ ข.2 การเตรียมตัวอย่าง ชั่งน้ำหนัก วัดความยาวและความกว้างของหอยโข่ง



ภาพที่ ข.3 อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศเมีย



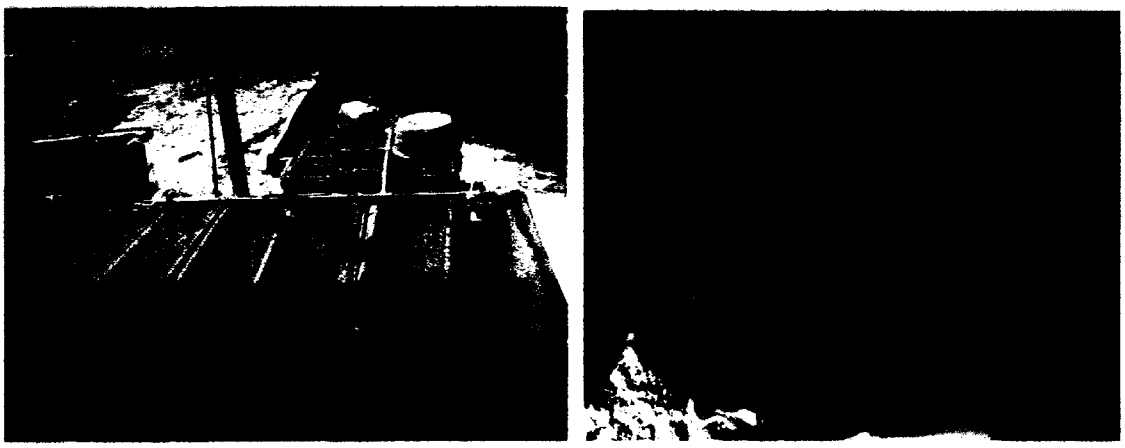
ภาพที่ ข.4 อวัยวะสืบพันธุ์ของหอยโข่งเพศผู้



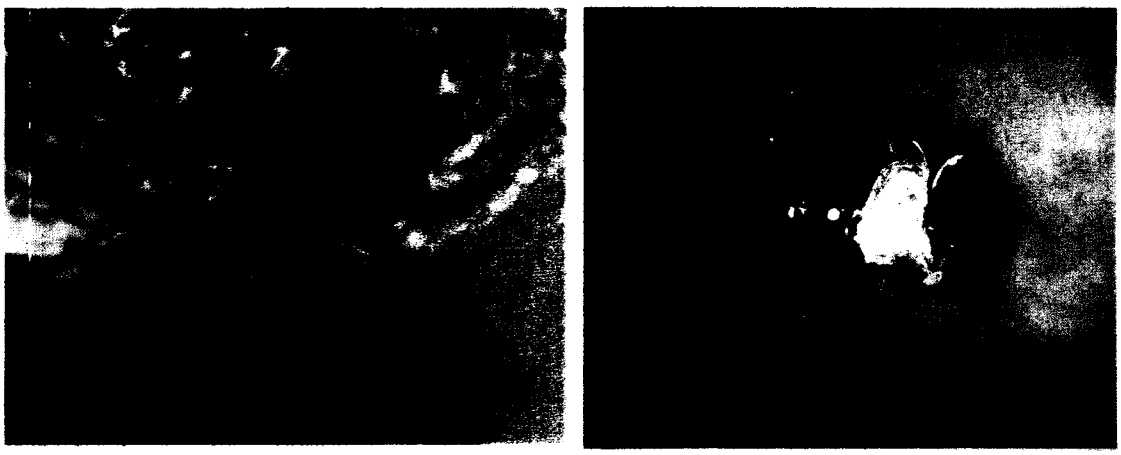
ภาพที่ ข.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ

ภาพที่ ข.6 การศึกษาคุณภาพน้ำและดิน

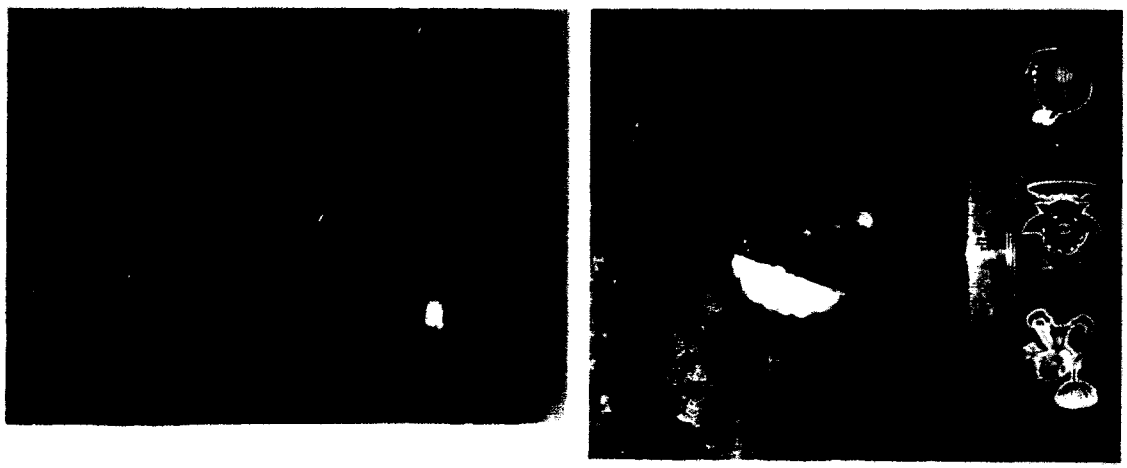
ภาคผนวก ค
การเพาะพันธุ์และการเลี้ยงหอยโข่งในห้องปฏิบัติการ



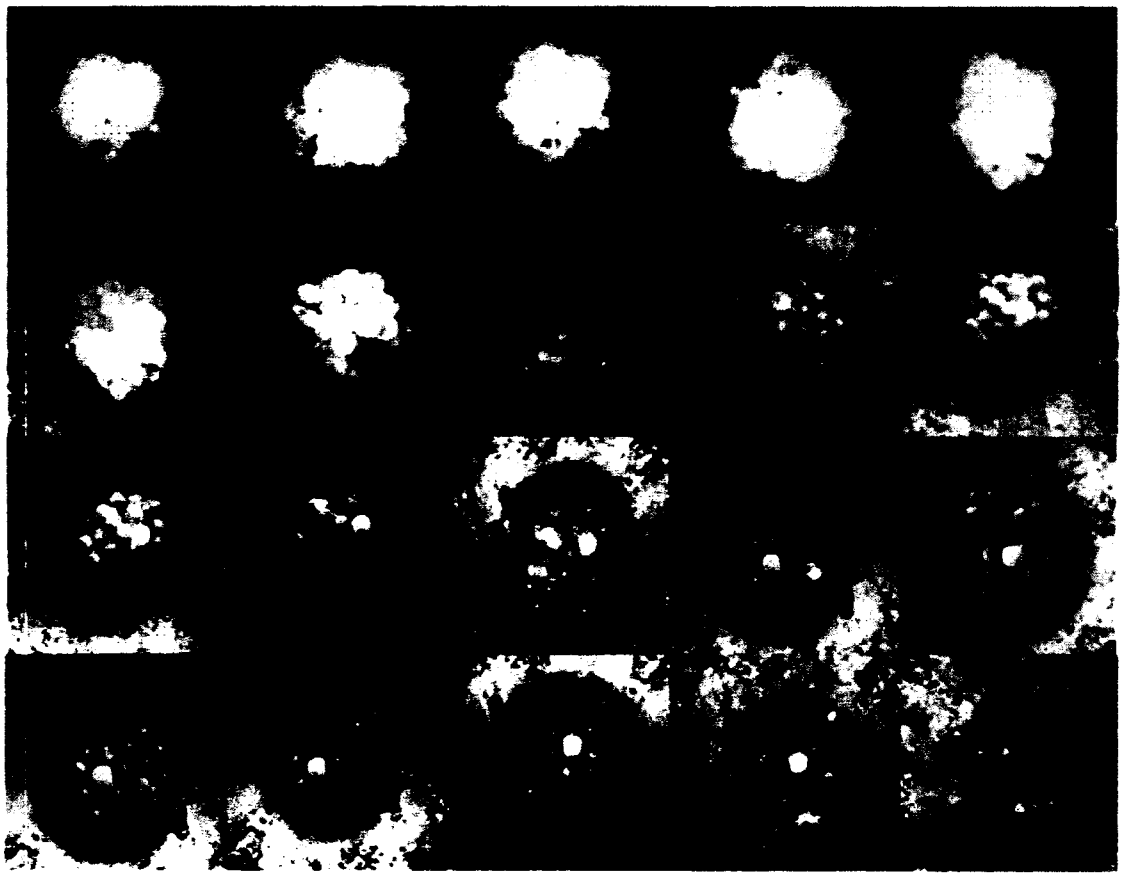
ภาพที่ ค.1 ถังเพาะพันธุ์หอยโข่งพ่อแม่พันธุ์



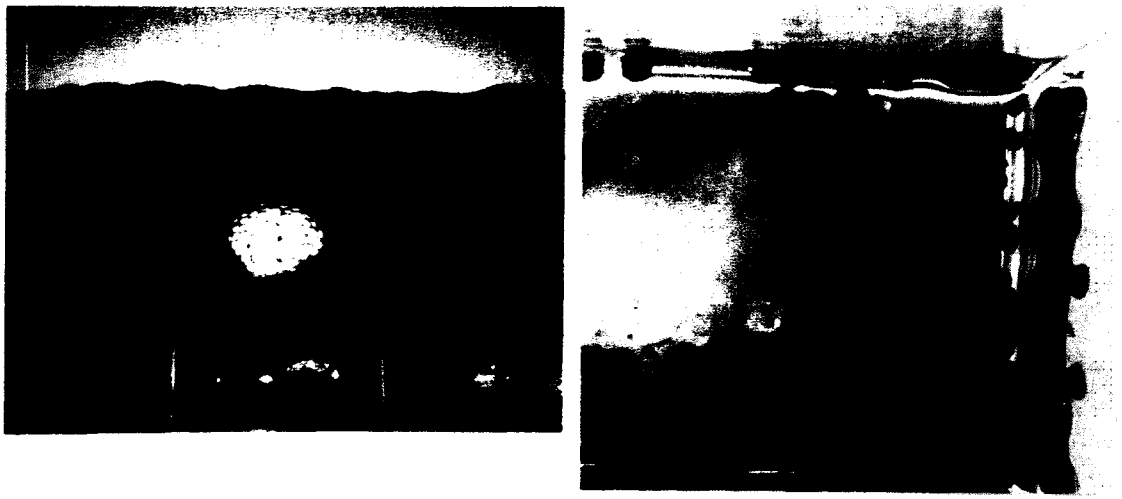
ภาพที่ ค.2 การกินอาหารและการสืบพันธุ์ของหอยโข่งในบ่อเพาะพันธุ์



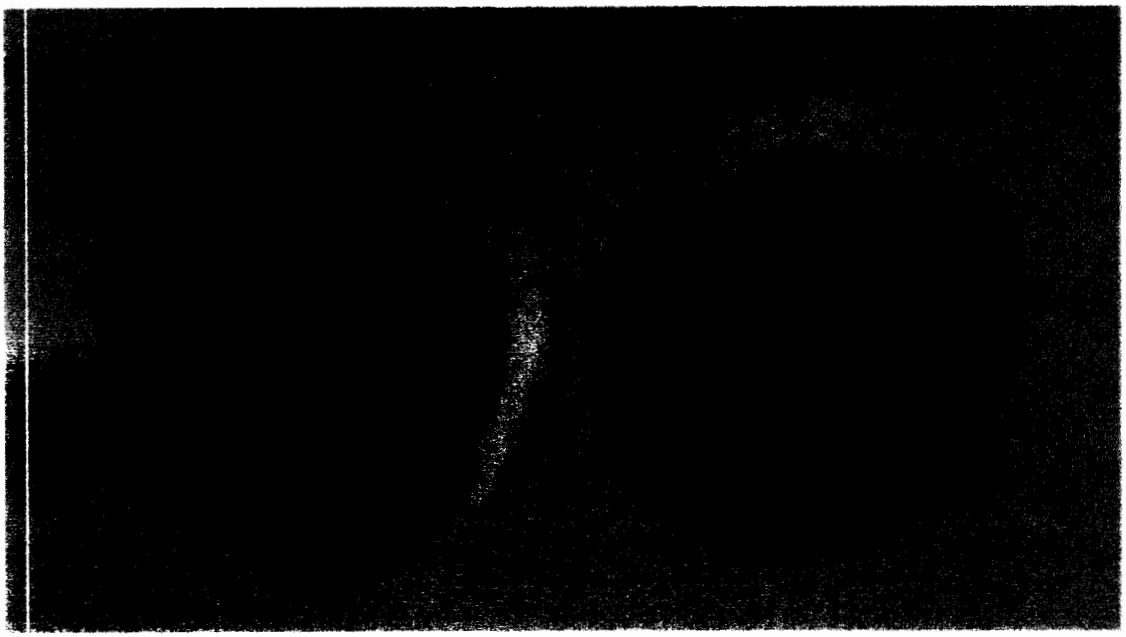
ภาพที่ ค.3 การวางไข่ของหอยโข่งในถังเพาะพันธุ์



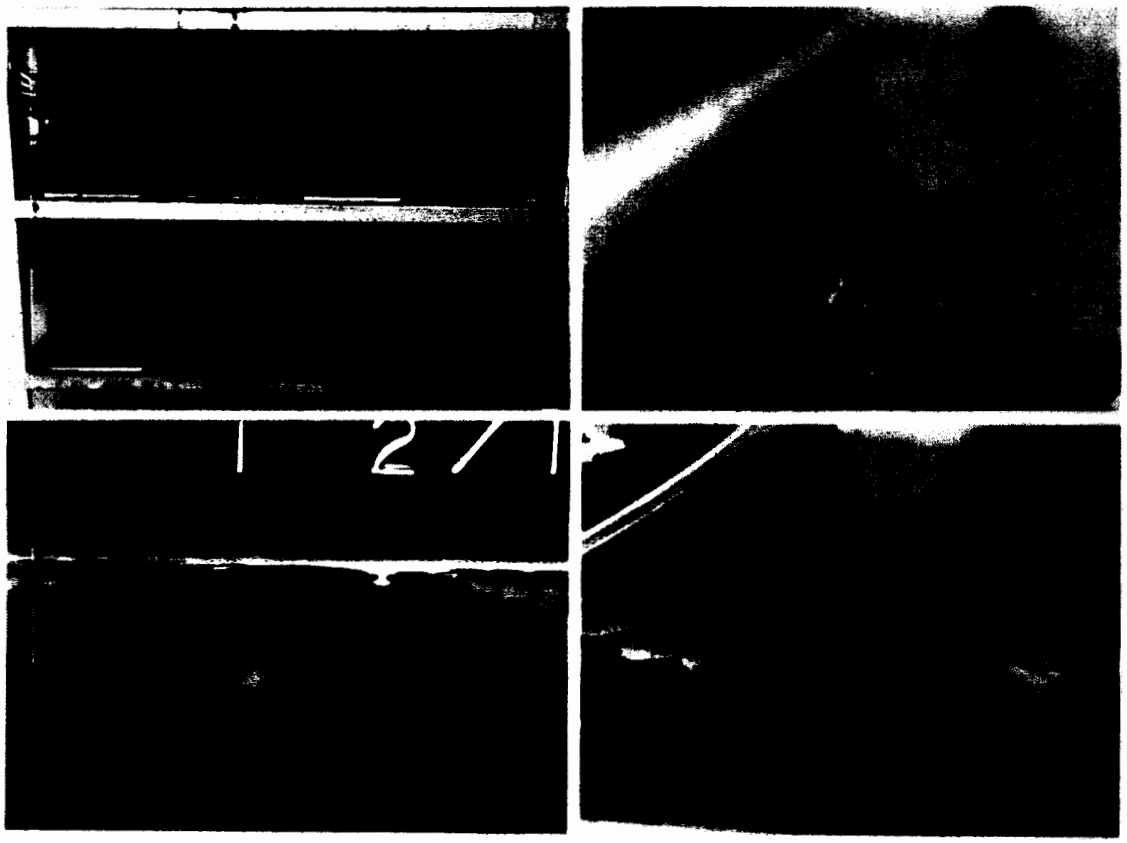
ภาพที่ ค.4 การพัฒนาของไข่หอยโข่งระยะเวลา 20 วัน



ภาพที่ ค.5 การฟักไข่ และหอยโข่งแรกฟัก



ภาพที่ ค.6 ลูกหอยโข่งที่ยังอยู่ในไข่



ภาพที่ ค.6 ตู้กระจกสำหรับเลี้ยงหอยโข่ง และหอยโข่งที่กินอาหารแบบต่างๆ

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักหอยโข่งที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 120 วัน

Time (Day)	Weight (g)			
	control	15 % protein	25 % protein	40 % protein
30	0.507±0.002^{b}	0.761±0.098^{a}	0.636±0.074^{a}	0.660±0.058^{a}
60	0.835±0.021^{c}	1.542±0.099^{a}	1.199±0.211^{b}	1.102±0.083^{b}
90	1.060±0.070^{d}	2.324±0.150^{a}	1.872±0.101^{b}	1.597±0.140^{c}
120	1.643±0.151^{d}	3.596±0.241^{a}	2.678±0.078^{b}	2.255±0.209^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างในแนวคอลัมน์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ค.2 ความยาวหอยโข่งที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 120 วัน

Time (Day)	Length (mm)			
	control	15 % protein	25 % protein	40 % protein
30	12.224±0.212^{b}	13.705±0.577^{a}	12.753±0.568^{b}	12.958±0.494^{ab}
60	14.388±0.137^{c}	17.195±0.389^{a}	15.621±0.987^{b}	15.350±0.461^{bc}
90	15.292±0.438^{d}	19.747±0.481^{a}	18.450±0.634^{b}	17.189±0.619^{c}
120	17.620±0.766^{c}	22.652±0.554^{a}	20.400±0.365^{b}	19.280±0.618^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างในแนวคอลัมน์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ ค.3 ความกว้างหอยโข่งที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างกัน 120 วัน

Time (Day)	Wide (mm)			
	control	15 % protein	25 % protein	40 % protein
30	11.051±0.098^{c}	12.380±0.434^{a}	11.634±0.369^{bc}	11.711±0.381^{b}
60	13.216±0.130^{c}	15.603±0.452^{a}	14.192±0.746^{b}	13.942±0.307^{bc}
90	14.180±0.262^{d}	17.790±0.514^{a}	16.699±0.392^{b}	15.639±0.465^{c}
120	16.200±0.497^{d}	20.444±0.775^{a}	18.650±0.180^{b}	17.513±0.556^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างในแนวคอลัมน์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาคผนวก ง

น้ำหนัก ความยาว ความกว้าง และดัชนีความสมบูรณ์เพศของหอยโข่ง

ตารางที่ ง.1 น้ำหนัก ความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านหนองขุ่น

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Apr	F	37.46	35.10	14.541	5.484	0.148	2.699
Apr	F	26.13	23.49	3.880	2.071	0.023	1.111
Apr	F	34.47	32.42	9.305	4.375	0.665	15.200
Apr	F	31.98	29.37	7.758	3.246	0.269	8.287
Apr	F	31.01	28.86	7.375	2.904	0.054	1.860
Apr	F	30.59	29.21	7.603	4.034	0.337	8.354
Apr	F	27.58	25.79	3.654	1.637	0.034	2.077
Apr	F	26.83	25.59	4.415	2.045	0.068	3.325
Apr	F	25.94	24.20	3.737	1.871	0.267	14.270
May	F	37.47	33.71	13.738	5.835	0.677	11.602
May	F	30.16	27.13	6.128	2.663	0.028	1.051
May	F	34.56	31.90	12.025	5.334	1.001	18.766
May	F	34.03	33.70	13.221	6.175	0.695	11.255
May	F	34.14	31.85	12.466	5.233	0.558	10.663
May	F	27.82	26.00	6.072	2.314	0.010	0.432
May	F	29.54	27.89	8.070	3.275	0.292	8.916
May	F	36.91	32.61	12.308	5.237	1.019	19.458
May	F	32.51	29.57	9.530	3.337	0.107	3.206
May	F	35.24	31.88	11.151	5.750	0.871	15.148
May	F	35.91	33.18	11.351	4.785	0.118	2.466
Jun	F	36.85	33.88	13.070	6.875	0.837	12.175
Jun	F	32.03	29.07	12.260	4.274	0.480	11.231
Jun	F	35.79	31.26	12.868	5.214	1.539	29.517
Jun	F	25.30	23.19	4.462	1.485	0.070	4.714
Jun	F	40.02	36.10	15.554	7.763	1.482	19.091
Jun	F	37.13	33.71	15.562	5.324	0.307	5.766
Jun	F	30.04	27.08	7.027	3.408	0.110	3.228
Jun	F	35.75	31.27	12.144	4.847	0.414	8.541
Jul	F	35.58	32.80	11.810	4.914	0.145	2.951
Jul	F	37.64	34.13	13.461	6.227	0.790	12.687

ตารางที่ ง.2 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านหนองขุ่น (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Jul	F	37.29	34.02	11.508	4.406	0.122	2.769
Jul	F	36.25	35.19	14.546	6.944	1.825	26.282
Jul	F	36.77	35.49	13.652	5.980	0.196	3.278
Jul	F	33.65	30.82	10.380	4.022	0.124	3.083
Jul	F	32.64	29.56	9.022	2.501	0.068	2.719
Jul	F	32.05	30.95	8.943	3.607	0.119	3.299
Jul	F	41.90	36.89	16.938	7.249	1.612	22.238
Jul	F	42.93	39.27	20.975	8.765	2.501	28.534
Aug	F	36.77	35.60	17.521	9.003	0.427	4.743
Aug	F	40.14	36.04	19.472	8.632	0.555	6.430
Aug	F	30.83	27.70	7.939	3.501	0.068	1.942
Aug	F	30.22	27.63	7.484	2.585	0.048	1.857
Aug	F	33.91	31.77	11.560	3.981	0.126	3.165
Aug	F	30.78	28.62	8.222	2.911	0.098	3.367
Aug	F	40.45	37.09	19.275	8.469	2.052	24.230
Aug	F	30.50	29.70	9.582	2.959	0.113	3.819
Aug	F	33.09	30.90	10.703	3.982	0.595	14.942
Aug	F	34.25	30.64	11.016	3.857	0.160	4.148
Aug	F	30.18	29.13	9.634	3.470	0.661	19.049
Sep	F	40.92	38.53	22.868	11.892	1.215	10.217
Sep	F	36.19	33.97	14.610	7.436	0.732	9.844
Sep	F	35.32	32.20	12.198	4.167	0.167	4.008
Sep	F	32.96	28.92	9.651	4.938	0.736	14.905
Sep	F	29.73	27.94	7.757	3.615	0.117	3.237
Sep	F	29.18	26.95	7.502	3.754	0.169	4.502
Sep	F	28.19	25.04	5.967	3.185	0.090	2.826
Sep	F	32.69	30.80	11.527	5.813	0.658	11.319
Sep	F	34.17	32.67	13.553	6.443	0.361	5.603
Sep	F	28.99	26.28	6.931	3.283	0.100	3.046
Sep	F	28.67	28.01	8.556	4.240	0.543	12.807

ตารางที่ ง.3 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านหนองขุ่น (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Nov	F	33.51	29.89	10.623	3.945	0.074	1.876
Nov	F	34.02	29.98	10.153	4.192	0.088	2.099
Nov	F	38.88	36.36	15.645	5.314	0.104	1.957
Nov	F	33.27	30.70	11.641	6.242	0.134	2.147
Apr	M	26.06	24.19	4.504	2.110	0.058	2.749
Apr	M	22.28	20.22	2.778	1.238	0.021	1.696
Apr	M	26.98	25.72	4.140	1.957	0.062	3.168
Apr	M	27.65	25.52	5.270	2.113	0.058	2.745
Apr	M	28.26	26.83	5.272	2.350	0.114	4.851
Apr	M	26.75	23.97	2.392	3.931	0.095	2.417
May	M	32.36	29.62	9.033	3.444	0.327	9.495
May	M	24.09	21.30	3.775	1.267	0.082	6.472
May	M	27.70	26.31	7.084	2.968	0.308	10.377
May	M	26.61	24.41	5.095	1.985	0.148	7.456
May	M	29.03	27.03	8.075	3.508	0.259	7.383
May	M	27.10	23.86	4.343	1.692	0.148	8.747
May	M	25.44	22.28	3.930	1.763	0.151	8.565
Jun	M	30.72	27.34	19.390	3.778	0.265	7.014
Jun	M	30.18	26.65	16.220	2.692	0.283	10.513
Jun	M	33.37	30.78	10.711	3.721	0.272	7.310
Jun	M	29.64	27.83	8.185	3.054	0.186	6.090
Jun	M	33.27	30.79	8.983	3.312	0.189	5.707
Jun	M	23.74	21.71	3.963	1.303	0.046	3.530
Jun	M	30.94	28.86	8.436	3.242	0.271	8.359
Jul	M	36.00	33.73	11.699	4.092	0.760	18.573
Jul	M	30.66	29.17	7.835	2.991	0.091	3.042
Jul	M	30.05	27.32	7.068	2.624	0.151	5.755
Jul	M	27.60	25.98	5.448	2.247	0.146	6.498
Jul	M	28.13	26.04	5.049	2.031	0.076	3.742
Jul	M	31.66	29.92	8.406	3.203	0.145	4.527

ตารางที่ ง.4 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านหนองขุ่น (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Jul	M	28.22	25.35	5.151	1.795	0.167	9.304
Jul	M	30.17	26.90	55.340	2.202	0.101	4.587
Jul	M	29.96	28.54	6.628	2.697	0.184	6.822
Jul	M	28.53	26.07	5.016	2.012	0.102	5.070
Aug	M	31.39	28.21	8.349	2.721	0.177	6.505
Aug	M	33.38	32.10	11.348	3.916	0.122	3.115
Aug	M	24.14	22.91	4.863	1.391	0.045	3.235
Aug	M	29.24	27.26	7.702	2.495	0.055	2.204
Aug	M	29.88	27.88	7.262	2.632	0.066	2.508
Aug	M	27.96	26.34	6.544	1.784	0.092	5.157
Aug	M	25.24	23.06	4.516	1.537	0.088	5.725
Aug	M	29.20	27.13	7.318	3.094	0.158	5.107
Aug	M	26.23	25.79	6.732	2.755	0.144	5.227
Sep	M	34.46	33.61	13.892	6.071	0.422	6.951
Sep	M	28.20	27.23	7.541	3.464	0.239	6.900
Sep	M	28.10	25.08	6.307	3.445	0.301	8.737
Sep	M	35.22	32.23	12.330	2.744	0.118	4.300
Sep	M	27.65	26.17	6.284	4.789	0.177	3.696
Sep	M	28.13	24.06	5.534	2.653	0.113	4.259
Sep	M	25.76	24.44	5.051	2.395	0.197	8.225
Sep	M	27.49	25.22	6.235	2.951	0.143	4.846
Sep	M	25.99	23.68	5.165	2.539	0.188	7.404
Oct	M	34.32	33.18	10.124	4.357	0.177	4.062
Oct	M	37.54	35.46	14.931	4.210	0.252	5.986
Oct	M	30.11	27.99	7.987	4.512	0.566	12.544
Nov	M	36.02	32.93	13.090	5.287	0.273	5.164

ตารางที่ ง.5 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านคำเตย

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Apr	F	28.02	27.17	5.502	2.451	0.106	4.325
Apr	F	32.72	30.56	7.256	3.425	0.212	6.190
Apr	F	35.56	33.32	9.801	4.802	0.512	10.662
Apr	F	27.36	26.23	3.712	2.020	0.102	5.050
Apr	F	26.53	25.97	4.311	2.156	0.081	3.757
May	F	64.95	60.75	83.381	32.256	9.653	29.926
May	F	31.95	30.33	10.113	3.495	0.018	0.515
May	F	30.33	25.20	57.890	3.229	0.039	1.208
May	F	29.47	26.33	6.414	3.272	0.062	1.895
May	F	27.98	25.61	5.412	2.257	0.014	0.620
May	F	24.41	21.74	3.616	1.110	0.009	0.811
May	F	31.58	28.61	8.453	3.380	0.128	3.787
Jun	F	31.79	30.30	10.459	4.705	0.966	20.531
Jun	F	26.09	25.40	6.521	2.363	0.045	1.904
Jun	F	23.01	20.95	3.933	1.330	0.012	0.902
Jun	F	22.78	21.25	3.692	1.450	0.018	1.241
Jul	F	35.27	33.19	14.468	6.816	1.621	23.782
Jul	F	32.65	32.10	10.246	3.326	0.137	4.119
Jul	F	30.74	27.64	8.189	2.403	0.049	2.039
Jul	F	30.50	27.48	8.877	3.857	1.469	38.087
Jul	F	40.65	37.35	18.221	6.275	0.454	7.235
Jul	F	31.79	29.90	10.243	4.042	0.589	14.572
Jul	F	36.63	34.06	13.869	5.484	1.637	29.850
Jul	F	29.22	26.81	7.712	2.870	0.054	1.882
Jul	F	41.44	39.23	23.468	8.591	0.588	6.844
Aug	F	41.21	38.32	20.576	6.271	0.258	4.114
Aug	F	32.23	29.34	9.176	3.975	0.188	4.730
Aug	F	37.45	35.10	15.136	5.730	0.240	4.188
Aug	F	36.60	32.77	12.496	3.175	0.033	1.039
Aug	F	43.27	39.90	21.649	8.218	0.398	4.843

ตารางที่ ง.6 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านคำเตย (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Aug	F	48.85	44.91	35.599	14.542	3.233	22.232
Aug	F	41.78	38.72	20.122	6.841	1.107	16.182
Aug	F	38.67	35.03	16.588	7.547	1.537	20.366
Aug	F	45.60	40.76	24.455	4.953	0.432	8.722
Aug	F	35.30	33.71	14.232	4.771	0.257	5.387
Sep	F	40.86	38.44	19.943	10.728	1.520	14.169
Sep	F	34.29	30.45	10.594	4.590	0.075	1.634
Sep	F	41.73	39.42	21.305	10.587	1.038	9.804
Sep	f	41.89	39.48	22.174	12.572	1.294	10.293
Sep	F	38.67	35.38	16.075	8.641	0.853	9.872
Sep	F	36.35	35.14	14.912	7.361	0.677	9.197
Oct	F	41.39	38.82	21.988	10.019	0.795	7.935
Oct	F	35.60	34.30	16.044	6.372	0.610	9.573
Oct	F	29.03	28.62	8.774	3.645	0.035	0.960
Oct	F	26.15	24.33	5.265	1.760	0.020	1.136
Sep	F	42.26	37.74	19.804	9.989	1.193	11.943
Nov	F	39.78	37.82	24.734	7.656	0.333	4.350
Nov	F	41.98	40.56	32.027	13.916	2.621	18.834
Nov	F	42.67	39.85	23.656	8.775	0.437	4.980
Nov	F	32.67	31.45	10.498	4.719	0.123	2.606
Nov	F	32.49	30.26	11.706	4.233	0.047	1.110
Apr	M	21.11	20.26	2.489	1.462	0.062	4.241
Apr	M	24.44	23.56	3.800	2.861	0.098	3.425
May	M	33.66	33.40	12.472	5.338	0.457	8.561
May	M	28.23	25.41	6.173	2.553	0.151	5.915
May	M	29.52	27.94	70.780	3.190	0.181	5.674
May	M	27.53	24.59	5.362	2.376	0.245	10.311
Jun	M	32.15	28.92	10.483	2.650	0.316	11.925
Jun	M	32.80	30.06	11.119	3.062	0.231	7.544
Jun	M	29.76	27.63	7.811	2.955	0.346	11.709

ตารางที่ ง.7 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านคำเตย (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Jun	M	28.51	26.35	5.807	2.135	0.101	4.731
Jun	M	30.15	28.67	8.828	3.302	0.399	12.084
Jun	M	33.81	30.43	11.186	3.501	0.300	8.569
Jul	M	25.72	24.17	4.901	1.521	0.079	5.194
Jul	M	29.86	27.32	9.044	3.830	0.370	9.661
Jul	M	35.25	31.73	11.928	3.803	0.261	6.863
Jul	M	35.76	33.84	14.601	5.214	0.480	9.206
Jul	M	27.73	25.59	5.519	1.788	0.069	3.859
Jul	M	32.84	31.18	11.866	4.201	0.129	3.071
Jul	M	32.35	29.58	10.529	4.041	0.132	3.267
Jul	M	36.44	33.42	15.418	6.550	0.772	11.786
Jul	M	25.83	25.38	5.844	2.719	0.267	9.820
Jul	M	27.85	26.77	6.498	2.161	0.073	3.378
Jul	M	33.41	29.58	11.661	3.858	0.289	7.491
Aug	M	37.00	35.07	16.030	7.387	0.490	6.633
Aug	M	28.58	27.63	7.03.7	3.142	0.154	4.901
Aug	M	34.14	31.15	12.724	4.591	0.339	7.384
Aug	M	35.49	33.88	14.204	5.697	0.543	9.531
Aug	M	35.52	33.32	13.418	5.321	0.432	8.119
Aug	M	33.49	30.98	11.588	8.069	0.679	8.415
Aug	M	31.66	29.67	10.264	6.285	0.443	7.049
Aug	M	30.80	28.74	8.000	3.298	0.107	3.244
Aug	M	27.47	25.80	6.332	2.587	0.079	3.054
Sep	M	37.48	35.45	15.857	7.824	0.469	5.994
Sep	M	31.08	29.28	9.272	3.678	0.280	7.613
Sep	M	38.65	35.93	16.448	8.126	0.869	10.694
Sep	M	35.84	35.01	15.247	7.138	0.585	8.196
Sep	M	33.58	32.45	11.779	5.424	0.394	7.264
Sep	M	28.11	26.62	5.913	2.921	0.242	8.285
Sep	M	31.88	29.53	9.468	5.220	0.621	11.897

ตารางที่ ง.8 น้ำหนักความยาวของหอยโข่งจากพื้นที่ศึกษาบ้านคำเตย (ต่อ)

Month	Sex	Length (mm)	Wide (mm)	Total Body Weight (g)	Body Weight (g)	Gonad Weight (g)	GSI (%)
Sep	M	35.54	32.86	12.461	5.768	0.398	6.900
Sep	M	35.53	33.30	13.263	6.672	0.708	10.612
Sep	M	30.39	29.61	8.863	3.950	0.492	12.456
Oct	M	33.92	31.83	9.673	3.426	0.220	6.421
Oct	M	27.65	25.13	5.614	2.192	0.070	3.193
Nov	M	37.79	37.07	17.298	7.901	0.428	5.417
Nov	M	33.21	31.54	12.418	4.717	0.193	4.092
Nov	M	35.66	35.06	14.691	5.789	0.290	5.010

ภาคผนวก จ
ตารางค่าคุณภาพน้ำ และดินจากพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ จ.1 ตารางคุณภาพน้ำสถานีบ้านคำเตย

Months	DO (ppm)	pH	Temperature (C°)	Nitrite (ppm NO_2^--N)	Nitrate (ppm NO_3^--N)	Ammonia (ppm NH_3-N)	Alkalinity (ppm as $CaCO_3$)	Hardness (ppm as $CaCO_3$)
April	7.81	7.02	30.1	0.088	0.063	0.304	16.675	27.558
May	5.93	5.71	29.2	0.103	0.161	0.847	13.388	23.263
June	6.85	4.8	27.1	0.085	0.47	1.063	7.625	39.089
July	6.52	5.26	27.9	0.202	0.128	1.659	8.887	14.004
August	4.11	5.8	29.2	0.472	0.269	1.654	18.638	17.518
September	4.05	7.73	30.4	0.157	0.186	1.311	10.237	8.258
October	3.12	6	30.2	0.123	0.161	0.48	17.325	25.275
November	3.98	6.6	29.1	0.083	0.134	0.519	18.112	18.768

ตารางที่ จ.2 ตารางคุณภาพน้ำสถานีบ้านหนองขุ่น

Months	DO (ppm)	pH	Temperature (C°)	Nitrite (ppm NO_2^--N)	Nitrate (ppm NO_3^--N)	Ammonia (ppm NH_3-N)	Alkalinity (ppm as $CaCO_3$)	Hardness (ppm as $CaCO_3$)
April	5.12	8.15	33.2	0.088	0.006	1.209	62.212	57.057
May	8.86	8.82	34.9	0.137	0.057	1.224	55.605	42.042
June	7.73	8.14	29.5	0.113	0.048	1.081	21.025	43.293
July	7.15	6.27	28.5	0.118	0.118	0.956	23.387	37.537
August	4.588	6.47	30.9	0.135	0.158	0.896	50.137	46.296
September	4.62	6.25	31.3	0.145	0.178	1.054	26.512	26.776
October	3.28	6.52	32.3	0.091	0.160	0.339	31.762	38.538
November	4.13	6.41	30.1	0.105	0.155	0.480	41.475	38.538

ตารางที่ จ.3 ตารางคุณภาพดิน (ความชื้น และความเป็นกรดเป็นด่าง)

Months	Solid moisture (%)		Solid pH	
	Kam-toei	NongKhun	Kam-toei	NongKhun
Apr	6.550	7.612	4.47	4.49
May	11.057	12.012	4.77	4.84
Jun	11.193	11.028	4.15	4.86
Jul	24.439	23.956	4.02	4.66
Aug	21.796	15.839	4.99	5.37
Sep	18.553	13.378	4.1	5.45
Oct	15.208	6.309	4.19	5.95
Nov	9.573	4.542	4.72	4.9

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายเดชณรงค์ โพธิ์ศรี

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2552-2556 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาประมง)

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2556-2558
สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิจัย

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สำนักวิทยบริการ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี