

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓/๒๕๖๖



Technical Paper No. 3/2023

การพัฒนาระบบการจัดการผสมพันธุ์และวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเล

Scylla paramamosain (Estampador, 1949)

ให้มีไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพในที่กักขัง

Development of Mating System Management and Methods on
Production of Good Quality of Berried Female Mud Crab Broodstock

Scylla paramamosain (Estampador, 1949) in Captivity

สิริวรรณ หนูเซ่ง
จิรัตน์ แก้วประจุ

Siriwan Nooseng
Jeerarat Keawpraju

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Coastal Aquaculture Research and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives



การพัฒนาระบบการจัดการผสมพันธุ์และวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเล

Scylla paramamosain (Estampador, 1949)

ให้มีไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพในที่กักขัง

Development of Mating System Management and Methods on
Production of Good Quality of Berried Female Mud Crab Broodstock

Scylla paramamosain (Estampador, 1949) in Captivity

สิริวรรณ หนูแข่ง

Siriwan Nooseng

จิรรัตน์ แก้วประจุ

Jeerarat Keawpraju

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยง

สัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

กรมประมง

๒๕๖๖

Surat Thani Coastal Aquaculture Research
and Development Center

Coastal Aquaculture Research and Development Division

Department of Fisheries

2023

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์	6
วิธีดำเนินการ	7
1. การวางแผนการศึกษา	7
2. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง	8
3. วิธีการทดลอง	8
4. การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	13
5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง	14
ผลการศึกษา	14
1. ผลการศึกษาส่วนที่ 1 ปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์	14
2. ผลการศึกษาส่วนที่ 2 เปรียบเทียบการเลี้ยงแม่ปูไข่แก่ให้มีไข่นอกกระดองจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองกับแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ	16
3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง	19
วิจารณ์ผลการศึกษา	21
สรุปผลการศึกษา	23
ข้อเสนอแนะ	23
คำขอบคุณ	24
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาขนาดที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจับคู่ผสมพันธุ์	15
2	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์	15
3	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์	16
4	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาวิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสม	16
5	การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของแม่พันธุ์ปูทะเล (ผสมเองและธรรมชาติ) กับการออกไข่นอกกระดองและความสำเร็จของจำนวนแม่ปูที่ได้ชูเอี้ยง	18
6	จำนวนแม่ปูทะเลออกไข่นอกกระดอง จำนวนแม่ปูทะเลที่ไข่ฟักเป็นชูเอี้ยง ระยะเวลาการขุดเลี้ยงจนออกไข่นอกกระดองเฉลี่ย (Latency period) ความดกไข่เฉลี่ย จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยง และอัตราการฟักไข่เฉลี่ยของแม่ปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง	18
7	คุณภาพน้ำในการศึกษาขนาดที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 1)	19
8	คุณภาพน้ำในการศึกษาความหนาแน่นเหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 2)	19
9	คุณภาพน้ำในการศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 3)	20
10	คุณภาพน้ำในการศึกษาวิธีจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 4)	20
11	คุณภาพน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการออกไข่นอกกระดอง (การศึกษาส่วนที่ 2)	20

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปูเพศเมียระยะไข่ไม่สมบูรณ์เพศชั้นที่ 2	8
2	บ่อคอนกรีตสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในการทดลองย่อยที่ 1-3 (ก) และการให้อาากาตแบบ หั่วทราย (ข)	9
3	บ่อคอนกรีตสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในการทดลองย่อยที่ 4	10
4	ระบบถังสำหรับใช้ขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลระยะรังไข่ที่ 1 จนออกไข่นอกกระดอง	11
5	แม่ปูทะเลไข่นอกกระดองที่ใช้ในการทดลอง ส่วนที่ 2	12
6	แม่ปูทะเลไข่นอกกระดอง	12
7	การพัฒนารังไข่ของแม่ปูทะเลที่ผสมเอง	17
8	การพัฒนารังไข่ของแม่ปูทะเลที่รวบรวมจากธรรมชาติ	17
ภาพผนวกที่		
1	พฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์และการเฝ้าระวังหลังจากแม่ปูได้รับการผสมพันธุ์แล้ว	27
2	การพัฒนาของรังไข่ปูทะเลระยะที่ 1 - 4 ตรวจสอบด้วยวิธีการส่องไฟเพื่อดูลักษณะพื้นฐาน ของรังไข่ภายนอก (external ovary morphology) และการผ่าเปิดกระดองเพื่อดูลักษณะ รังไข่ภายใน	28

การพัฒนาระบบการจัดการผสมพันธุ์และวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเล
Scylla paramamosain (Estampador, 1949)
ให้มีไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพในที่กักขัง

สิริวรรณ หนูแข่ง* และ จีรรัตน์ แก้วประจุ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบการจัดการผสมพันธุ์และวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพในที่กักขัง แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการผสมพันธุ์ ประกอบด้วย 4 การทดลองย่อย คือ 1) ศึกษาขนาดของปูเพศเมียและเพศผู้ที่เหมาะสม 2) ความหนาแน่นของปูในการผสมพันธุ์ 3) สัดส่วนปูเพศเมียต่อปูเพศผู้ และ 4) วิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ ผลการทดลองที่ 1 พบว่าขนาดของปูเพศเมียและเพศผู้ไม่มีผลต่อการจับคู่ผสมพันธุ์และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองที่ 2 พบว่าความหนาแน่น 1 และ 2 คู่ต่อตารางเมตร ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมมากกว่าความหนาแน่น 1 คู่ต่อ 2 ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยของความหนาแน่น 1 และ 2 คู่ต่อตารางเมตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองที่ 3 พบว่าการผสมพันธุ์ด้วยสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:1 มีความเหมาะสมที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ในขณะที่สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 1:1 และ 2:1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองที่ 4 พบว่าการนำปูเพศเมียและเพศผู้ทั้งหมดผสมรวมกันในบ่อเดียวกัน (สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:1) ให้ผลที่ดีกว่าการผสมแยกเป็นชุดๆ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ไข่นอกกระดองตลอดถึงอัตราการฟักเป็นตัวของแม่พันธุ์ปูจากการผสมเองในที่กักขัง (T1) และแม่พันธุ์ปูจากธรรมชาติ (T2) ผลการศึกษาพบว่า แม่ปูที่ผสมเองมีพัฒนาการของรังไข่ดีกว่าแม่ปูที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ ซึ่งสามารถพัฒนารังไข่เป็นไข่ระยะที่ 4 ได้ภายในระยะเวลา 11 สัปดาห์ ในขณะที่แม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติใช้เวลาในการพัฒนารังไข่เป็นระยะที่ 4 รวม 19 สัปดาห์ ในส่วนของการออกไข่นอกกระดอง พบว่าจำนวนแม่ปูของ T1 สามารถออกไข่นอกกระดอง (50.00%) ได้มากกว่าแม่ปูของ T2 (33.33%) และจำนวนแม่ปูที่ฟักได้ชูเอี้ยงสำเร็จของ T1 (41.67%) มีค่ามากกว่า T2 (16.67%) ระยะเวลาในการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลไข่ระยะที่ 1 จนออกไข่นอกกระดอง พบว่า T1 (145.08 ± 41.56 วัน) มีระยะเวลาของการสร้างไข่ให้เต็มกระดองสั้นกว่า T2 (160.58 ± 34.15 วัน) สำหรับความดกไข่เฉลี่ย พบว่า T1 ($3.10\pm 4.62 \times 10^5$ ฟองต่อตัว) มีค่ามากกว่า T2 ($1.93\pm 2.96 \times 10^5$ ฟองต่อตัว) จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยงใน T1 ($2.27\pm 4.07 \times 10^5$ ตัวต่อแม่) มีค่ามากกว่า T2 ($0.50\pm 1.19 \times 10^5$ ตัวต่อแม่) และอัตราการฟักไข่ของ T1 ($28.64\pm 36.47\%$) มีค่าสูงกว่า T2 ($10.06\pm 24.16\%$) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติในทุกตัวแปร พบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนซ้ำของแต่ละชุดการทดลองน้อย

จากการศึกษาครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลสามารถทำได้สำเร็จในโรงเพาะฟัก โดยวิธีการผสมพันธุ์แบบรวมในบ่อเดียวกันเป็นการเปิดโอกาสให้ปูเพศผู้และเพศเมียสามารถเลือกคู่ได้เอง ด้วย

สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:1 ที่ความหนาแน่นของปู 1 - 2 คู่ต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมที่สุด และขนาดของแต่ละเพศไม่มีผลต่อการผสมพันธุ์ รวมทั้งแม่พันธุ์ปูทะเลที่ได้จากการผสมเองในที่กักขังมีประสิทธิภาพในการออกไข่นอกกระดองตลอดถึงการฟักเป็นตัวอ่อนดีกว่าแม่ปูจากธรรมชาติ

คำสำคัญ: การพัฒนา, การผสมพันธุ์, การจัดการระบบ, แม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง, ที่กักขัง

Development of Mating System Management and Methods on Production of Good Quality of Berried Female Mud Crab Broodstock *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) in Captivity

Siriwan Nooseng* and Jeerarat Keawpraju

Surat Thani Coastal Aquaculture Research and Development Center

Abstract

The study aimed to investigate the development of mating system management and the methods on production of good quality berried female mud crabs in captivity. The study was divided into 2 parts: Part 1 was evaluated the suitable mating factors which consisted of 4 experiments; 1) size of female and male crabs 2) stocking density of crabs 3) sex ratio and 4) mating management methods. The results of the first trial showed that the body size either female or male had no effect on mating, showing no significant difference ($P>0.05$). The second trial found that mating of crab at density of 1 and 2 pairs/m², the number of copulated female crabs were higher than a density of 1 pair/2 m² which showed a statistically significant difference ($P\leq 0.05$), while the densities of 1 and 2 pairs/m² were not significantly different ($P>0.05$) between groups. The third trial showed that the ratio of female:male; 4:1 was the most optimal sex ratio which showed a statistical significance ($P\leq 0.05$) comparing with other treatments, whereas, the ratio of female:male; 1:1 and 2:1 was not statistically different ($P>0.05$). The fourth trial indicated that the communally mating methods which allowed all female and male crabs independently chosen in the same pond under the sex ratio of female:male; 4:1 gave better results of number of copulated female crabs than separated mating method resulting in a statistically significant difference ($P\leq 0.05$).

The part 2 was to compare the reproductive performance and hatching rate of female broodstock collected from both the hatchery production (T1) and the natural sources (T2). The result showed that the hatchery produced condition had better ovary development than the wilds which the full ovary crabs of T1 was observed within 11 weeks, while the wilds took 19 weeks to develop their full ovary. In term of number of berried crabs, the percentage of berried female obtained in T1 (50%) was greater than T2 (33.33%). The number of successfully hatched crabs of T1 (41.67%) was higher than that of T2 (16.67%). The average adjusted latency period showed that T1 (145.08±41.56 days) had a shorter time of ovary maturation than T2 (160.58±34.15 days). The average fecundity of T1 (3.10±4.62 ×10⁵ egg/crab) was greater than T2 (1.93±2.96 ×10⁵ egg/crab). The number of zoea larvae of T1 (2.27±4.07 ×10⁵ ind./crab) was higher than T2 (0.50±1.19 ×10⁵ ind./crab). Moreover, the average hatching rate of the T1 (28.64±36.47%) was higher than T2 (10.06±24.16%). Statistically, all variables of

both treatments were compared which had no significant difference ($P>0.05$) due to the small number of replications each.

In conclusion, this study reveals the female mud crab broodstock could be produced successfully under the captivity. The most suitable mating management and methods is to mate under communal condition whatever body size of female or male is, at a density of 1 - 2 pairs/m², and the sex ratio of female: male; 4:1. In addition, the captive copulating crab production was more effective in number of spawners as well as egg hatching rate than those wild broodstock.

Keywords: development, mating, system management, berried female mud crab, captivity

คำนำ

ปูทะเลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีมูลค่าและเป็นที่ต้องการมากในตลาดโลก เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี อเมริกา ฮองกง และไทย (Ferdoushi *et al.*, 2010) ซึ่งประเทศไทยรวมถึง ใต้หวัน มาเลเซีย สิงคโปร์ อเมริกา ยังคงมีการนำเข้าปูทะเลจากประเทศบังคลาเทศ (Chandra *et al.*, 2012) แสดงให้เห็นถึงความต้องการปูทะเลในตลาดโลกที่มีสูงมาก ในประเทศไทยก็เช่นเดียวกันปูทะเลเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผู้บริโภค นิยมนำมารับประทานเพราะมีรสชาติอร่อย ประกอบกับปูทะเลมีราคาแพง เกษตรกรจึงมีความสนใจที่จะทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตัวนี้มาก ส่งผลให้ความต้องการลูกพันธุ์ปูทะเลเพื่อนำไปเลี้ยงมีจำนวนมาก จากรายงานของ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง (2560) ทำให้ทราบว่าในช่วงปี พ.ศ.2543 - 2556 ปริมาณผลผลิตปูทะเลของไทยส่วนใหญ่ได้มาจากธรรมชาติเกือบแทบทั้งสิ้น ผลผลิตปูทะเลจากการเพาะเลี้ยงยังมีน้อยไม่แพร่หลายในเชิงพาณิชย์ยกเว้นธุรกิจการเลี้ยงปูนิม ส่งผลให้ปูทะเลยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และจากรายงานยังพบว่า ผลผลิตปูทะเลที่จับจากธรรมชาติรวมถึงการเพาะเลี้ยงชายฝั่งในปี พ.ศ. 2543 ยังมีมากถึง 6,900 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 492.4 ล้านบาท แต่ในปี พ.ศ. 2556 ผลผลิตปูทะเลจากการจับจากธรรมชาติรวมถึงการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง พบปริมาณลดลงเหลือประมาณ 2,200 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 322.7 ล้านบาท ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตปูทะเลมีแนวโน้มลดลง ประเด็นความต้องการลูกพันธุ์อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการจับลูกพันธุ์ปูทะเลเกินกำลังการผลิต (over-fishing) ส่งผลให้พันธุ์ปูทะเลในธรรมชาติลดน้อยลงมาก ถึงแม้ว่า FAO (2018) รายงานว่า ในปี ค.ศ. 2016 ปริมาณผลผลิตปูทะเลมีสูงถึงประมาณ 90,000 ตัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตปูทะเลยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ประเทศไทยในปัจจุบันจากการรายงานของ กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง (2565) พบว่าผลผลิตปูทะเลในปี 2563 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีผลผลิตปูทะเลรวมทั้งสิ้น 3,039 ตัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผลผลิตมาจากการเพาะเลี้ยง 2,555.81 ตัน มากกว่าการจับจากธรรมชาติ ที่มีผลผลิต 484 ตัน แนวโน้มผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงความต้องการลูกพันธุ์ปูทะเลที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงมีปริมาณมากขึ้นตามผลผลิต การขาดแคลนลูกพันธุ์จึงเป็นปัญหาหลักสำหรับการเพาะเลี้ยงปูทะเลในปัจจุบัน ดังนั้นปูทะเลจึงเป็นสัตว์น้ำตัวหนึ่งที่มีประเด็นต้องให้ศึกษาวิจัยเพื่อการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ปูทะเล (mud crab) ชนิดปูขาว (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) เป็นสายพันธุ์ที่ทางกรมประมงได้มีการผลิตลูกพันธุ์และส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยง (กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2564) การขาดแคลนลูกพันธุ์เพื่อนำมาเลี้ยง ในอดีตเกษตรกรพึ่งพาลูกพันธุ์จากธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันกรมประมง และภาคเอกชน สามารถผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลได้จากโรงเพาะฟัก แต่อย่างไรก็ตามจำนวนลูกพันธุ์ปูทะเลที่ผลิตได้ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี เป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีการศึกษา วิจัย และสามารถผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลเพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร และจากการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง พบว่า ปัญหาหลักในการผลิตลูกพันธุ์ปูทะเล คือการขาดแคลนแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพ ถึงแม้ว่าในอดีตที่ผ่านมากรมประมงได้มีการศึกษาวิจัยในด้านแม่พันธุ์ปูทะเลไว้ เช่น การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล *Scylla serrata* (Forsk.) ให้มีไข่นอกกระดองในบ่อซีเมนต์และในกระชัง (บังอร, 2538ก) การทดลองเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองและการอนุบาลปูทะเลวัยอ่อน (บังอร, 2538ข) รัชฎา (2543) ได้ศึกษาระดับความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla* spp.) ให้มีไข่นอกกระดอง พบว่าการเลี้ยงที่ความเค็ม 35 พีพีที ให้ผลผลิตปูไข่นอกกระดองเฉลี่ยสูงสุด บังอรและสรณัญช์ (2539) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองในบ่อดิน พบว่าแม่พันธุ์ปูทะเลสามารถปล่อยไข่นอกกระดองได้ แต่แม่ปูที่ได้สามารถฟักเป็นตัวได้เฉลี่ยเพียง 6.2 เปอร์เซ็นต์

อาภรณ์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลจากลูกพันธุ์โรงเพาะฟัก สิริวรรณ และมนทกานติ (2559) ศึกษาผลของแหล่งไขมันที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง ปรีศนา และคณะ (2560) ศึกษาผลของการให้อาหารสูตรต่างๆ ต่อความสมบูรณ์เพศของปูขาว เป็นต้น รวมถึงการศึกษาวิจัยและเผยแพร่ของต่างประเทศ เช่น การเพาะพันธุ์และการอนุบาลปูขาวในทีกักขัง (Islam, 2015) การสร้างปูทะเลสายพันธุ์บ้าน (Domestication) (Quinitio *et al.*, 2011) การใช้ฮอร์โมนหรือสารกระตุ้นเพื่อการเร่งพัฒนาการของรังไข่แม่ปูทะเล (Pattiasina *et al.*, 2010; Muhd-Farouk *et al.*, 2016) การศึกษาการพัฒนาของรังไข่ปูดำ (Azmi *et al.*, 2012) การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล (Triño *et al.*, 2001; Djunaidah *et al.*, 2003; Christensen *et al.*, 2004; Misieng, 2007; Manivannan *et al.*, 2010; Pattiasina *et al.*, 2012) แต่อย่างไรก็ตามยังประสบปัญหาการขาดแคลนแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง ในขบวนการผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลจำเป็นต้องมีแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่มีจำนวนมากพอเพื่อนำมาขุนเลี้ยงให้มีไข่นอกกระดอง ซึ่งในปัจจุบันนี้แม่ปูไข่แก่เริ่มมีจำนวนลดน้อยลง ยากที่จะรวบรวมแม่พันธุ์ปูจากธรรมชาติได้จำนวนมากในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ประกอบกับราคาของแม่ปูไข่แก่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น และในบางครั้งแม่ปูไข่แก่ที่รวบรวมเข้ามาเพื่อทำการเพาะพันธุ์ยังไม่มีคุณภาพหรือไม่สามารถมั่นใจและตรวจสอบได้ว่าแม่ปูตัวนั้นได้รับการผสมและเก็บน้ำเชื้อไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อภายในตัวเมียแล้วหรือยัง ถึงแม้ว่าแม่ปูจะมีการวางไข่นอกกระดองแต่ไข่เหล่านั้นบางครั้งไม่มีน้ำเชื้อเข้ามาผสมหรือน้ำเชื่อน้อย ซึ่งไข่ไม่ได้รับการพัฒนาและไม่ฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอีย ทำให้เสียเวลาและงบประมาณในการขุนเลี้ยงแม่พันธุ์และขาดโอกาสที่จะได้ลูกปูวัยอ่อนระยะซูเอีย มาใช้ในการอนุบาลต่อไป แนวคิดการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการรวบรวมปูทะเลเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 (immature female หรือ Intermediate) (Islam *et al.*, 2010) จากธรรมชาติ ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถรวบรวมได้มากและราคาไม่สูงมากนัก เข้ามาผสมกับปูทะเลเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศพร้อมผสมพันธุ์ในทีกักขัง ด้วยระบบการจัดการและวิธีการผสมที่เหมาะสม มีความจำเป็นประกอบกับทำให้มั่นใจได้ว่าแม่ปูตัวนั้นได้รับการผสมและเก็บน้ำเชื้อไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อของตัวเมีย

ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้ทำการศึกษาพัฒนาระบบการจัดการและวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีคุณภาพโดยการผสมพันธุ์ปูในทีกักขังเปรียบเทียบกับกรรวบรวมแม่ปูไข่แก่จากธรรมชาติ โดยทำการคัดเลือกปูทะเลเพศเมียในระยะไม่สมบูรณ์เพศ (ระยะเพศขั้นที่ 2) นำมาผสมพันธุ์จับคู่กับปูทะเลเพศผู้ที่มีพร้อมผสมพันธุ์และเมื่อผสมพันธุ์แล้วนำแม่ปูนั้นไปขุนเลี้ยงให้ออกไข่นอกกระดองในทีกักขังต่อไป การศึกษาพัฒนาระบบการผลิตแม่พันธุ์ปูคุณภาพในครั้งนี้ เป็นการศึกษาพัฒนาการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองคุณภาพทดแทนแม่ปูไข่จากธรรมชาติ เพื่อดูว่ามีผลต่อการวางไข่นอกกระดองและมีคุณภาพไข่ที่ดีหรือไม่ เป็นหนทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาการขาดแคลนแม่พันธุ์ปูทะเลให้ได้ผลผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่สูงขึ้นและปรับปรุงคุณภาพไข่นอกกระดองให้มีไข่ที่มีคุณภาพดีต่อไป เมื่อมีแม่พันธุ์ปูคุณภาพก็ทำให้ได้รับลูกปูทะเลวัยอ่อนระยะซูเอียเพิ่มมากขึ้นในขบวนการเพาะพันธุ์ ทำให้มีโอกาสที่จะนำลูกปูทะเลวัยอ่อนระยะซูเอียนั้นมาผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลรุ่นต่อไป ซึ่งนำไปสู่ความสามารถในการผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลได้เพิ่มมากขึ้นและมีเพียงพอกับความต้องการของเกษตรกรและการพัฒนาระบบการผลิตแม่ปูออกไข่นอกกระดองนี้สามารถนำไปส่งเสริมขยายผลให้เกษตรกรสามารถทำได้จริงต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพัฒนาระบบการจัดการผสมพันธุ์และวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพในทีกักขัง

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้คือ

1.1 ส่วนที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองย่อย โดยการทดลองย่อย 1 - 3 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ในแต่ละชุดทดลองมี 3 ซ้ำ ใช้เวลาเป็น block (ซ้ำ) ส่วนการทดลองย่อยที่ 4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ดังนี้

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาขนาดของปูเพศผู้และเพศเมียที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยคัดเลือกปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 (ภาพที่ 1) และปูเพศผู้สมบูรณ์เพศมาทดลอง ใช้อัตราส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 1:1 ความหนาแน่น 1 คู่ต่อ 2 ตารางเมตร (เพศเมีย 5 ตัว และเพศผู้ 5 ตัว) ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ผสมพันธุ์ปูเพศเมียและปูเพศผู้ที่มีขนาดเท่ากัน

ชุดทดลองที่ 2 ผสมพันธุ์ปูเพศเมียและปูเพศผู้โดยปูเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้

ชุดทดลองที่ 3 ผสมพันธุ์ปูเพศเมียและปูเพศผู้โดยปูเพศเมียมีขนาดเล็กกว่าเพศผู้

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ คัดเลือกปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 และปูเพศผู้สมบูรณ์เพศมาทดลอง ใช้อัตราส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 1:1 แบ่งชุดทดลอง ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ความหนาแน่นปูเพศเมีย:เพศผู้ 1 คู่ต่อ 2 ตารางเมตร (เพศเมีย:เพศผู้ = 5:5 ตัว)

ชุดทดลองที่ 2 ความหนาแน่นปูเพศเมีย:เพศผู้ 1 คู่ต่อตารางเมตร (เพศเมีย:เพศผู้ = 10:10 ตัว)

ชุดทดลองที่ 3 ความหนาแน่นปูเพศเมีย:เพศผู้ 2 คู่ต่อตารางเมตร (เพศเมีย:เพศผู้ = 20:20 ตัว)

การทดลองย่อยที่ 3 ศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยคัดเลือกปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 และปูเพศผู้สมบูรณ์เพศมาทดลอง มีการกำหนดสัดส่วนเพศเป็น 3 ชุดทดลอง ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ใช้สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 1:1 (เพศเมีย:เพศผู้ = 5:5 ตัว)

ชุดทดลองที่ 2 ใช้สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 2:1 (เพศเมีย:เพศผู้ = 10:5 ตัว)

ชุดทดลองที่ 3 ใช้สัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 4:1 (เพศเมีย:เพศผู้ = 20:5 ตัว)

ซึ่งการทดลองย่อยที่ 1 - 3 ปูเพศเมียและเพศผู้ของแต่ละการทดลองย่อยที่ทำการผสมพันธุ์ เป็นการผสมรวมในบ่อเดียวกัน (ภาพที่ 2)

จากนั้นนำผลของการทดลองที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละการทดลองย่อยที่ 1 - 3 มาใช้สำหรับการทดลองย่อยที่ 4

การทดลองย่อยที่ 4 ศึกษาวิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสม เปรียบเทียบผลของการผสมพันธุ์แบบผสมรวมหมู่กับการแยกผสมเป็นชุด ๆ แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดทดลอง โดยแต่ละชุดทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ผสมปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 และเพศผู้ แบบรวมในบ่อเดียวกัน ในสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 4:1 (เพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 จำนวน 20 ตัว และเพศผู้ จำนวน 5 ตัว)

ชุดทดลองที่ 2 ผสมปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 และเพศผู้ เป็นชุด ๆ ในสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ = 4:1 (แบ่งกันในบ่อเป็น 5 ช่อ แต่ละช่อมีเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขั้นที่ 2 จำนวน 4 ตัว และเพศผู้ จำนวน 1 ตัว)



ภาพที่ 1 ปูเพศเมียระยะไข่ไม่สมบูรณ์เพศชั้นที่ 2

เมื่อได้ผลการทดลองทั้ง 4 การทดลองย่อย นำผลที่ดีที่สุดของแต่ละการทดลองย่อยมาเป็นข้อมูลใช้ในการผสมพันธุ์ เมื่อแม่ปูได้รับการผสมและมีกระดองแข็งแล้ว นำมาใช้ในการทดลองส่วนที่ 2 ต่อไป

1.2 ส่วนที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการออกไข่นอกกระดองของแม่พันธุ์ปูทะเลตลอดถึงอัตราการฟักเป็นตัว

ศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงแม่ปูไข่นอกกระดองให้มีไข่นอกกระดองจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองกับแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ชุดทดลองๆ ละ 12 ซ้ำ (จำนวนตัวเป็นซ้ำ) ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ใช้แม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองระยะที่ 1 จากการผสมพันธุ์ในที่กักขัง

ชุดทดลองที่ 2 ใช้แม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดองระยะที่ 1 จากธรรมชาติ

2. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลที่โรงเพาะฟัก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี ตำบลตะเคียนทอง อำเภอกาญจนาดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 - กันยายน 2564

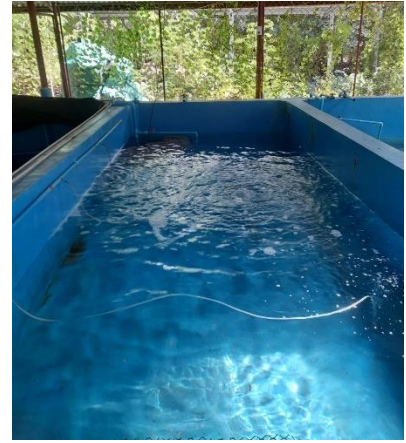
3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมบ่อสำหรับการศึกษาส่วนที่ 1

บ่อสำหรับการผสมพันธุ์ของการทดลองย่อยที่ 1 - 3 เป็นบ่อคอนกรีต ขนาด 2 x 5 เมตร (ภาพที่ 2ก) ระดับความลึกของน้ำ 30 เซนติเมตร และให้อากาศแบบหัวทราย (ภาพที่ 2ข)



ก



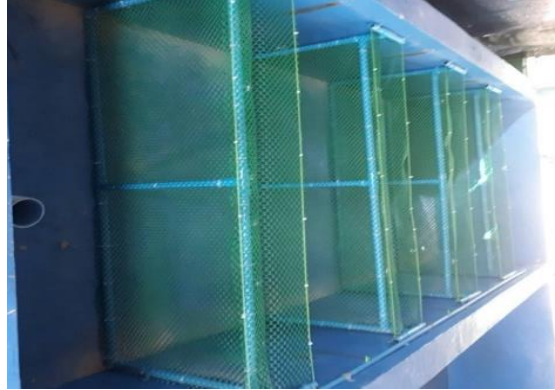
ข

ภาพที่ 2 ป่อคอนกรีตสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในการทดลองย่อยที่ 1-3 (ก) และการให้อากาศแบบหัวทราย (ข)

สำหรับการทดลองย่อยที่ 4 ชุดทดลองที่ 1 ใช้ป่อคอนกรีต ขนาด 2×5 เมตร ความลึกของน้ำ 30 เซนติเมตร ให้อากาศแบบหัวทราย ไม่มีการแบ่งกั้นช่อง (ภาพที่ 3ก) ชุดทดลองที่ 2 ใช้ป่อคอนกรีต ขนาด 2×5 เมตร แบ่งกั้นในป่อเป็น 5 ช่อง ด้วยอวนพลาสติกตาป้อมประกอบเป็นโครงด้วยท่อพีวีซี (ภาพที่ 3ข) และ ด้านบนขอบป่อปิดทับด้วยอวนสามชั้นเพื่อกันปูหนี (ภาพที่ 3ค)



ก



ข



ค

ภาพที่ 3 บ่อคอนกรีตสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในการทดลองย่อยที่ 4

ภาพ ก บ่อสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในชุดทดลองที่ 1 ไม่มีการแบ่งกั้นช่อง

ภาพ ข บ่อสำหรับใช้ผสมพันธุ์ปูในชุดทดลองที่ 2 โดยแบ่งกั้นเป็นช่อง

ภาพ ค ด้านบนบ่อปิดทับด้วยอวนสามชั้นเพื่อกันปูหนี

3.2 การเตรียมสำหรับการศึกษาส่วนที่ 2

3.2.1 การเตรียมระบบสำหรับขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลระยะรังไข่ที่ 1 จนออกไขนอกกระดอง

ขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลโดยใช้ถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 500 ลิตร (ภาพที่ 4ก) ภายในถังใส่กระบะทรายสำหรับให้แม่ปูวางไข่ (ภาพที่ 4ข) เติมน้ำทะเลความเค็ม 30 - 32 พีพีที ที่ผ่านการตกตะกอนให้ได้ระดับความลึกของน้ำ 30 เซนติเมตร ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดในการขุนเลี้ยงด้วยอัตราการปล่อยแม่พันธุ์ 1 ตัวต่อถัง ขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลระยะรังไข่ที่ 1 จนกระทั่งออกไขนอกกระดอง



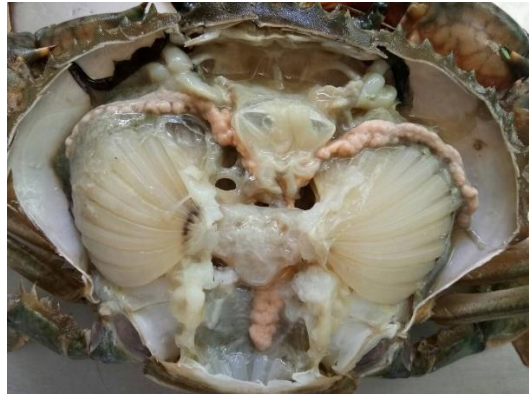
ภาพที่ 4 ระบบถังสำหรับใช้ขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลระยะรังไข่ที่ 1 จนออกไข่นอกกระดอง
ภาพ ก ถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 500 ลิตร สำหรับขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล
ภาพ ข ภายในถังใส่กระบะทรายสำหรับให้แม่ปูวางไข่

3.2.2 การเตรียมแม่พันธุ์ปูทะเลไข่ในกระดอง

คัดเลือกแม่พันธุ์ปูทะเลที่รวบรวมได้จากธรรมชาติและแม่พันธุ์ปูทะเลจากการผสมพันธุ์เองในที่กักขัง ที่มีไข่ในกระดองระยะที่ 1 โดยตรวจสอบระยะไข่จากสีฐานรังไข่ภายนอกด้วยการส่องด้วยไฟฉาย (ภาพที่ 5) เพื่อนำมาใช้ทดลองเปรียบเทียบในการศึกษาที่ 2 แล้วนำมาฆ่าเชื้อด้วยการแช่ในฟอร์มาลินความเข้มข้น 100 ppm นาน 30 นาที จากนั้นนำไปพักในบ่อคอนกรีตเป็นเวลา 5 วัน ก่อนเริ่มการทดลอง และเมื่อเริ่มการทดลองให้นำแม่ปูทะเลแต่ละตัวมาชั่งน้ำหนักและวัดความกว้างกระดอง พร้อมทั้งติดป้ายรหัสแม่ปูทะเลด้วยเทปปียม์อักษรนูน (Dymo tape) ที่ร้อยด้วยด้ายเบอร์ 9 ผูกติดไว้ที่ขาคู่ที่ 5 (ขาใบพาย) และเขียนรหัสไว้บนกระดองปูแต่ละตัวด้วยปากกาเคมีชนิด permanent marker เพื่อสำหรับติดตามข้อมูลปูแต่ละตัว



ภาพ ก



ภาพ ข

ภาพที่ 5 แม่ปูทะเลไขในกระดองที่ใช้ในการทดลอง ส่วนที่ 2

ภาพ ก คือ แม่ปูทะเลไขระยะที่ 1 ตรวจสอบด้วยการส่องไฟเพื่อดูสัญญาณรังไข่ภายนอก

ภาพ ข คือ แม่ปูทะเลไขระยะที่ 1 เมื่อผ่ากระดองเพื่อดูลักษณะรังไข่

3.2.3 การขุนเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้ออกไขนอกกระดอง

นำแม่พันธุ์ปูไขระยะที่ 1 ทั้งแม่ปูจากธรรมชาติและแม่ปูที่ได้รับการผสมเองมาขุนเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 500 ลิตร อัตราการปล่อยแม่พันธุ์ 1 ตัวต่อถัง แม่ปูทะเลในทุกชุดการทดลองให้เพรียงทรายเป็นอาหารในปริมาณที่มากเกินพอ วันละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าและตอนเย็น และเก็บอาหารส่วนที่เหลือออกในวันรุ่งขึ้น ทำการตรวจเช็คการออกไขนอกกระดอง (ภาพที่ 6) ของแม่ปูทะเลทุกเช้า และเมื่อพบแม่ปูไขนอกกระดอง ทำการแยกแม่ปูไปไว้ในกะละมัง ขนาด 150 ลิตร ที่มีน้ำทะเลฆ่าเชื้อ ความเค็ม 30 พีพีที เพื่อศึกษาความตกของไข่ และอัตราการฟักไข่เป็นลูกปูระยะซูเอี้ยต่อไป



ภาพที่ 6 แม่ปูทะเลไขนอกกระดอง

3.3 การตรวจสอบผลการทดลองและการเก็บข้อมูล

การศึกษาส่วนที่ 1 (การทดลองย่อยที่ 1 - 4)

เมื่อพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลจับคู่ผสมพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ทำการแยกแม่พันธุ์ปูหลังการผสมออกจากพ่อ พร้อมบันทึกข้อมูลจำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสม

การศึกษาส่วนที่ 2

- ทำการเก็บข้อมูลโดยตรวจสอบการพัฒนารังไข่ของแม่ปูทะเล ทุก 2 สัปดาห์ บันทึกพัฒนาการของรังไข่แต่ละระยะจากระยะรังไข่ 1 จนถึงระยะรังไข่ 4 (ภาพผนวกที่ 2; Azmie *et al.*, 2012) ของทั้งแม่ปูทะเลที่ผสมเองและแม่ปูทะเลที่รวบรวมจากธรรมชาติ

- เมื่อแม่ปูออกไข่นอกกระดอง บันทึกจำนวนแม่ปูไข่นอกกระดองแต่ละชุดทดลอง ตรวจสอบเช็คความดกไข่และอัตราการฟักเป็นตัวอ่อน โดยนำแม่ปูออกไข่นอกกระดองวางบนแผ่นรองซับเพื่อซับน้ำออก แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักแม่ปู+น้ำหนักไข่) จากนั้นสุ่มนับไข่ปู โดยสุ่มไข่ปูมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.10 กรัม นับจำนวนไข่ บันทึกผล จากนั้นแยกแม่ปูไปใส่ในถังฟักไข่ ขนาด 150 ลิตร ที่เติมน้ำทะเลความเค็ม 30 พีพีที ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 100 ลิตร และให้ออกซิเจนด้วยหัวทรายถังละ 1 หัว เมื่อแม่ปูฟักไข่เป็นตัวอ่อนระยะซูเอี้ย หยดให้อาากาศเพื่อให้ลูกปูระยะซูเอี้ยที่แข็งแรงลอยขึ้นบริเวณผิวน้ำ และไข่ที่ยังไม่ฟักจมลงก้นถัง ทำการดูดไข่ที่ยังไม่ฟักไปใส่ในถังฟักไข่ใบใหม่เพื่อฟักไข่ส่วนที่เหลือให้อาากาศค่อนข้างแรง จากนั้นทำการสุมนับตัวอ่อนระยะซูเอี้ยที่ฟักแล้ว โดยเติมน้ำในถังให้ได้ระดับเท่าเดิม (100 ลิตร) ให้อาากาศเพื่อให้ลูกปูกระจายทั่ว ๆ กัน ใช้ปิ๊กเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร สุ่มตักน้ำที่มีลูกปูขึ้นมาในปริมาตร 50 มิลลิลิตร สุ่มตัวอย่างจำนวน 4 จุด แล้วนำผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกปูในปริมาตร 50 มิลลิลิตร และคำนวณจำนวนที่มีทั้งหมดในปริมาตรน้ำ 100 ลิตร ในขณะเดียวกันเมื่อไข่ที่เหลือในถังฟักไข่ใบใหม่ ฟักเป็นตัวอ่อนหมด ทำการสุมนับจำนวนซูเอี้ยที่ได้ตามวิธีดังกล่าวข้างต้น

- ส่วนแม่ปูทะเลที่ฟักไข่หมดแล้วให้นำไปวางบนแผ่นรองซับเพื่อซับน้ำ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักแม่ปู) บันทึกผล

จากนั้นคำนวณหาน้ำหนักไข่ทั้งหมด ค่าความดกไข่ (Fecundity) ส่วนจำนวนลูกปูระยะซูเอี้ยที่ได้ทั้งหมดนำมาคำนวณหาอัตราการฟักไข่ (Hatching rate) ตามสูตร ดังนี้

$$\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)} = \text{น้ำหนักของแม่ปูที่มีไข่นอกกระดอง} - \text{น้ำหนักแม่ปูหลังฟักไข่หมด}$$

$$\text{ความดกไข่ (ฟองต่อตัว)} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่สุมนับได้ (ฟอง)} \times \text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของไข่ที่นำมาสุมนับตัวอย่าง (กรัม)}}$$

$$\text{อัตราการฟักไข่ (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกปูที่นับได้ (ตัว)}}{\text{จำนวนไข่ปูที่นำมาฟักทั้งหมด (ฟอง)}} \times 100$$

4. การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ระหว่างทำการศึกษาดทดลองมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำสัปดาห์ละครั้ง ดังนี้

1) ตรวจวัดความเค็ม โดยใช้เครื่องวัดความเค็มแบบหักเหแสง (Refracto-salinometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น S/Mill

2) ตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์มิเตอร์แบบแท่งแก้วชนิดปรอท

- 3) ตรวจวัดความเป็นกรดต่าง (pH) โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Hanna
- 4) ตรวจวิเคราะห์ความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยใช้วิธี Potentiometric titration method (APHA, AWWA and WEF, 1998)
- 5) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม โดยใช้วิธี Modified indophenol blue method (Sasaki and Sawada, 1980)
- 6) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนโตรท์ โดยใช้วิธี Diazotization method (Strickland and Parsons, 1972)
- 7) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท โดยใช้วิธี Diazotization method (Strickland and Parsons, 1972)
- 8) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต โดยใช้วิธี Ascorbic acid method (Strickland and Parsons, 1972)

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังนี้

5.1 ส่วนที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

การทดลองย่อยที่ 1 - 3 นำข้อมูลจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์ มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) ของแต่ละชุดการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมในแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธี Tukey's honestly significant difference test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนการทดลองย่อยที่ 4 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) ของแต่ละชุดการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้ Independent-sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

5.2 ส่วนที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงแม่ปูไข่ให้มีไขนอกกระดองจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองกับแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลจำนวนแม่ปูที่ออกไขนอกกระดองของแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์โดยทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองของการออกไขนอกกระดองของแม่ปู และความสำเร็จของจำนวนแม่ปูที่ได้ชูเอี้ยง แบบไร้พารามิเตอร์ (Non-parametric statistic) วิเคราะห์ข้อมูลแบบตารางไขว้ (Crosstab) และวิธีไคสแควร์ (Chi-square test) ส่วนระยะเวลาในการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลไข่ระยะที่ 1 จนออกไขนอกกระดอง (Adjust latency period) ความตกไข่ จำนวนชูเอี้ยงที่ได้ และอัตราการฟักของแต่ละชุดการทดลอง นำมาทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบไร้พารามิเตอร์ (Non-parametric statistic) ด้วยวิธี Mann-Whitney U Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาส่วนที่ 1 ปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

1.1 การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาขนาดของปูเพศผู้และเพศเมียที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจับคู่ผสมพันธุ์

จากผลการทดลอง การเลี้ยงปูเพศผู้และเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศขึ้นที่ 2 วัตถุประสงค์เพื่อการผสมพันธุ์ พบว่าปูเพศเมียมีขนาดเล็กกว่าปูเพศผู้ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยมากที่สุด (3.00 ± 1.00 ตัว) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาขนาดที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจับคู่ผสมพันธุ์

ชุดการทดลอง	ร้อยละของปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเมื่อเทียบกับปูเพศเมียที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ย (ตัว)
ชุดที่ 1 เพศเมียและเพศผู้ที่มีขนาดเท่ากัน	46.66±11.55	2.33±0.58 ^a
ชุดที่ 2 เพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้	40.00±20.00	2.00±1.00 ^a
ชุดที่ 3 เพศเมียมีขนาดเล็กกว่าเพศผู้	60.00±20.00	3.00±1.00 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง ($P>0.05$)

1.2 การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 แต่ค่าเฉลี่ยของจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

ชุดการทดลอง	ร้อยละของปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเมื่อเทียบกับปูเพศเมียที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ย (ตัว)
ชุดที่ 1 เพศเมีย:เพศผู้ 1 คู่ต่อ 2 ตารางเมตร	46.66±11.55	2.33±0.58 ^b
ชุดที่ 2 เพศเมีย:เพศผู้ 1 คู่ต่อตารางเมตร	50.00±10.00	5.00±1.00 ^a
ชุดที่ 3 เพศเมีย:เพศผู้ 2 คู่ต่อตารางเมตร	30.00±5.00	6.00±1.00 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

1.3 การทดลองย่อยที่ 3 ศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

การจับคู่ผสมพันธุ์ด้วยสัดส่วนเพศเมีย4:เพศผู้1 ทำให้ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สัดส่วนเพศเมีย2:เพศผู้1 และ สัดส่วนเพศเมีย1:เพศผู้1 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 3 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

ชุดการทดลอง	ร้อยละของปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเมื่อเทียบกับปูเพศเมียที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ย (ตัว)
ชุดที่ 1 สัดส่วนเพศเมีย1:เพศผู้1 (เมีย:ผู้ = 5:5 ตัว)	33.33±11.55	1.67±0.58 ^b
ชุดที่ 2 สัดส่วนเพศเมีย2:เพศผู้1 (เมีย:ผู้ = 10:5 ตัว)	33.33±20.82	3.33±2.08 ^b
ชุดที่ 3 สัดส่วนเพศเมีย4:เพศผู้1 (เมีย:ผู้ = 20:5 ตัว)	28.33±7.64	5.67±1.53 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

1.4 การทดลองย่อยที่ 4 ศึกษาวิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสม

การนำปูเพศเมียและเพศผู้มาเลี้ยงรวมกันในบ่อเดียวกัน ด้วยสัดส่วนเพศเมีย4:เพศผู้1 ทำให้ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์เฉลี่ยมากกว่าวิธีการเลี้ยงแบบกั้นแยกห้องเป็นชุด ๆ (เพศเมีย4 ตัว:เพศผู้1 ตัวต่อช่อง) ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมกับเพศผู้ (ตัว) ในแต่ละชุดการทดลองของการศึกษาวิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสม

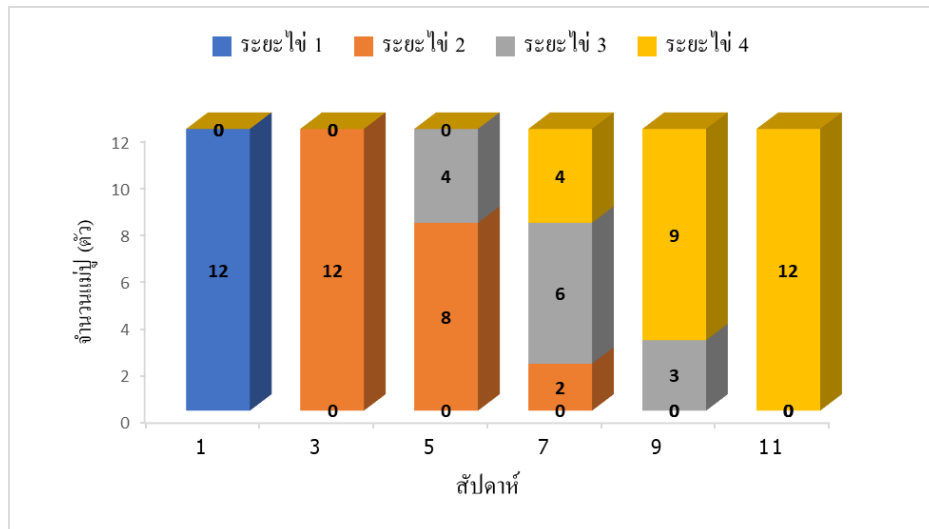
ชุดการทดลอง	ร้อยละของปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเมื่อเทียบกับปูเพศเมียที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง	จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมเฉลี่ย (ตัว)
ชุดที่ 1 ผสมรวมในบ่อเดียวกัน	51.67±10.41	10.33±2.08 ^a
ชุดที่ 2 ผสมแยกเป็นชุด	25.00±5.00	5.00±1.00 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

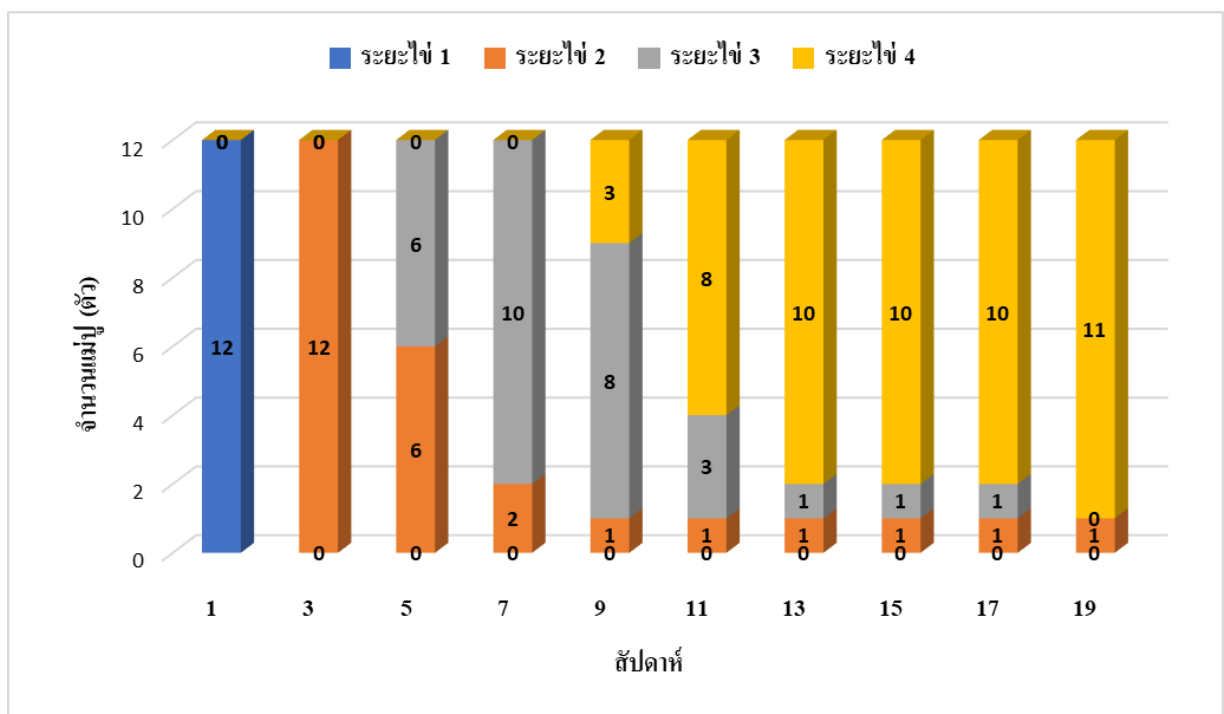
2. ผลการศึกษาส่วนที่ 2 เปรียบเทียบการเลี้ยงแม่ปูไข่แก่ให้มีไข่นอกกระดองจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองกับแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ

2.1 การพัฒนาของรังไข่แม่ปูทะเล

การพัฒนาของรังไข่แม่ปูทะเลจากรังไข่ระยะ 1 จนถึงรังไข่ระยะ 4 ของแม่ปูทะเลที่ผสมเองและแม่ปูทะเลจากธรรมชาติ จากการเก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ พบว่าแม่ปูที่ได้รับการผสมเองมีพัฒนาการของรังไข่ดีกว่าแม่ปูที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ กล่าวคือ แม่ปูทั้ง 12 ตัว สามารถพัฒนารังไข่เป็นระยะที่ 4 ได้ภายในระยะเวลา 11 สัปดาห์ ในขณะที่แม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ จำนวน 11 ตัว ใช้เวลาในการพัฒนารังไข่เป็นระยะที่ 4 รวม 19 สัปดาห์ และเมื่อครบ 19 สัปดาห์ ยังคงมีแม่ปู 1 ตัว ที่ยังมีการพัฒนารังไข่ระยะที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 7 และ 8



ภาพที่ 7 การพัฒนารังไข่ของแม่ปู้ทะเลที่ผสมเอง



ภาพที่ 8 การพัฒนารังไข่ของแม่ปู้ทะเลที่รวบรวมจากธรรมชาติ

2.2 การออกไข่นอกกระดองและความสำเร็จของจำนวนแม่ปู้ที่ได้ซูเอี้ย

เริ่มขุนเลี้ยงแม่ปู้ทะเลที่ผสมเองในโรงเพาะฟักและแม่ปู้ทะเลที่รวบรวมจากธรรมชาติซึ่งมีไข่ระยะที่ 1 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 336.92 ± 62.13 และ 339.33 ± 63.56 กรัม ความกว้างกระดองเฉลี่ย 12.00 ± 0.66 และ 12.27 ± 0.86 เซนติเมตร ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) พบว่า แม่ปู้ทะเลที่ผสมเองและแม่ปู้ที่รวบรวมจากธรรมชาติสามารถออกไข่นอกกระดองได้ 6 และ 4 ตัว คิดเป็น 50.00 และ 33.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความสำเร็จของจำนวนแม่ปู้ที่ได้ซูเอี้ย เท่ากับ 5 และ 2 ตัว คิดเป็น 41.67 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า แม่พันธุ์ปู้ทะเลทั้ง 2 แหล่ง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5 และ 6)

ตารางที่ 5 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของแม่พันธุ์ปูทะเล (ผสมเองและธรรมชาติ) กับการออกไขนอกกระดองและความสำเร็จของจำนวนแม่ปูที่ได้ชูเอี้ยง

	ค่าสถิติ	การออกไขนอกกระดอง	ความสำเร็จของจำนวนแม่ปูที่ได้ชูเอี้ยง
แหล่งของแม่พันธุ์ปู	Chi-square	0.686	1.815
	Sig.	0.408*	0.178*

* ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3 ระยะเวลาในการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลไช่ระยะที่ 1 จนออกไขนอกกระดอง (Latency period) ความดกของไข่ จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยง และอัตราการฟักไข่

ระยะเวลาในการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลไช่ระยะที่ 1 จนออกไขนอกกระดอง (Latency period) พบว่าแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเอง (145.08 ± 41.56 วัน) มีระยะเวลาของการสร้างไข่ให้เต็มกระดองสั้นกว่าแม่พันธุ์ปูทะเลที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ (160.58 ± 34.15 วัน) สำหรับความดกไข่เฉลี่ย พบว่าแม่พันธุ์ปูที่ได้รับการผสมเองมีความดกไข่เฉลี่ยมากกว่า ($3.10 \pm 4.62 \times 10^5$ ฟองต่อตัว) ชดการทดลองที่รวบรวมแม่พันธุ์ปูจากธรรมชาติ โดยมีค่าเท่ากับ $1.93 \pm 2.96 \times 10^5$ ฟองต่อตัว แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยงซึ่งผลิตได้จากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเอง ($2.27 \pm 4.07 \times 10^5$ ตัวต่อแม่) มีค่ามากกว่าแม่พันธุ์ปูทะเลที่รวบรวมจากธรรมชาติ ($0.50 \pm 1.19 \times 10^5$ ตัวต่อแม่) โดยมีอัตราการฟักไข่ของชดการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่า (28.64 ± 36.47 เปอร์เซ็นต์) ชดการทดลองที่ 2 โดยมีค่าเท่ากับ 10.06 ± 24.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 จำนวนแม่ปูทะเลออกไขนอกกระดอง จำนวนแม่ปูทะเลที่ไข่ฟักเป็นชูเอี้ยง ระยะเวลาการขุนเลี้ยงจนออกไขนอกกระดองเฉลี่ย (Latency period) ความดกไข่เฉลี่ย จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยง และอัตราการฟักไข่เฉลี่ยของแม่ปูทะเลในแต่ละชดการทดลอง

	ชดการทดลองที่ 1 (แม่ปูผสมเอง)	ชดการทดลองที่ 2 (แม่ปูธรรมชาติ)
1. น้ำหนักแม่ปูเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)	336.92 ± 62.13^a	339.33 ± 63.56^a
2. ความกว้างกระดองของแม่ปูเริ่มต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร)	12.00 ± 0.66^a	12.27 ± 0.86^a
3. จำนวนแม่ปูทั้งหมด (ตัว)	12	12
4. จำนวนแม่ปูออกไขนอกกระดอง (ตัว)	6 ^a	4 ^a
5. การออกไขนอกกระดอง (เปอร์เซ็นต์)	50	33.33
6. *Adjusted Latency period เฉลี่ย (วัน)	145.08 ± 41.56^a	160.58 ± 34.15^a
7. จำนวนแม่ปูไขนอกกระดองที่ไข่ฟักเป็นชูเอี้ยง (ตัว)	5 ^a	2 ^a
8. แม่ปูไขนอกกระดองที่ไข่ฟักเป็นชูเอี้ยง (เปอร์เซ็นต์)	41.67	16.67
9. ความดกไข่เฉลี่ย (แสนฟองต่อตัว)	3.10 ± 4.62^a	1.93 ± 2.96^a
10. จำนวนลูกปูระยะชูเอี้ยง (แสนตัวต่อแม่)	2.27 ± 4.07^a	0.50 ± 1.19^a
11. อัตราการฟักไข่เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	28.64 ± 36.47^a	10.06 ± 24.16^a

* เป็นค่าปรับของระยะเวลาการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลจากไช่ระยะที่ 1 จนออกไขนอกกระดอง (Latency period) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (180 วัน)

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าในทุกพารามิเตอร์ของการทดสอบมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กรมประมง, 2551) ดังแสดงในตารางที่ 7, 8, 9, 10 และ 11

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในการศึกษาขนาดที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 1)

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
ความเค็ม (ppt)	16	21	16	21	16	21
อุณหภูมิ (°C)	26.5	29.5	26.5	29.5	26.5	29.5
ความเป็นกรดต่าง	7.27	7.51	7.36	7.62	7.17	7.20
ความเป็นด่าง (mg/l)	88	96	94	96	93	118
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.6170	0.9920	0.4533	0.8262	0.4438	0.9498
ไนไตรท์ (mg/l)	0.5858	0.6815	0.1361	0.3578	0.2870	0.6042
ไนเตรท (mg/l)	0.6326	0.9846	0.6726	0.9483	0.6745	0.9647
ฟอสเฟต (mg/l)	0.1067	0.4503	0.0708	0.2352	0.0762	0.4381

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำในการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 2)

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
ความเค็ม (ppt)	23	30	20	30	23	30
อุณหภูมิ (°C)	27.0	30.0	27.0	30.0	27.0	30.0
ความเป็นกรดต่าง	7.39	8.06	7.53	8.04	7.47	8.04
ความเป็นด่าง (mg/l)	110	160	84	143	82	140
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.0694	0.6637	0.0408	0.7102	0.0415	0.6787
ไนไตรท์ (mg/l)	0.0000	0.8964	0.0000	0.9181	0.0000	0.8025
ไนเตรท (mg/l)	0.4759	0.7154	0.4884	0.6783	0.3140	0.6647
ฟอสเฟต (mg/l)	0.0386	0.2220	0.0290	0.4674	0.0230	0.8976

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำในการศึกษาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 3)

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
ความเค็ม (ppt)	22	27	22	27	22	27
อุณหภูมิ (°C)	26.5	30.0	26.5	30.0	26.5	30.0
ความเป็นกรดต่าง	7.59	8.09	7.57	8.10	7.51	8.15
ความเป็นด่าง (mg/l)	97	130	105	135	88	153
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.2876	0.8146	0.5109	0.8705	0.5711	0.8522
ไนไตรท์ (mg/l)	0.0617	0.8162	0.1697	0.9061	0.0879	0.9351
ไนเตรท (mg/l)	0.2140	0.8641	0.1786	0.7575	0.1872	0.8939
ฟอสเฟต (mg/l)	0.0790	0.9637	0.0696	0.4913	0.0131	0.5333

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำในการศึกษาวิธีจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ (การทดลองย่อยที่ 4)

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
ความเค็ม (ppt)	19	21	19	21
อุณหภูมิ (°C)	27.0	29.5	27.0	30.0
ความเป็นกรดต่าง	7.35	7.76	7.37	7.83
ความเป็นด่าง (mg/l)	103	140	104	183
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.2797	0.8564	0.0838	0.9309
ไนไตรท์ (mg/l)	0.0838	0.8242	0.0319	0.8702
ไนเตรท (mg/l)	0.0665	0.9663	0.0640	0.9616
ฟอสเฟต (mg/l)	0.1816	0.5471	0.1408	1.0930

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในการศึกษาประสิทธิภาพการออกไปนอกกระดอง (การศึกษาส่วนที่ 2)

พารามิเตอร์	ระบบขุนเลี้ยงแม่พันธุ์	
	ต่ำสุด	สูงสุด
ความเค็ม (ppt)	27	33
อุณหภูมิ (°C)	27.0	30.0
ความเป็นกรดต่าง	7.11	8.11
ความเป็นด่าง (mg/l)	136	200
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.0220	0.1302
ไนไตรท์ (mg/l)	0.0103	0.1089
ไนเตรท (mg/l)	0.0640	0.5145
ฟอสเฟต (mg/l)	0.0209	0.9544

วิจารณ์ผลการศึกษา

1. ปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์

ในการผสมพันธุ์ปูทะเล ปัจจัยด้านขนาดของปูเพศผู้และเพศเมีย ความหนาแน่น สัดส่วนเพศตลอดถึงวิธีการจัดการในการผสมพันธุ์แบบกลุ่มหรือเดี่ยว เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพื่อให้การผสมพันธุ์ได้สำเร็จในที่กักขัง จากการทดลองทำให้ทราบว่าปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีผลต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ของปูจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าขนาดของปูเพศผู้และเพศเมียสำหรับนำมาใช้ในการผสมพันธุ์ในแต่ละชุดการทดลองส่งผลให้ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ไม่ว่าปูเพศผู้จะเล็กหรือใหญ่กว่าปูเพศเมียก็สามารถจับคู่ผสมพันธุ์กันได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Islam (2015) รายงานว่าไม่ว่าปูเพศผู้และเพศเมียจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กก็สามารถผสมพันธุ์กันได้ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลผลการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ปูเพศเมียที่มีขนาดเล็กกว่าปูเพศผู้ ทำให้ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมเฉลี่ยมากที่สุด (3.00 ± 1.00 ตัว) ในขณะที่ชุดการทดลองซึ่งเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.00 ± 1.00 ตัว แม้ว่าจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับการขยายผลนำข้อมูลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ในกรณีจำนวนปูที่รวบรวมเพื่อนำมาผสมพันธุ์มีปริมาณมากพอทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกขนาดของปูแต่ละเพศได้ ผู้วิจัยมีมติเห็นว่าควรเลือกปูเพศผู้ที่มีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย เพราะได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมจำนวนมากกว่า

พิจารณาปัจจัยความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ พบว่าชุดการทดลองที่ความหนาแน่น 1 และ 2 คู่ต่อตารางเมตร ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมพันธุ์มากกว่าชุดการทดลองความหนาแน่น 1 คู่ต่อ 2 ตารางเมตร อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าชุดการทดลองที่ความหนาแน่น 1 และ 2 คู่ต่อตารางเมตร ให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อคำนึงถึงความคุ้มค่าในการจัดหาพันธุ์ปูเข้ามาใช้ในการผสมพันธุ์ 2 คู่ต่อตารางเมตร มีค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนในการจัดซื้อพันธุ์ปู ตลอดถึงต้นทุนอาหารที่นำมาเลี้ยงมากกว่า ทำให้มีต้นทุนสูงกว่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงแนะนำให้เลือกการจับคู่ผสมพันธุ์ปูทะเลที่ความหนาแน่น 1 คู่ต่อตารางเมตร จะคุ้มค่ากว่า Islam (2015) ศึกษาการผสมพันธุ์ปูขาว (*Scylla paramamosain*, Estampador, 1949) ในที่กักขังและเสนอแนะว่าความหนาแน่นปูที่นำมาผสมพันธุ์ คือ 1.2 - 2 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ แต่จากรายงานของ Waiho *et al.* (2015) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมปูดำ *Scylla olivacea* พบว่าความหนาแน่นมีผลต่อการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยกล่าวว่าการตายสะสมจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความหนาแน่นและเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตแม่ปูได้สูงสุด (คู่ผสมพันธุ์ที่ประสบความสำเร็จ) แนะนำให้ทำการเลี้ยงปูเพศผู้และเพศเมียเพื่อจุดประสงค์ของการผสมพันธุ์ด้วยความหนาแน่นของปู 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยทำให้ปูมีอัตราการตายต่ำ และลดระยะเวลาในการที่เพศผู้จะต้องเฝ้าดูแลเพศเมียหลังจากมีผสมพันธุ์ให้สั้นลง

เมื่อพิจารณาสัดส่วนเพศที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ การจับคู่ผสมพันธุ์ด้วยสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:1 ทำให้ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์เฉลี่ยมากที่สุด และสัดส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ 1:1 ได้จำนวนปูที่ได้รับการผสมน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดให้มีเพศเมียจำนวนมากกว่าเพศผู้ อาจเป็นโอกาสให้ปูเพศผู้ได้เลือกคู่ได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Islam (2015) แนะนำว่าสัดส่วนปูเพศเมียต่อปูเพศผู้ที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ คือ 2:1 - 4:1 ตัว แต่ข้อมูลจากการทดลองครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับ Waiho *et al.* (2015) ที่รายงานว่าสัดส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์สำเร็จของการจับคู่ผสมพันธุ์ และการตายสะสมจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความหนาแน่นและสัดส่วนเพศไม่เท่ากัน และแนะนำให้ทำการเลี้ยงปูเพศเมียและเพศผู้เพื่อจุดประสงค์ของการผสมพันธุ์โดยใช้อัตราส่วนเพศของตัวเมีย 2 ตัวต่อตัวผู้ 1 ตัว จากการศึกษาของ

อาภรณ์ และคณะ (2558) ศึกษาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูทะเล (*S. paramamosain*, Estampador, 1949) จากลูกพันธุ์โรงเพาะฟัก โดยปล่อยให้ปูเพศเมียและเพศผู้ผสมพันธุ์กันเองตามธรรมชาติในบ่อดิน ด้วยอัตราส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ 1:1

ในส่วนของการศึกษาวิธีการจับคู่ผสมพันธุ์ที่เหมาะสม พบว่าการนำปูเพศเมียและเพศผู้มาเลี้ยงรวมกันในบ่อเดียว ด้วยสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:1 ทำให้ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์เฉลี่ยมากกว่าวิธีการเลี้ยงแบบกั้นแยกห้องเป็นชุด ๆ (เพศเมีย:เพศผู้ 4:1 ต่อห้อง) การที่ปูเพศผู้มีโอกาสได้เลือกปูเพศเมียด้วยตัวเองจะทำให้ได้จำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมมากกว่าการจัดการแยกผสมเป็นชุด ทำให้จำนวนตัวผู้แต่ละชุดมีแค่ตัวเดียว โอกาสที่ตัวเมียจะเลือกตัวผู้มีน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับ Islam (2015) ซึ่งได้รายงานถึงการประสบความสำเร็จในผสมพันธุ์ภายใต้สภาวะแบบรวมกลุ่ม ด้วยสัดส่วนเพศเมีย:เพศผู้ 4:2 - 8:2 ที่ความหนาแน่น 1.2 - 2 ตัวต่อตารางเมตร

2. เปรียบเทียบการเลี้ยงแม่ปูไข่แก่ให้มีไข่นอกกระดองจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองกับแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ

แม่ปูทะเลถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับการผสมและไม่ได้เก็บน้ำเชื้อไว้ในตัว ก็สามารถสร้างไข่และปล่อยไข่ออกนอกกระดองได้ แต่ไข่ที่ปล่อยออกมาเมื่อไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อของปูเพศผู้ ไข่ก็จะไม่มีการพัฒนาและไม่ฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอีย ดังนั้นในการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองที่มีคุณภาพตลอดถึงไข่มีการพัฒนาและฟักเป็นลูกปูวัยอ่อนระยะซูเอีย ถ้ามีวิธีการผลิตแม่พันธุ์ปูไข่ในกระดองที่ดีทดแทนการรวบรวมแม่ปูไข่แก่จากธรรมชาติซึ่งไม่มั่นใจว่าแม่ปูเหล่านั้นมีน้ำเชื้อเก็บอยู่ในถุงเก็บน้ำเชื้อหรือไม่ การนำปูเพศเมียระยะไม่สมบูรณ์เพศชั้นที่ 2 มาผสมกับเพศผู้ระยะสมบูรณ์เพศในที่กักขังทำให้ตรวจสอบได้ว่าแม่ปูได้รับการผสมและเก็บน้ำเชื้อไว้ในตัว เป็นวิธีการหนึ่งที่สร้างความมั่นใจว่าแม่ปูได้รับการผสมแล้วอย่างแน่นอน

เมื่อพิจารณานำแม่พันธุ์ปูทะเลที่ผสมเองในที่กักขังมาศึกษาเปรียบเทียบกับแม่พันธุ์ปูที่รวบรวมมาจากธรรมชาติ ซึ่งแม่พันธุ์ปูทะเลทั้ง 2 ชุดการทดลอง ที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบมีทั้งน้ำหนักและความกว้างกระดองใกล้เคียงกัน และจากผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าในทุกตัวแปรที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากจำนวนไข่ในแต่ละชุดการทดลองมีน้อย (12 ไข่ต่อชุดการทดลอง) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Islam (2015) พบว่า ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่ปูและคุณภาพของลูกปูวัยอ่อนที่ได้รับการผสมพันธุ์เองในที่กักขังไม่มีความแตกต่างกับปูธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่าแนวโน้มของการผลิตแม่พันธุ์ปูทะเลด้วยการผสมเองในที่กักขังให้ผลของจำนวนแม่ปูทะเลที่ออกไข่นอกกระดอง จำนวนแม่ปูทะเลที่ออกไข่นอกกระดองแล้วฟักไข่เป็นตัวอ่อนระยะซูเอียสำเร็จ ระยะเวลาในการขุนเลี้ยงแม่ปูทะเลจากรังไข่ระยะที่ 1 จนกระทั่งออกไข่นอกกระดองเฉลี่ย (Latency period) ความตกไข่เฉลี่ยและอัตราการฟักไข่เฉลี่ยดีกว่าชุดการทดลองที่รวบรวมแม่พันธุ์ปูทะเลมาจากธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดการทดลองที่ใช้แม่พันธุ์ปูทะเลจากการผสมเองในที่กักขัง ทำให้ทราบได้แน่นอนว่าแม่พันธุ์ปูทะเลตัวนั้น ๆ ได้รับการผสมพันธุ์และเก็บน้ำเชื้อไว้ในตัวแล้ว เมื่อปูจับคู่ผสมพันธุ์แล้ว ปูเพศเมียจะเก็บน้ำเชื้อไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อได้นานถึง 6 เดือน (Nghia *et al.*, 2001) หรือจนกว่าแม่พันธุ์ปูจะปล่อยไข่ออกนอกกระดอง (Phelan and Grubert, 2007) ซึ่งต่างจากแม่พันธุ์ปูทะเลที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ ไม่สามารถกำหนดหรือทราบได้ชัดเจนว่าแม่ปูได้เก็บน้ำเชื้อไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อภายในตัวของแม่พันธุ์ปูหรือไม่เพราะแม่ปูมีการสร้างไข่ภายในกระดองและสามารถปล่อยไข่ออกมานอกกระดองได้แม้ว่าจะไม่มีน้ำเชื้อมาผสม แต่อย่างไรก็ตามไข่เมื่อมีน้ำเชื้อผสมก็ไม่สามารถพัฒนาและฟักเป็นตัวอ่อนระยะซูเอีย ทำให้ผลการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มการผลิต

แม่พันธุ์ปูโดยการนำปูเพศผู้และเพศเมียมาผสมเองมีประสิทธิภาพดีกว่าแม่พันธุ์ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติในทุก ๆ ตัวแปรที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการพัฒนาของรังไข่ พบว่าแม่ปูที่ได้รับการผสมเองมีระยะเวลาของการพัฒนารังไข่จนเต็มกระดองได้เร็วกว่าแม่ปูที่รวบรวมจากธรรมชาติ ซึ่ง FAO (2011) รายงานว่าการพัฒนารังไข่ของแม่ปูหลังจากได้รับการผสมพันธุ์ ใช้เวลา 30 - 60 วัน หรือนานกว่า โดยผลการทดลองครั้งนี้แม่ปูที่ได้รับการผสมเองบางตัว (จำนวน 4 ตัว) มีการพัฒนารังไข่เป็นรังไข่ระยะที่ 4 ใช้เวลา 49 วัน และแม่ปูจากธรรมชาติจำนวน 3 ตัว มีพัฒนาการของรังไข่ระยะที่ 4 ในระยะเวลา 63 วัน (ภาพที่ 7 และ 8)

3. คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองในแต่ละการศึกษา ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นปริมาณแอมโมเนียรวมของการศึกษาส่วนที่ 1 (การทดลองย่อยที่ 1 - 4) มีค่าสูงกว่าเกินมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งค่าที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 0.4 mg/l ตามคำแนะนำ คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งทะเล (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร แห่งชาติ, 2553) แต่อย่างไรก็ตามระดับของแอมโมเนียจากการทดลองในครั้งนี้ไม่ได้ส่งผลต่อปูทดลอง และเมื่อตรวจพบว่าค่าแอมโมเนียสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ก็มีการแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

สรุปผลการศึกษา

การนำปูเพศเมียและเพศผู้มาผสมเองในที่กักขังทำให้ได้แม่พันธุ์ปูที่มีแนวโน้มการพัฒนารังไข่จำนวนแม่ปูไขนอกกระดอง จำนวนแม่ปูที่ฟักไข่เป็นซูเอียได้สำเร็จ Latency period ความตกไข่ จำนวนลูกปูวัยอ่อนระยะซูเอีย และอัตราการฟักไข่ที่ดีกว่าแม่พันธุ์ปูที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ ซึ่งในการจับคู่ผสมพันธุ์ของปูทะเล ขนาดปูเพศผู้และเพศเมียที่นำมาผสมพันธุ์ไม่ว่าเพศไหนจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กกว่าก็ไม่มีผลทางสถิติต่อจำนวนแม่ปูที่ได้รับการผสมพันธุ์ ส่วนความหนาแน่นของปูที่นำมาผสมพันธุ์ จำนวน 1 และ 2 คู่ต่อตารางเมตร ให้ผลจำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีสัดส่วนปูเพศเมียต่อปูเพศผู้ 4:1 ได้จำนวนปูเพศเมียที่ได้รับการผสมมากที่สุด และการนำปูเพศเมียและเพศผู้ทั้งหมดผสมรวมในบ่อเดียวกันเพื่อให้ปูได้มีโอกาสเลือกคู่ผสมพันธุ์เองให้ผลที่ดีกว่าการผสมแยกเป็นชุด ๆ

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยความหนาแน่นในการทดลอง พบว่าความหนาแน่นของปูทะเลเพศผู้และเพศเมียที่เหมาะสมในการจับคู่ผสมพันธุ์ คือ 1 - 2 คู่ต่อตารางเมตร แต่เพื่อความคุ้มทุนผู้วิจัยแนะนำให้ใช้ความหนาแน่น 1 คู่ต่อตารางเมตร เพราะความหนาแน่น 2 คู่ต่อตารางเมตร มีต้นทุนค่าพันธุ์ปูสูงกว่า ในขณะที่ได้จำนวนแม่ปูที่ผสมสำเร็จในปริมาณใกล้เคียงกันกับความหนาแน่น 1 คู่ต่อตารางเมตร

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานโรงเพาะพันธุ์ปู งานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำชายฝั่ง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานีทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล นายสามารถ เดชสถิตย์ นักวิชาการประมงชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกระบี่ ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ขอขอบคุณคณะกรรมการวิชาการของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานีที่ได้ตรวจสอบเล่างานวิจัยในเบื้องต้น และสุดท้ายขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิชาการและคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิชาการของกองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยเล่มนี้จนแล้วเสร็จ และมีความสมบูรณ์ ถูกต้องยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

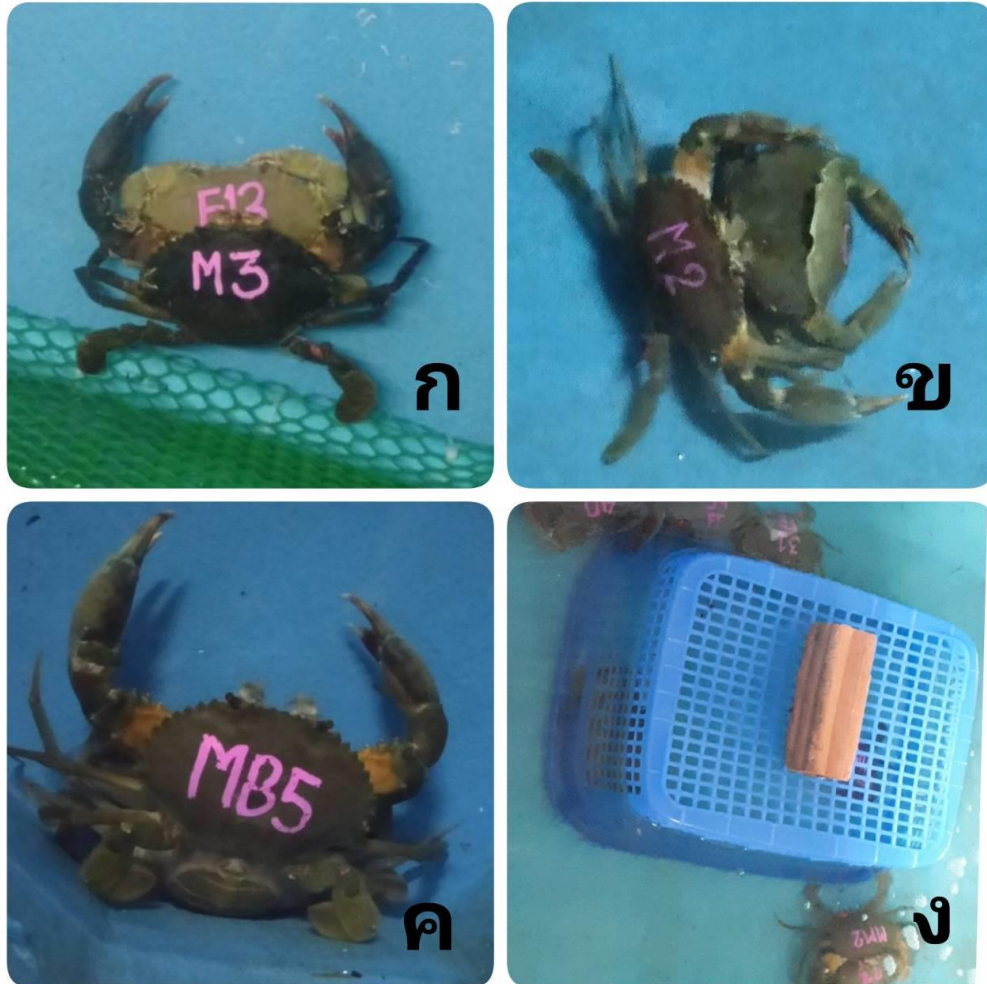
- กรมประมง. 2551. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 233 หน้า.
- กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2564. คู่มือการเพาะเลี้ยงปูทะเล. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. กรุงเทพฯ. 45 หน้า.
- กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง. 2565. เอกสารฉบับที่ 4/2565. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2563. แหล่งที่มา: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20220602105941_1_file.pdf. 16 มิถุนายน 2565.
- บังอร ศรีมุกดา. 2538ก. การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเล *Scylla serrata* (Forsk.) ให้มีไข่นอกกระดองในบ่อซีเมนต์และในกระชัง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2538. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 46 หน้า.
- บังอร ศรีมุกดา. 2538ข. การทดลองเลี้ยงแม่ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองและการอนุบาลลูกปูทะเลวัยอ่อน *Scylla serrata* (Forsk.). เอกสารวิชาการฉบับที่ 47/2538. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 28 หน้า.
- บังอร ศรีมุกดา และ สรณัญช์ จำปาศรี. 2539. การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 32/2539. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 28 หน้า.
- ปรีศนา คลั่งสุขคล้าย, โกวิทย์ แก้วเอียน และ เจษฎา ถังมณี. 2560. ผลของการให้อาหารสูตรต่าง ๆ ต่อความสมบูรณ์เพศของปูขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2560. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.
- รัชฎา ขาวหนูนา. 2543. ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla* spp.) ให้มีไข่นอกกระดอง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 36/2543. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 16 หน้า.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง. 2560. แหล่งที่มา: http://www1.fisheries.go.th/it-stat/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72. 29 มีนาคม 2560.

- สิริวรรณ หนูแข่ง และ มณฑกานติ ท้ามดิน. 2559. ผลของแหล่งไขมันที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949). เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2559. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 20 หน้า.
- สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. การปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะและอนุบาลลูกกุ้งทะเล. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.
- อภรณ์ เทพพานิช, สิริวรรณ หนูแข่ง, ชีระยุทธ์ สวัสดิ์ และ สมศรี จันทร์ประสาท. 2558. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2558. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) จากลูกพันธุ์โรงเพาะฟัก. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 17 หน้า.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. United Book Press, Inc, Maryland. 1268 pp.
- Azmie, G., A. M. A. Bolong, W. M. Faizal and M. Ikhwanuddin. 2012. Ovarian maturation stages of orange mud crab, *Scylla olivacea*.
- Chandra, K.J., A. K. Paul and D. R. Daset. 2012. A survey on the production and marketing of mud crab, *Scylla serrata* (Forsk., 1755) in the south-western part of Bangladesh, *IJSR*. 1(3): p. 44 – 55.
- Christensen, S. M., D. J. Macintosh and N. T. Phuong. 2004. Pond production of the mud crabs *Scylla paramamosain* (Estampador) and *S. olivacea* (Herbst) in the Mekong Delta, Vietnam, using two different supplementary diets. *Aquac. Res.* 35 (11): 1013-1024.
- Djunaidah, I. S., M. Wille, E. K. Kontara and P. Sorgeloos. 2003. Reproductive performance and offspring quality in mud crab (*Scylla paramamosain*) broodstock fed different diets. *Aquac Int.* 11 (1): 3-15.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Mud crab aquaculture – A practical manual. Shelley, C. and Lovatelli, A. editors. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 567. Rome. 78 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. Species fact sheets, *Scylla serrata*. Available source: <http://www.fao.org/fishery/species/2637/en>. June 3, 2021.
- Ferdoushi, Z. and Z. Xiang-Guo. 2010. Economic analysis of traditional mud crab (*Scylla* sp.) fattening in Bangladesh. *Mar. Res. Aquac.* 1(1).
- Islam, M. L. 2015. Breeding and larvae rearing of the green mud crab, *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) in captivity. Thesis of the degree of Doctor of Philosophy (PhD). University Sains Malaysia. 180 pp.
- Islam, M. S., K. Kodama and H. Kurokura. 2010. Ovarian Development of the Mud Crab *Scylla paramamosain* in a Tropical Mangrove Swamps, Thailand. *J. Sci. Res.* 2: 380-389.

- Manivannan, K., M. Sudhakar, R. Murugesan and P. Soundarapandian. 2010. Effect of feed on the biochemical composition of commercially important mud crab *Scylla tranquebarica* (Fabricius 1798). *J Anim Vet Adv.* 2 (1): 16-20.
- Misieng, J. D. A. 2007. Reproductive performance of orange mud crab, *Scylla olivacea* (Herbst), broodstock fed selected foods. Master thesis of Sciences. University Putra Malaysia. 90 pp.
- Muhd-Farouk, H., S. Jasmani and M. Ikhwanuddin. 2016. Effect of vertebrate steroid hormones on the ovarian maturation stages of orange mud crab, *Scylla olivacea* (Herbst, 1796). *Aquaculture.* 451: 78-86.
- Nghia, T. T., M. Wille, and P. Sorgeloos. 2001. Effects of light, eyestalk ablation and seasonal cycle on the reproductive performance of captive mud crab (*Scylla paramamosain*) Broodstock in the Mekong Delta, Vietnam. In Book of Abstracts: 2001 Workshop on Mud Crab Rearing, Ecology and Fisheries. Institute for Marine Aquaculture, Can Tho University, Vietnam, 8th-10th January (pp. 4-5).
- Pattiasina, B. J., E. Jamal and A. Y. Pattinasarany. 2012. The effect of different feed on the spawning performance of mud crab *Scylla serrata* broodstock. *Indones. Aquac. J.* 11 (1): 153–161. (in Indonesian, English abstract).
- Pattiasina, B. J., M. Zairin Jr, I. Mokoginta, R. Affandi and W. Manalu. 2010. Ovarian development of female mud crab, *Scylla serrata* supplemented with cholesterol and injected with serotonin. *Indones. Aquac. J.* 9 (1): 67-76. (in Indonesian, English abstract).
- Phelan, M. and M. Grubert. 2007. The life cycle of the mud crab. Fishnote No. 11, Department of Primary Industry. *Fisheries and Mines*, Darwin, Australia.
- Quinitio, E. T., J. J. de la Cruz, M. R. R. Eguia, F. D. Parado-Esteva, G. Pates and C. R. Lavilla-Pitogo. 2011. Domestication of the mud crab *Scylla serrata*. *Aquac Int.* 19: 237-250.
- Sasaki, K. and Y. Sawada. 1980. Determination of Ammonia in Estuary. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 46 (3): 319-321.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. 167(Second Edition), Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310 pp.
- Triño, A. T., O. M. Millamena and C. P. Keenan. 2001. Pond culture of the mud crab *Scylla serrata* (Forsk.) fed formulated diet with or without vitamin and mineral supplements. *Asian Fish. Sci.* 14 (2): 191-200.
- Waiho, K., M. Mustaqim, H. Fazhan, W. Ibrahim, W. Norfaizza, F. H., Megat and M. Ikhwanuddin. 2015. Mating behaviour of the orange mud crab, *Scylla olivacea*: The effect of sex ratio and stocking density on mating success. *Aquac. Rep.* 2: 50-57.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 พฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์และการเฝ้าระวังหลังจากแม่ปูได้รับการผสมพันธุ์แล้ว



ภาพ ก การที่ปูเพศผู้เลือกปูเพศเมียและเฝ้าประคองก่อนการจับคู่ผสม (precopulation)

ภาพ ข ก่อนมีการผสมพันธุ์ ปูเพศเมียมีการลอกคราบและปูเพศผู้ยังคงเฝ้าประคอง (molting)

ภาพ ค การจับคู่ผสมพันธุ์ โดยปูเพศผู้จะจับปูเพศเมียที่ผ่านการลอกคราบใหม่และมีกระดองนุ่ม หายเพื่อการผสมพันธุ์ (copulation)

ภาพ ง หลังการจับคู่ผสมพันธุ์ ปูเพศผู้เฉพาะบางตัวยังคงเฝ้าป้องกันปูเพศเมีย จำเป็นต้องใช้วัสดุครอบเพื่อช่วยป้องกันอันตรายให้แก่แม่ปู จนกระทั่งแม่ปูมีกระดองเริ่มแข็ง (postcopulation)

ภาพผนวกที่ 2 การพัฒนาของรังไข่ปูทะเลระยะที่ 1 - 4 ตรวจสอบด้วยวิธีการส่องไฟเพื่อดูลักษณะสีฐานของรังไข่ภายนอก (external ovary morphology) และการผ่าเปิดกระดองเพื่อดูลักษณะรังไข่ภายใน



รังไข่ระยะที่ 1

รังไข่ระยะที่ 2



รังไข่ระยะที่ 3

รังไข่ระยะที่ 4