# การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเล (*Perinereis nuntia*)

# Heritability Estimate for Body Weight of Polychaete (*Perinereis nuntia*)


**กฤษฎา สุขเจริญ**

**Krisada Sukjarern**


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา**

**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์**

**มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of**

**Master of Science in Aquatic Science**

**Prince of Songkla University**

**2554**


**ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเล (*Perinereis nuntia*)
ผู้เขียน นายกฤษฎา สุขเจริญ
สาขาวิชา วาริชศาสตร์

---

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คณะกรรมการสอบ**

| | |
|---|---|
| ..... | .....ประธานกรรมการ |
| (ผศ.ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ) | (ดร.โอภาส ตันติฐากูร) |
| | .....กรรมการ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | (ผศ.ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ) |
| ..... | .....กรรมการ |
| (ดร.พิศิษฐ์ พลธนะ) | (ดร.พิศิษฐ์ พลธนะ) |
| | .....กรรมการ |
| | (ผศ.ดร.อารักษ์ จันทศิลป์) |

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต สาขาวาริชศาสตร์

.....

(ศ.ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

**ชื่อวิทยานิพนธ์** การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเล (*Perinereis nuntia*)

**ผู้เขียน** นายกฤษฎา สุขเจริญ

**สาขาวิชา** วาริชศาสตร์

**ปีการศึกษา** 2553

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเลที่อายุ 4 เดือน และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจากกราฟการเจริญเติบโตของสมการ Gompertz และสมการ Logistic โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลตั้งแต่อายุ 2 เดือนจนถึงอายุ 10 เดือน ในการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต พบว่าสมการ Gompertz และ Logistic ให้ค่าน้ำหนักตัวโตเต็มที่เท่ากับ 0.83 กรัม และ 0.78 กรัม ตามลำดับ การศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมใช้แผนการผสมพันธุ์แบบเน็สเต็ด ดีไซน์ (nested design) และเทคนิคการผสมเทียมโดยอัตราส่วนการผสมพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์เป็น 1 : 2 สามารถผลิตไส้เดือนทะเลพ่อแม่เดียวกัน (full-sib) 28 ครอบครัว (14 half-sib) นำข้อมูลน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 120 วัน มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรม พบว่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้จากความแปรปรวนระหว่างพ่อมีค่าต่ำมาก ($h^2_S = 0.037 \pm 0.35$) ในขณะที่อัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้จากความแปรปรวนระหว่างแม่มีค่ามากกว่า 1 ($h^2_D = 1.312 \pm 0.44$) แสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลจากพันธุกรรมที่ไม่ใช่มาจากยีนบวกสะสม และ/หรืออิทธิพลจากการร่วมสิ่งแวดล้อม รวมอยู่ในความแปรปรวนระหว่างแม่สูง เมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมจากการศึกษานี้อาจกล่าวได้ว่าแนวทางการปรับปรุงไส้เดือนทะเลในประชากรที่ทำการศึกษาให้มีการเจริญเติบโตที่ดี ควรเน้นการจัดการการเลี้ยง เช่น การให้อาหาร การจัดการสภาพแวดล้อม เป็นต้น

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Heritability estimate for body weight of polychaete (*Perinereis nuntia*) |
| **Author** | Mr. Krisada Sukjarern |
| **Major Program** | Aquatic Science |
| **Academic Year** | 2010 |


## ABSTRACT

The objective of this study is to estimate heritability of polychaete body weight at four months of age and to study the polychaete growth rate by using growth functions of Gompertz and Logistic. The body weight of polychaete at ages between 2 to 10 months was used for growth rate analysis. The polychaete maximum body weights from Gompertz and Logistic models were 0.83 and 0.78 g., respectively. The heritability was studied by using nested mating design and the polychaete body weight at 120 days old progeny from 14 sires and 28 dams by artificial fertilization of 2 females by single male (28 full-sib within 14 paternal half-sib families) were used for calculating the heritability. The estimated heritability based on sire components of variance is very low ($h^2_S = 0.037 \pm 0.35$), while the estimate based on dam components of variance was more than 1 ($h^2_D = 1.312 \pm 0.44$). The results point to the fact that non-additive genetic and/or common environmental effects should considered in the present data. Finally, the estimated heritability seems to indicate that to improve growth rate of the studied polychaete population, various courses of action such as feeding and environmental management should be taken into consideration.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะและความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.พิศิษฐ์ พลธนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาชี้แนะและให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงกรุณาช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากบัณฑิตศึกษา และทุนจากศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวาริชศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกๆ ท่านที่ช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาในการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นพ. บุญเสริม วิทยชำนาญกุล ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง ที่กรุณาให้โอกาสและเวลาแก่ผู้วิจัยในการศึกษาในครั้งนี้ และยังให้คำปรึกษาในด้านแนวความคิดที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ทำการวิจัย ตลอดจนสนับสนุนและเอื้อเฟื้อในการใช้สถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสมใจ วงศ์ตรีภพ คุณเริงศักดิ์ ลัภนาเคนทร์ คุณแสนสุข ลายพรหม คุณเกียรติศักดิ์ จันทร์เทพ คุณศรีวิวัฒน์ ลอยทุ่ง และพนักงานของศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้งทุกๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในด้านต่างๆ ระหว่างการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณชุติณทรา นิลพันธุ์ และเพื่อนร่วมรุ่นปีการศึกษา 2549 ทุกๆ ท่าน รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ที่ช่วยให้กำลังใจ ตลอดจนช่วยเหลือในการดำเนินการเรียนการสอน จนผู้วิจัยสามารถดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ได้อย่างราบรื่น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอพระคุณ พ่อโกวิทย์ และแม่บุญให้ สุขเจริญ บุพการีผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างที่คอยดูแลและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

กฤษฎา สุขเจริญ

**สารบัญ**

**หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย……..……..……...…..……..(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..……..……(4)
กิตติกรรมประกาศ……...……...…….....(5)
รายการตาราง……...……..…….....(7)
รายการรูปประกอบ……..…….……...…….....(8)

บทที่

1. บทนำ……..……...……...……1
    บทนำต้นเรื่อง……..1
    การตรวจเอกสาร……..…….…..6
    วัตถุประสงค์……..……..…….....27
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ……...…….28
3. ผลการศึกษา……...45
4. วิจารณ์ผลการศึกษา.....……...……...……...50
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ……..53

บรรณานุกรม……...……..…..……...……....55
ภาคผนวก……...……..…...……...……..……..60
ประวัติผู้เขียน……...……..……..…..…….66

**รายการตาราง**

**ตารางที่** **หน้า**


1. ผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยงของโลก ปี 2549-2553……..….1
2. คุณค่าทางอาหารของไส้เดือนทะเล……...…….……..3
3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน……...…….……...…….……..22
4. การแปลงค่าความแปรปรวนให้อยู่ในรูปของอัตราพันธุกรรม ($h^2$)……..…..….23
5. ไส้เดือนทะเลที่รวบรวมได้จากจากธรรมชาติ……...…….….34
6. น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) และอัตรารอด (%) ของไส้เดือนทะเลในแต่ละช่วงอายุ..... 45
7. น้ำหนักเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล……...…….……48
8. น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) และอัตรารอด (%) ของไส้เดือนทะเล 28 ครอบครัว(n=2430)…..……..48
9. การวิเคราะห์ความแปรปรวน……...…….……...49
10. ค่าอัตราพันธุกรรมของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน……...…….....49
11. การเปรียบเทียบน้ำหนักตัว (กรัม) จากการทดลองและที่คำนวณได้ตามสมการ Gompertz และสมการ Logistic……...……...….51

## รายการรูปประกอบ

**รูปที่** **หน้า**


1. ลักษณะส่วนหัวของไส้เดือนทะเล……..……..6
2. พฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนทะเลในโรงเพาะเลี้ยง……..……..…….7
3. การขุดไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ…….……...……...9
4. การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ……...…….....9
5. ไส้เดือนทะเลระยะตัวเต็มวัย (Atokous)…….……...……..10
6. ไส้เดือนทะเลระยะสืบพันธุ์ (Epitokous)…….……...……....11
7. พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของไส้เดือนทะเล (Nuptial dance)……...…….…12
8. พัฒนาการในแต่ละระยะของไส้เดือนทะเล…….……...……...…13
9. ทรายธรรมชาติ…….……...…29
10. การร่อนทรายสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนทะเล……...……...30
11. การล้างทำความสะอาดทราย……...……...31
12. การตากทรายให้แห้งสนิท……...……...31
13. กระบะพลาสติกสำหรับเลี้ยงไส้เดือนทะเล……...…….32
14. พื้นก้นบ่อเลี้ยงไส้เดือนทะเล……...……....32
15. บ่อเลี้ยงไส้เดือนทะเล……...……...32
16. ขั้นตอนการเตรียมน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล……...……33
17. การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ……..……..…...…….34
18. อาคารหน่วยงานช่างและระบบน้ำ…….……...……..35
19. การให้อาหารไส้เดือนทะเล……...…….36
20. การเปลี่ยนถ่ายน้ำ……...……..…36
21. อ่างเพาะพันธุ์ไส้เดือนทะเล……...…….37
22. ถังเพาะฟักไส้เดือนทะเล…….....……..37
23. การสุ่มนับตัวอ่อนไส้เดือนทะเล……...……..38
24. อาหารสมทบลูกกุ้งวัยอ่อน (TNT เบอร์ 2)…...……...….....39
25. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล…….……...……...……...41

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

26. แผนการผสมพันธุ์แบบ nested design……..……...……....43
27. กราฟการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลในแต่ละช่วงอายุ…….…….…....46
28. กราฟการเจริญเติบโตภายใต้สมการการเจริญเติบโตแบบ Gompertz……...…...….....47
29. กราฟการเจริญเติบโตภายใต้สมการการเจริญเติบโตแบบ Logistic……...…...…..47

# บทที่ 1
# บทนำ

## บทนำต้นเรื่อง

การที่ประชากรโลกและประชากรของประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการ อาหาร เพื่อการบริโภคสูงขึ้นตามลำดับ เป็นเหตุให้แหล่งผลิตอาหารโปรตีนจากสัตว์บกเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอกับความต้องการบริโภค ดังนั้นอาหารโปรตีนจากสัตว์น้ำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการบริโภค และจากสถิติมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรทั้งหมด พบว่าสินค้าสัตว์น้ำมีสัดส่วนถึง 26 % โดยครึ่งหนึ่งมาจากสินค้ากุ้งและผลิตภัณฑ์ และเป็นสินค้าที่ประเทศไทยครองการเป็นผู้นำในการส่งออกมาตั้งแต่ปี 2534 (วิสุทธิ์, 2554) และมีผลผลิตกุ้งทะเลเพิ่มขึ้นจาก 102,530 ตันในปี พ.ศ. 2529 เป็น 114,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2539 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2539) และในปี 2553 มีการประมาณว่าจะมีผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงของโลกปริมาณรวม 1.95 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1 ผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยงของโลกปี 2549-2553**

| ประเทศ | 2549 | 2550 | 2551 | 2552 | 2553 | อัตราเพิ่ม (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ไทย | 507,000 | 444,750 | 446,330 | 566,900 | 510,000 | 2.58 |
| จีน | 400,000 | 480,000 | 500,000 | 550,000 | 540,000 | 7.64 |
| อินโดนีเซีย | 260,000 | 285,000 | 300,000 | 300,000 | 250,000 | -0.27 |
| เอกวาดอร์ | 140,000 | 150,000 | 150,000 | 120,000 | 110,000 | -6.81 |
| เวียดนาม | 133,000 | 145,000 | 140,000 | 130,000 | 120,000 | -3.10 |
| อินเดีย | 103,000 | 110,000 | 120,000 | 130,000 | 130,000 | 6.53 |
| บราซิล | 50,000 | 60,000 | 50,000 | 50,000 | 40,000 | -6.09 |
| อื่นๆ | 330,000 | 432,250 | 393,670 | 253,100 | 250,000 | -10.33 |
| **รวมทั้งหมด** | **1,923,000** | **2,107,000** | **2,100,000** | **2,100,000** | **1,950,000** | **0.25** |

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553

สำหรับประเทศไทยผลผลิตของกุ้งทะเลส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยง (78 %) มากกว่าการจับจากธรรมชาติ (22%) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) และกระแสการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในปัจจุบันนั้นเป็นที่สนใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ทะเลในประเทศไทยมาอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าหากจะให้การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลพัฒนาไปอย่างยั่งยืนจะต้องมีการเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล ได้เอง เพื่อลดการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลจากต่างประเทศ และลดการจับพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติ และเป็นไปในลักษณะของการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีความเหมาะสมกับระบบการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรไทย สำหรับการเพาะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลนั้น อาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญพันธุ์และการพัฒนารังไข่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ ไส้เดือนทะเลมีชีวิต จากการประมาณการใช้พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวในปัจจุบัน พบว่าจากปริมาณผลผลิตกุ้งขาวที่ประมาณ 350,000 ตัน (สถาบันทรัพยากรทางน้ำ, 2550) จะต้องใช้แม่พันธุ์กุ้งขาวเป็นจำนวน 2,000,000 ตัว เพื่อผลิตลูกกุ้ง พ่อแม่พันธุ์กุ้งเหล่านี้ มีความจำเป็นที่จะต้องกินไส้เดือนทะเลเป็นอาหารเพื่อให้มีความสมบูรณ์พันธุ์ที่จะผลิตลูกกุ้งที่มีคุณภาพ โดยจะใช้ไส้เดือนทะเลประมาณ 100,000 กิโลกรัม/ปี ถ้าไส้เดือนทะเลปลอดเชื้อราคากิโลกรัมละ 600 บาท จะคิดเป็นมูลค่าไส้เดือนทะเลประมาณ 60,000,000 บาท/ปี การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งไม่ว่าจะเป็นกุ้งกุลาดำ หรือกุ้งขาว จึงต้องการไส้เดือนทะเลเป็นจำนวนมากซึ่งอาจจะเป็นไส้เดือนทะเลที่ได้จากการจับจากธรรมชาติมาจำหน่ายซึ่งวิธีนี้อาจจะเป็นการทำลายสายพันธุ์ไส้เดือนทะเลในธรรมชาติ และเป็นการประกอบกิจการทางการเกษตรที่ไม่ยั่งยืน อีกทั้งไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติสามารถนำเชื้อไวรัส ก่อโรค และแบคทีเรีย มาสู่พ่อแม่พันธุ์กุ้ง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อลูกกุ้งทะเลได้ ถ้าสามารถเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลได้ก็จะทำให้สามารถผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงในระบบแบบครบวงจร ได้ เป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลที่มีคุณภาพและปลอดเชื้อ ทำให้ต้นทุนในการผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลต่ำลง และต้นทุนอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งทะเลเพื่อการส่งออก ตั้งแต่การผลิตลูกกุ้งไปจนถึงกุ้งขนาดที่ตลาดต้องการต่ำลง สามารถที่จะแข่งขันทางการค้าในตลาดโลกได้ อีกทั้งยังทำให้ไม่ถูกกีดกันทางการค้า อันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลแบบไม่ยั่งยืน

ไส้เดือนทะเลเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง อาศัยอยู่ตามหาดทรายบริเวณแนวน้ำขึ้น-น้ำลง กินซากพืชและซากสัตว์เป็นอาหาร ทำหน้าที่เหมือนผู้กำจัดขยะตามชายหาด นอกจากจะเป็นประโยชน์ในฐานะผู้รักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว ไส้เดือนทะเลยังเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น กุ้งทะเล ปูทะเล ปลาทะเลหน้าดิน และปลาสวยงาม (ถนอม, 2542) จากการศึกษาของสุรพล (มปป.) พบว่าไส้เดือนทะเลมีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำสูง เช่น มีโปรตีน 51.24% ไขมัน 17.80% (ตารางที่ 2) ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำไปใช้เป็นอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้ง ซึ่งจะช่วยเร่งการผสมพันธุ์ การวางไข่ของกุ้ง และทำให้แม่กุ้งติดไข่เป็นจำนวนมาก ลูกที่ได้ก็จะแข็งแรงตาม

ไปด้วย การใช้ประโยชน์ของไส้เดือนทะเล ไม่ได้จำกัดอยู่แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้เป็นเหยื่อตกปลา และยังมีศักยภาพในการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อีกด้วย เนื่องจากมีรายงานว่าสามารถสกัดสารบางอย่างจากเลือดของไส้เดือนทะเล รวมทั้งฮอร์โมนอีกหลายชนิด เช่น พรอสตาแกลนดิน ( prostaglandins) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับมนุษย์ได้ (Pan, *et. al*., 2004 อ้างโดย พอจำ และสุรพล, 2550)

**ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของไส้เดือนทะเล**

| คุณค่าทางอาหาร | ไส้เดือนทะเลจากฟาร์ม | ไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ |
|---|---|---|
| **% โปรตีน** | 51.24 ± 0.69 | 52.82 ± 0.13 |
| **% ไขมัน** | 17.80 ± 1.39 | 17.39 ± 0.45 |
| **% ความชื้น** | 76.27 ± 0.40 | 81.29 ± 0.37 |
| **% เถ้า** | 9.44 ± 0.66 | 6.71 ± 0.008 |
| **พลังงาน** (kcal/100 g.dry weight) | 379.38 ± 15.36 | 382.41 ± 3.68 |

ที่มา: สุรพล, มปป.

ปัจจุบันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมทำให้ที่อยู่อาศัยของไส้เดือนทะเลเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ จำนวนของไส้เดือนทะเลในธรรมชาติลดน้อยลงมาก ประกอบกับความสำคัญของไส้เดือนทะเลที่มีต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในแง่ของสารอาหารที่มีคุณภาพที่ดีสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง จึงทำให้มีการศึกษาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลมากขึ้น การเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลเป็นอาชีพที่ทำให้เกิดรายได้ในระดับชาวบ้าน รวมทั้งเป็นอาชีพ เสริมสำหรับเกษตรกรรายย่อย อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลยังต้องอาศัยพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติมาทำการเพาะฟักเพื่อให้ได้ตัวอ่อนแล้วจึงเลี้ยงจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 6-8 เดือน เพื่อที่จะใช้เป็นอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง แม้ว่าในปัจจุบันได้มีการริเริ่มพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลเพื่อตอบสนองกับปริมาณความต้องการใช้ไส้เดือนทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาสภาพแวดล้อมภายนอกตัวไส้เดือนทะเล ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพของอาหารและน้ำ การปล่อยเลี้ยงใน ระดับความหนาแน่น ที่เหมาะสม การจัดการฟาร์ม เป็นต้น ซึ่งการปรับปรุงด้านสภาพแวดล้อมภายนอกสามารถเพิ่มผลผลิตได้เฉพาะรุ่นหนึ่งๆ ของไส้เดือนทะเลเท่านั้น ในขณะที่รุ่นต่อๆ ไปแม้จะดำรงสภาพ แวดล้อมเดิมไว้ก็ไม่อาจคาดคะเนได้ว่าจะได้ผลผลิตที่เท่าเทียมกับรุ่นก่อน เนื่องจากการพัฒนาไม่ได้กระทำในระดับ พันธุกรรม ดังนั้นการจัดทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ ( selective breeding program) ซึ่งจัดอยู่ในสาขาของพันธุศาสตร์ปริมาณ ซึ่ง

ประกอบด้วยการคัดเลือกพันธุ์ ( selection) และการผสมข้ามพันธุ์ ( hybridization) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการควบคุมและเพิ่มผลผลิตจากการเพาะเลี้ยง เนื่องจากเป็นการจัดการทางด้านพันธุกรรมของสัตว์ที่จะนำมาเพาะเลี้ยง สุภัทรา (2544) กล่าวว่าสัตว์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณจะสามารถถ่ายทอดลักษณะที่ได้รับการปรับปรุงไปสู่ประชากรรุ่นต่อไปได้ ทั้งนี้เพราะความถี่ของยีนของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากสามารถรวมความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและการปรับปรุงพันธุ์เข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้ผลผลิตทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณเพิ่มขึ้นได้อีกในระดับหนึ่ง

ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในแง่ผลผลิตส่วนใหญ่เป็นลักษณะปริมาณ ( quatitative characters) เช่น อัตราการเจริญเติบโต ความดกของไข่ สัดส่วนของเนื้อกับน้ำหนักตัวทั้งหมด เป็นต้น การแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ และในการจัดทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะทางปริมาณที่ดีต้องอาศัยระยะเวลาและความต่อเนื่องในการดำเนินงาน ดังนั้นจึงควรกำหนดลักษณะที่ต้องการปรับปรุงก่อนเริ่มทำการคัดพันธุ์ (Gjedrem, 1983) การกำหนดจุดประสงค์ของลักษณะที่ต้องการปรับปรุงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ และลักษณะที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ (Mahon, 1983) และในการสร้างโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์นั้นจำเป็นจะต้องทำการค้นคว้าศึกษาข้อมูลทางพันธุศาสตร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดทำโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์อีกด้วย ได้แก่ การประมาณค่าต่างๆ เช่น ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม -ทางสภาพแวดล้อม-ทางลักษณะปรากฏ ผลการตอบสนองต่อการคัดเลือก ความเข้มข้นของการคัดเลือก เป็นต้น

ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) เป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณความแปรปรวนทางพันธุกรรมเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น และใช้ในการทำนายความก้าวหน้าหรือการตอบสนองการคัดเลือก โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์ ขึ้นอยู่กับพื้นฐานคุณค่า ทางพันธุกรรม ของพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว ซึ่งถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกมีค่าสูงก็อาจจะใช้วิธีการคัดเลือกโดยตรงได้ เช่น การคัดพันธุ์โดยดูลักษณะของพ่อแม่พันธุ์เอง ( individual selection) อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจทำให้มีโอกาสเกิดการผสม แบบเลือดชิดได้ ซึ่งก็อาจแก้ไขได้โดยใช้วิธีการคัดเลือกโดยดูลักษณะของครอบครัว ( family selection) หรือใช้ทั้งสองแบบร่วมกัน แต่ในบางครั้งลักษณะภายนอกที่ต้องการคัดเลือกเป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำหรือเป็นลักษณะที่แสดงออกในเพศใดเพศหนึ่ง หรือเป็นลักษณะที่ต้องฆ่าสัตว์เพื่อวัดลักษณะ เราอาจจะใช้การคัดพันธุ์โดยดูจากบันทึกของลูก (progeny selection) ซึ่งเป็นการคัดพันธุ์ที่ใช้ลักษณะของลูกในการตัดสินใจเลือกพ่อแม่พันธุ์

สำหรับในไส้เดือนทะเล ( *Perinereis nuntia*) การจัดทำโปรแกรมคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลอย่างมาก เพราะว่านอกจากจะส่งผลให้ได้ลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพดี โตเร็วแล้ว ยังช่วยให้ธุรกิจการทำฟาร์มพ่อแม่พันธุ์กุ้งสามารถดำเนินการ ได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการจัดโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการคัดพันธุ์จำเป็นจะต้องหาอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับจัดทำโปรแกรมคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ต่อไป

# การตรวจเอกสาร

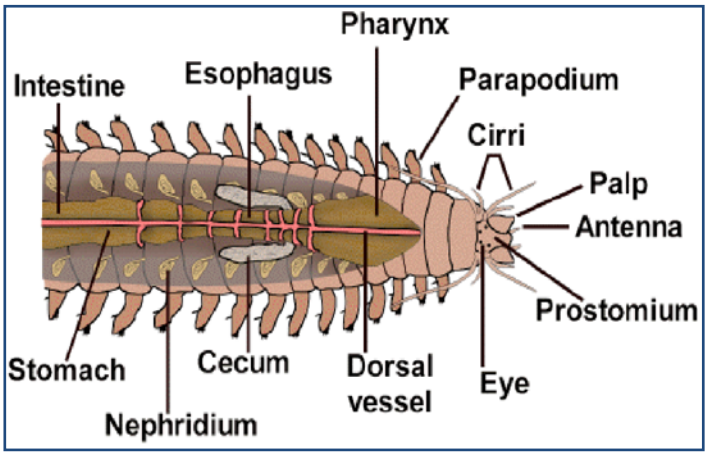
## อนุกรมวิธานและชีววิทยาบางประการของไส้เดือนทะเล

### อนุกรมวิธาน

| | |
|---|---|
| **Kingdom** | Animalia |
| **Phylum** | Annelida |
| **Class** | Polychaeta |
| **Order** | Phyllodocia |
| **Family** | Nereididae |
| **Genus** | *Perinereis* |

### ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนทะเล

ไส้เดือนทะเลที่อยู่ใน class polychaeta มีทั้งหมด 17 order (Fauchald, 1977) เป็น class ที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดใน phylum annelida พบว่ามีประมาณ 8,000 ชนิด (Harrison and Gardiner, 1992) สมาชิกใน class polychaeta ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตอยู่ในทะเล (Alexander, 1979) มีเพียงประมาณ 50 ชนิด ที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด (Pennak, 1989) ไส้เดือนทะเล (รูปที่ 1) มีลักษณะลำตัวเป็นปล้อง (จิตติมา, 2544) มีอวัยวะที่ยื่นออกมาจาก ทุกปล้องด้านข้างของลำตัวทั้ง 2 ด้าน เรียกว่า parapodium (Alexander, 1979)




รูปที่ 1 ลักษณะส่วนหัวของไส้เดือนทะเล

ที่มา : www.santafedisegni.com.ar

ไส้เดือนทะเลมี ระบบหมุนเวียนโลหิตเป็นระบบปิด (Castro and Huber, 1992) มีระบบทางเดินอาหาร แบบสมบูรณ์ซึ่งประกอบด้วย mouth, proboscis, eversible pharynx, esophagus, stomach, intestine และ anus ระบบขับถ่ายของไส้เดือนทะเลมีอยู่ในทุกปล้องของร่างกายยกเว้นที่ peristomium (Barth, 1982) อวัยวะขับถ่าย (nephridium) มีอยู่เป็นคู่บริเวณด้านล่างของลำตัว และแต่ละอันเป็นท่อที่มีปลายเปิดที่บริเวณด้านท้อง ของเสียในร่างกายจะถูกขับออกมาจากเลือดผ่านอวัยวะขับถ่ายแล้วส่งไปยังท่อเปิดภายในร่างกายและจากนั้นจะ ไปรวมที่ ส่วนท้ายของร่างกาย (Buchsbaum, 1938) ไส้เดือนทะเลเกือบทุกชนิดแยกเพศ (Barnes, 1968) โดยที่เซลล์สืบพันธุ์จะถูกปล่อยออกมาผสมกันในน้ำทะเล และฟักออกมาเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า trochophore larvae (Alexander, 1979) แต่พบว่ามีไส้เดือนทะเลบางชนิดสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ เช่น การแบ่งตัว หรือการแตกหน่อ (Russell-Hunter, 1969 ; ชุติมา, 2540) ไส้เดือนทะเล มีการปรับตัวให้อาศัยอยู่ได้ใน ทุกพื้นที่ ตั้งแต่พวกที่อาศัยอยู่ ในตะกอนดินไปจนถึงบริเวณพื้นผิวที่เป็นหิน และมีพฤติกรรมการกินอาหารบริเวณผิวหน้าทราย (รูปที่ 2) ไส้เดือนทะเล กลุ่มที่ใหญ่ที่สุดพบว่าเป็นพวกที่มีการสร้างรูที่อยู่อาศัยในตะกอนดินที่อ่อนนุ่ม (Harrison and Gardiner, 1992) ไส้เดือนทะเลมีการกินอาหารหลายแบบ (Maurer *et al*., 1987) และมีบางชนิดสามารถเปลี่ยนรูปแบบการกินอาหารให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้ (Pinedo *et al*., 1997)

รูปที่ 2 พฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนทะเลในโรงเพาะเลี้ยง

ไส้เดือนทะเลมีรูปแบบของการสืบพันธุ์วางไข่ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบๆ แรก คือ monotelic species เป็นไส้เดือนทะเลชนิดที่มีการวางไข่ได้เพียงครั้งเดียวในช่วงชีวิตเมื่อวางไข่แล้วจะตาย หรืออาจเรียกรูปแบบดังกล่าวว่า semelparous breeder และแบบที่สอง คือ polytelic species เป็นไส้เดือนทะเลชนิดที่มีการวางไข่ได้หลายครั้งในช่วงชีวิต หรือเรียกว่า iteroparous breeder (Giangrande, 1997)

ไส้เดือนทะเลในวงศ์ nereididae จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วงที่เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (Hegner and Engermann, 1968) โดยแบ่งส่วนของร่างกายออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหน้าคือส่วนที่ไม่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เรียกว่า atoke และส่วนท้ายซึ่งเต็มไปด้วยเซลล์สืบพันธุ์เรียกว่า epitoke และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ parapodia และ chaetae เพื่อช่วยในการว่ายน้ำ (Wilmoth, 1967) ในช่วงระยะดังกล่าวตาของไส้เดือนทะเลจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความไวต่อแสง (Highnam and Hill, 1997) ไส้เดือนทะเลในวงศ์ นี้ มีรูปแบบของการสืบพันธุ์เป็นแบบ monotelic species (Giangrande, 1997 ; Olive *et al*., 1997) คือเมื่อวางไข่แล้วจะตาย เช่น *Perinereis cultrifera* และ *P. rullieri* (Prevedelli and Simonini, 2003)

**ความสำคัญของไส้เดือนทะเล**

ในธรรมชาติไส้เดือนทะเลหลายชนิดเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ จากการศึกษาของ Aarnio และ Bonsdorff (1993 อ้างโดยสันติสุข, 2544) พบไส้เดือนทะเลในกระเพาะอาหารของปลาบู่ (*Pomatoschistus minutes*) ที่อาศัยในบริเวณหมู่เกาะบาลติคทางตอนเหนือ ธเนศ และคณะ (2544) พบว่าไส้เดือนทะเลเป็นอาหารหลักของปลาเห็ดโคน (*Sillago sihama*; Forsskål, 1775) โดยเฉพาะในปลาที่มีขนาดความยาวเหยียดมากกว่าหรือเท่ากับ 8.1 เซนติเมตร นอกจากนั้นกุ้งทะเล ปู และปลาทะเลบางชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำที่หากินตามพื้นทะเล สัตว์น้ำเหล่านี้จะขุดคุ้ยพื้นทะเลเพื่อหาอาหาร จากการศึกษากระเพาะอาหารของปลาเหล่านั้นพบไส้เดือนทะเลในปริมาณที่สูงมากถึง 50-80% ของปริมาณอาหารทั้งหมดที่พบในกระเพาะอาหาร (สุรพล, 2544) นอกจากนั้นไส้เดือนทะเลในวงศ์ nereididae ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล (สุปราณี, 2528) เป็นเหยื่อที่ต้องการของนักตกปลาในวงการกีฬาตกปลา (Olive, 1994) ไม่เฉพาะประโยชน์ที่กล่าวมาแล้วเท่านั้น หากมองในด้านนิเวศวิทยาไส้เดือนทะเลบางชนิดสามารถช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในธรรมชาติ และใช้เป็น bioindicators ได้อีกด้วย (Meksumpun and Meksumpun, 1999 ; Chareonpanich, 1999 ; Black, 2001)

**การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ**

ในเบื้องต้นของการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลถ้าหากยังไม่มีแหล่ง ผลิตพ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล เกษตรกร สามารถที่จะทำการรวบรวมไส้เดือนทะเลจากแหล่งที่มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ตามหาดทรายชายฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน การรวบรวมตัวเต็มวัยของไส้เดือนทะเลจะใช้วิธีการขุดชั้นทรายหลังจากน้ำทะเลลง ต่ำสุด (รูปที่ 3) ส่วนใหญ่แล้วไส้เดือนทะเลจะอยู่ในระดับความลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร แต่วิธีการขุดนี้ไม่สามารถกระทำได้ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว เช่น เกาะสิเหร่ จังหวัดภูเก็ต ซึ่งบริเวณนี้มีไส้เดือนทะเลหนาแน่นมาก และเป็นแหล่งจับ

รูปที่ 3 การขุดไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ

ไส้เดือนทะเลที่สำคัญในเขตภาคใต้ ดังนั้นเกษตรกรในพื้นที่จึงหาวิธีการจับไส้เดือนทะเลเพื่อส่งให้กับโรงเพาะฟักลูกกุ้ง โดยจะใช้น้ำคาวปลาสาดลงบริเวณผิวหน้าทรายที่เป็นรอยต่อของน้ำขึ้น-น้ำลง แล้วคอยสังเกตพฤติกรรมของไส้เดือนทะเลจะโผล่ขึ้นมา (เฉพาะหนวด) แล้วจึงค่อยๆ ดึงส่วนหัวของไส้เดือนทะเลออกจากทราย (รูปที่ 4) แล้วนำไปเลี้ยงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

รูปที่ 4 การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ

**พ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล**

สำหรับไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* จะฝังตัวลึกลงไปในชั้นทรายเมื่อน้ำลง และจะขึ้นมากินอาหารเมื่อน้ำขึ้นซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในช่วงชีวิตจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะ 3 ครั้ง คือ ช่วงวัยอ่อน ช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ และช่วงการผสมพันธุ์ ในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์จะเป็นช่วงที่ยาวที่สุดของชีวิต มีรูปร่างและอวัยวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพและหาอาหารตามพื้นทรายโดยในระยะนี้จะเรียกว่า atokous (รูปที่ 5) เมื่อเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ขาที่ใช้สำหรับการคืบคลานจะเปลี่ยนหน้าที่เป็นอวัยวะที่ใช้ในการว่ายน้ำในขณะผสมพันธุ์เรียกระยะนี้ว่า epitokous ซึ่งจะเป็นช่วงชีวิตสั้นๆ ใช้เวลาเพียงไม่กี่วัน

รูปที่ 5 ไส้เดือนทะเลระยะตัวเต็มวัย (atokous)

ระยะการพัฒนาของไส้เดือนทะเลจะเริ่มตั้งแต่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นจากทุกปล้องของร่างกาย ภายในช่องว่างของลำตัวจะเต็มไปด้วยไข่หรือน้ำเชื้อ ในไส้เดือนทะเลที่มีการแบ่งส่วนของลำตัวออกเป็น 2 ส่วนที่ชัดเจนคือ ส่วนอก (thoracic) และส่วนท้อง (abdomen) พบว่าส่วนใหญ่ gonad จะอยู่ในส่วนของท้อง โดยปกติเซลล์สืบพันธุ์ จะถูกปล่อยออกมาสู่ช่องว่างของลำตัว (coelom) แล้วกลายเป็น gametogonia หรือ primary gametocytes และจะมีการพัฒนาอยู่ใน coelomic fluid เมื่อไส้เดือนทะเลเข้าสู่ช่วงเจริญพันธุ์ ภายในช่องว่างของลำตัวจะเต็มไปด้วยไข่หรือน้ำเชื้อ ในไส้เดือนทะเลบางชนิดที่ลำตัวค่อนข้างบางหรือโปร่งใสจะสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน (Ruppert and Barnes, 1994) เช่นในไส้เดือนทะเลชนิด *Perinereis nuntia brevicirris* เพศผู้จะมีสีข้างลำตัวเป็นสีแดงและสีขาวนวลตรงกลางลำตัวตลอดความยาวของลำตัว ส่วนเพศเมียจะมี

ขาว่ายน้ำเป็นสีแดงเช่นเดียวกัน แต่สีของลำตัวจะเป็นสีน้ำเงินอมเขียวทั้งตัว (รูปที่ 6) ในไส้เดือนทะเลสกุล *Hediste* ตัวผู้จะมีสีขาว ส่วนตัวเมียจะมีสีเขียวในช่วงที่พร้อมจะผสมพันธุ์ (Sato, 1999)

รูปที่ 6 ไส้เดือนทะเลระยะสืบพันธุ์ (epitokous)

และไส้เดือนทะเลในสกุล *Pomatoceros* จะเห็นเป็นสีขาวในเพศผู้ และเห็นเป็นสีชมพูอ่อนหรือสีส้มในเพศเมีย เนื่องจากสีของน้ำเชื้อและไข่ตามลำดับ (Ruppert and Barnes, 1994) เมื่อไส้เดือนทะเลมีความพร้อมในการผสมพันธุ์ทั้งตัวผู้และตัวเมียจะมีพฤติกรรมขึ้นมาว่ายน้ำที่บริเวณผิวหน้าทรายซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้เรียกว่า nuptial dance หรือระบำวิวาห์ โดยมักจะเกิดขึ้นในช่วงของข้างแรม 8 ค่ำ จนถึงช่วงข้างขึ้น 15 ค่ำ โดยที่ตัวผู้และตัวเมียจะปล่อยน้ำเชื้อและไข่ออกมาผสมกัน ดังนั้นควรแยกพ่อแม่พันธุ์ออกจากบ่อเลี้ยงไปเพาะพันธุ์ในถังเพาะฟักเพื่อผลิตตัวอ่อนไส้เดือนทะเล เพื่อป้องกันพ่อแม่พันธุ์ผสมกันในบ่อเลี้ยง

**การผสมเทียมไส้เดือนทะเล**

ตัวผู้และตัวเมียที่พร้อมจะสืบพันธุ์จะถูกแยกออกมาเลี้ยงในถังเพาะฟัก โดยในถังเพาะฟักจะมีการเตรียมน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองน้ำและมีการให้อากาศในถังเพาะฟักตลอดเวลา โดยปล่อยในอัตราส่วน 1 : 1 หรือ 2 : 1 (ตัวผู้ : ตัวเมีย) ในการปล่อยเชื้อสืบพันธุ์ของไส้เดือนทะเลทั้งตัวผู้และตัวเมียจะว่ายน้ำปล่อยเชื้อสืบพันธุ์ในช่วงเวลากลางคืนจนถึงรุ่งเช้า ผนังลำตัวบริเวณขาเดินทั้งข้างซ้ายและข้างขวาจะปริแตกออกเชื้อตัวผู้และไข่จะถูกสลัดออกจากลำตัวในขณะที่ว่ายน้ำ ตัวผู้จะว่ายน้ำเป็นวงกลมวนขวารอบๆ ตัวเมีย ( nuptial dance) (Hardege and Bartels- Hardege, 1995) (รูปที่ 7) เชื้อตัวผู้สีขาวขุ่นจะถูกสลัดออกมา หลังจากนั้นตัวเมียจะว่ายน้ำปล่อยไข่ออกมา ไข่ที่ตัวเมียปล่อยในแต่ละครั้งจะมีจำนวน 50,000 ถึง 80,000 ฟอง (น้ำหนัก

ไส้เดือนทะเลประมาณ 1 กรัม) ไข่ของไส้เดือนทะเลจะมีเม็ดไขมันสะสมอยู่ในไข่แดงสูง (สุรพล, มปป.) เพื่อใช้เป็นอาหารของตัวอ่อนในขณะที่กำลังพัฒนา

รูปที่ 7 พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของไส้เดือนทะเล (nuptial dance)

หลังจากที่สืบพันธุ์เสร็จแล้วทำการแยกซากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ตายออกเพื่อปล่อยให้ไข่ที่ได้รับการผสมได้พัฒนาในระยะต่อไป ไข่ที่ได้รับการผสมจะเริ่มพัฒนาภายในเวลา 35 – 40 นาที ตัวอ่อนในระยะ trochophore จะเจาะผ่านถุงหุ้มออกมาว่ายน้ำภายในเวลา 21 – 27 ชั่วโมง และจะพัฒนาไปจนถึงระยะที่มีขาเดิน 3 คู่แรกเรียกว่าระยะ nectochaete ภายในระยะเวลา 33 – 4 8 ชั่วโมง หลังจากปฏิสนธิ

**ระยะการพัฒนาของไส้เดือนทะเล**

เมื่อไข่ได้รับการผสม กับน้ำเชื้อ ไข่จะเริ่มมีการพัฒนาเกิดขึ้น โดยการแบ่งเซลล์ครั้ง ที่ 1 และครั้งที่ 2 ของไส้เดือนทะเลจะเป็นแบบ meridional ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น 4 เซลล์ ซึ่งจะมีหนึ่งเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์อื่นๆ การแบ่งเซลล์ครั้งที่ 3 จะได้เซลล์ขนาดเล็กที่เรียกว่า micromeres ซึ่งอยู่คนละแกนกับ macromeres ในแนวดิ่ง ตำแหน่งของเซลล์ใหม่จะหมุนไปจากตำแหน่งเดิม 45 องศา ซึ่งจะได้เป็น 8 เซลล์ ลักษณะการแบ่งเซลล์แบบดังกล่าวเรียกว่า spiral cleavage หากการหมุนที่เกิดในระยะ spiral cleavage นี้มีทิศทางตามเข็มนาฬิกาเรียกว่า dextrotropic และหากมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจะเรียกว่า laevotropic ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบ spiral cleavage การหมุนทั้ง 2 แบบ จะเกิดสลับกัน (Wilmoth, 1967) แต่ในทางคัพภะวิทยากล่าวไว้ว่า cleavage หรือ morula ก็คือระยะที่ zygote เริ่มมีการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนขึ้นแต่ขนาดเล็กลง จึงไม่จัดเป็นการเจริญ

ที่แท้จริงคือเป็น untrue development process เชื่อว่าเป็นการจัดสัดส่วนกันของ nucleus และ cytoplasm ของเซลล์เล็กๆ ที่เกิดใหม่ซึ่งเรียกแต่ละเซลล์ว่า blastomere มีการแบ่งแบบ mitosis การแบ่งตัวแบบนี้คงดำเนินไปเรื่อยๆ ระยะหนึ่ง (นที, 2529) ไข่ของ ไส้เดือนทะเล แต่ละชนิดจะมีปริมาณ yolk ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของไส้เดือนทะเล หลังจากเข้าสู่ระยะ gastrula แล้ว embryo จะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเข้าสู่ top-shaped trochophore larva โครงสร้างของ larva จะพัฒนาต่อไปถึงขั้นสุดท้ายกลายเป็น planktotrophic trochophore larva หรือเป็น lecithotrophic trochophore larva ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของไส้เดือนทะเล (รูปที่ 8) ตัวอ่อนที่เป็นแบบ lecithotrophic จะไม่กินอาหาร เช่น ไส้เดือนทะเลในวงศ์ nereididae และ eunicidae ซึ่งพวกนี้จะดำรงชีวิตเป็นตัวอ่อนในช่วงเวลาสั้นๆ อาศัยอยู่ใกล้พื้น (Ruppert and Barnes, 1994)

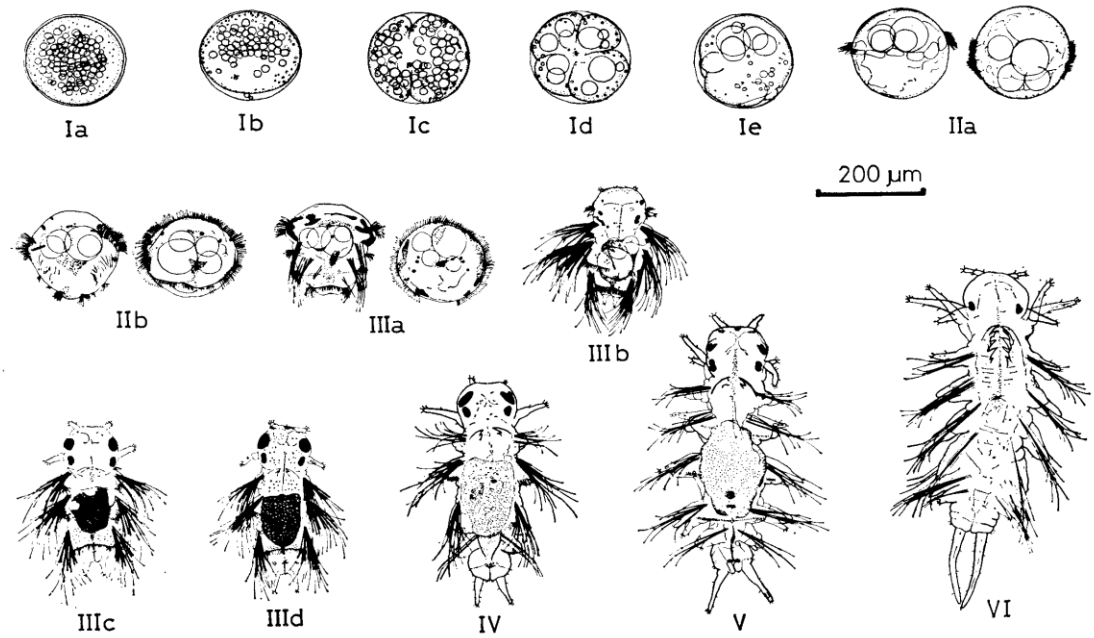



Fig. 3. Developmental stages of *Neanthes virens*. Ia: fertilized egg, Ib: formation of second polar body, Ic: 2 cell stage, Id: 4 cell stage, Ie: cleavaging stage, IIa: early trochophore, IIb: late trochophore, III: 3 setigerous nectochaete, IV: 4 setigerous nectochaete, V: 5 setigerous nectochaete, VI: 6 setigerous juvenile.

รูปที่ 8 พัฒนาการในแต่ละระยะของไส้เดือนทะเล

ที่มา : Yokouchi, 1985

ส่วนกลุ่มที่มีการดำรงชีวิตเป็นแบบ planktotrophy จะได้รับสารอาหารและพลังงานจากการกินอาหาร (Levin *et al*., 1987) เมื่อไข่ได้รับการปฏิสนธิจะมีการพัฒนาระบบย่อยอาหารและมีวงขนเกิดขึ้น 2 วง วงแรกคือ prototroch ตั้งอยู่บริเวณกลางลำตัวของตัวอ่อน และวงขนที่ 2 คือ telotroch ซึ่งตั้งอยู่ที่ส่วนท้ายของตัวอ่อน และจะพัฒนาไปเป็น pygidium ในตัวเต็มวัย prototroch

มีหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหวของตัวอ่อน ในระยะต่อมาตัวอ่อนจะมีวงขนที่ 3 เกิดขึ้นเรียกว่า metatroch ซึ่งเกิดขึ้นที่ตำแหน่งระหว่าง prototroch และ telotroch (Pechenik, 2000) ไส้เดือนทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจาก trochophore larvae ไปเป็น ตัวเต็มวัย ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนโดยจะค่อยๆ ยาวขึ้นในบริเวณ growth zone (Ruppert and Barnes, 1994) ซึ่งเป็นส่วนหน้าของ pygidium (Pechenik, 2000)

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล**

Akesson (1970 อ้างโดย สุรพล, มปป.) ได้ทดลองเลี้ยงตัวอ่อนไส้เดือนทะเล *Ophryotrocha labronica* ในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่างๆ กันพบว่า ไข่จะพัฒนาได้ดีในน้ำที่มีความเค็ม 23-35 ppt การพัฒนาของไข่จะลดลงในน้ำที่มีความเค็ม 44 ppt นอกจากความเค็มแล้วอุณหภูมิก็มีส่วนในการพัฒนาของไข่ โดยที่ไข่จะพัฒนาได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส

Simon และ Olive (2000) ได้ทดลองเรื่องอิทธิพลของแสงที่มีต่อการพัฒนาการของไข่ไส้เดือนทะเลที่ได้รับการผสม พบว่าในช่วงกลางวันไข่จะมีการพัฒนาจนถึงระยะ trochophore ได้ดีกว่าในช่วงกลางคืน

Hardege และ Bartels-Hardege (1995) ได้ศึกษา การพัฒนาตัวอ่อนไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 21-23 องศาเซลเซียส ไข่จะฟักออกเป็นตัวจนถึงระยะ nectochaete ภายใน 7-8 วัน ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ไข่จะฟักออกเป็นตัวจนถึงระยะ nectochaete ภายใน 9-10 วัน และที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ไข่จะฟักออกเป็นตัวจนถึงระยะ nectochaete ภายใน 2-3 สัปดาห์ และจะได้ไส้เดือนทะเลตัวเต็มวัยขนาด 2-3 เซนติเมตรในระยะเวลา 2 เดือน

ในแง่ของการกินอาหาร Grave (1937, อ้างโดย สุรพล, มปป.) ทำการทดลองกับไส้เดือนทะเล *Nereis limbata* พบว่าภายใน 7 วัน ตัวอ่อนยังไม่กินอาหารใดๆ เมื่อเลยวันที่ 7 ไปแล้วจะเริ่มลงเกาะและกินอาหารประเภทสาหร่ายเซลล์เดียว (ไดอะตอม)

วิลาสินี และคณะ (2546) ได้ทดลองเลี้ยงไส้เดือนทะเลในกระบะพลาสติกเป็นระยะเวลา 4 เดือน ให้อาหารสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำวัยอ่อนจำนวน 2 มื้อ/วัน พบว่าสามารถที่จะเลี้ยงไส้เดือนทะเลในกระบะพลาสติกได้ซึ่งจะให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,110.44 กรัม/ตารางเมตร

**การใช้ประโยชน์จากไส้เดือนทะเล**

อัตรา และคณะ ( 2542) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยหมึกร่วมกับ ไส้เดือนทะเล พบว่าแม่กุ้งกุลาดำที่ได้รับหมึกร่วมกับ ไส้เดือนทะเล เป็นอาหารจะมีจำนวนครั้ง ของการวางไข่ จำนวนไข่ จำนวนนอเพลียสเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแม่กุ้งกุลาดำที่ได้รับหมึกเป็นอาหารเพียงอย่างเดียว

วิทยา และคณะ (2548) ได้ศึกษาผลของ ไส้เดือนทะเล ที่มีต่อการสร้างไข่และผลผลิตลูกกุ้งของพ่อแม่กุ้งกุล าดำ พบว่าแม่กุ้งกุลาดำ (จากบ่อดินอายุ 519 วัน) ที่ขุนเลี้ยงด้วยอาหาร 3 ชุด คือ ไส้เดือนทะเล , ไส้เดือนทะเล กับหอยกะพง และหอยกะพงจะให้ปริมาณไข่ต่อแม่ $(74.28\pm12.85)x10^4$, $(36.48\pm5.37)x10^4$ และ $(28.22\pm13.53)x10^4$ ฟองตามลำดับ มีผลผลิตลูกกุ้ง $(64.15\pm40.46)x10^3$, $(34.89\pm38.25)x10^3$ และ $(31.23\pm7.27)x10^3$ ตัวตามลำดับ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไข่ของแม่กุ้งที่ได้รับ ไส้เดือนทะเล มีความแตกต่างกับแม่กุ้งที่ได้รับไส้เดือนทะเล กับหอยกะพง และหอยกะพงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.01$) ส่วนอัตรา การวางไข่ อัตราการฟักไข่ และผลผลิตลูกกุ้งที่ได้ของแม่กุ้งที่ได้รับ ไส้เดือนทะเล แตกต่างกับแม่กุ้งที่ได้รับไส้เดือนทะเลกับหอยกะพง และหอยกะพงเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$)

Meunpol และคณะ (2005) ได้ศึกษาปริมาณของ พรอสตาแกลนดิน อี 2 (prostaglandin $E_2$) ใน ไส้เดือนทะเล และผลของพรอสตาแกลนดิน อี 2 ที่มีต่อการพัฒนารังไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ พบว่า ไส้เดือนทะเล จะมีปริมาณพรอสตาแกลนดิน อี 2 สูงกว่าอาหารมีชีวิตชนิดอื่น โดยที่ ไส้เดือนทะเล อายุ 8 เดือนจะให้ปริมาณของพรอสตาแกลนดินอี 2 สูงกว่าไส้เดือนทะเลที่มีอายุ 2, 4, และ 6 เดือน

Poltana และคณะ (2005) ศึกษาปริมาณของ พรอสตาแกลนดินเอฟ 2 (prostaglandin $F_2$)ใน ไส้เดือนทะเล (*Perinereis nuntia brevicirris*) พบว่าปริมาณของ พรอสตาแกลนดิน เอฟ 2 ใน ไส้เดือนทะเล ที่มีการเพาะเลี้ยงเลียนแบบธรรมชาติจะมีความเข้มข้นประมาณ 0.66 นาโนกรัมต่อน้ำหนักเปียกของไส้เดือนทะเล 1 กรัม และมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างรังไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ โดยพบว่าแม่กุ้งมีการพัฒนาการสร้างรังไข่ที่ดีขึ้น

**ข้อมูลเบื้องต้นทางพันธุศาสตร์**

การวิจัยด้านพันธุศาสตร์นับว่ามีความสำคัญในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่น้อยไปกว่าการวิจัยในสาขาอื่นๆ โดยการพัฒนาด้านพันธุกรรมจะเน้นในด้านการจัดการคุณภาพของพันธุ์ทำให้การเพาะเลี้ยงมีประสิทธิภาพที่ดี ผลผลิตดีขึ้นเกษตรกรจะได้ผลตอบแทนดีขึ้น ตลอดจนเป็นการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงและปรับปรุงพันธุ์ในท้องถิ่นเป็นการอนุรักษ์เพื่อให้การใช้ทรัพยากรสัตว์น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำที่เลี้ยงนั้น วิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณจะเป็นพื้นฐานที่ช่วยให้เกิดการถ่ายทอดลักษณะที่มีการปรับปรุงจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อๆ ไปได้ เป็นการพัฒนาควบคู่กับการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ตลอดจนการจัดการพ่อแม่พันธุ์ ถึงแม้ว่าวิธีการทางพันธุศาสตร์จะใช้ระยะเวลาดำเนินการนานในการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์ แต่ผลผลิตที่ได้จากการปรับปรุงทางพันธุกรรมนั้นจะยังคงอยู่ในประชากรที่ได้ปรับปรุงแล้วตลอดไป

ฟีโนไทป์ (phenotype) คือ ลักษณะที่แสดงออกของสิ่งมีชีวิตอันเนื่องมาจากอิทธิพลของ จีโนไทป์ (genotype) หรืออิทธิพลร่วมของพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

1. ลักษณะคุณภาพ ( qualitative trait) เป็นลักษณะแสดงออกที่สามารถจัดหมวดหมู่เป็นกลุ่มๆ เป็นลักษณะที่สามารถจำแนกกลุ่มของ จีโนไทป์ ตามทฤษฎีของเมนเดล ส่วนใหญ่จะแสดงถึงคุณภาพของสัตว์ เช่น ลักษณะสี ลักษณะการเรียงตัวของเกล็ด เป็นต้น
2. ลักษณะปริมาณ ( quantitative trait ) เป็นลักษณะแสดงออกที่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณโดยวิธีการชั่ง ตวง วัด เช่น น้ำหนัก ความยาว ลักษณะเหล่านี้มักดำเนินการในระบบเมตริก (metric trait) ลักษณะปริมาณเมื่อแบ่งออกเป็นกลุ่มในประชากรจะมีการกระจายอย่างต่อเนื่อง จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าลักษณะต่อเนื่อง (continuous trait)

ลักษณะปริมาณ เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนมากคู่ ( polygenes) และสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของลักษณะมาก ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในแง่ผลผลิตส่วนมากเป็นลักษณะปริมาณ เช่น อัตราการเจริญเติบโต ความดกของไข่ สัดส่วนของเนื้อต่อน้ำหนักตัวทั้งหมด เป็นต้น การแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ และในการจัดทำโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะทางปริมาณที่ดีต้อง

อาศัยระยะเวลาและความละเอียดอ่อนในการดำเนินงาน ดังนั้นจึงควรกำหนดลักษณะที่ต้องการปรับปรุงก่อนเริ่มทำการคัดเลือกพันธุ์ ( Gjedrem, 1983) การกำหนดจุดประสงค์ของลักษณะที่ต้องการปรับปรุงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ และความก้าวหน้าของแต่ละประเทศ (Mahon, 1983) เช่น ในกลุ่มกุ้งลักษณะที่ต้องการปรับปรุงส่วนใหญ่ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ อัตราการตายในระยะวัยอ่อนและวัยรุ่น (Gjedrem, 1983)

**ความสำคัญของการประมาณการเจริญเติบโต และกราฟการเจริญเติบโต**

ลักษณะของการเจริญเติบโตไม่ได้หมายความถึงเฉพาะการเพิ่มขึ้นของขนาดร่างกายเท่านั้น แต่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเซลล์หมายถึงการเพิ่มของจำนวนและขนาดของเซลล์ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง องค์ประกอบทางเคมี ที่ส่งผลถึงการเจริญเติบโตของร่างกาย กล้ามเนื้อและไขมัน การเจริญเติบโตนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในสัตว์ที่มีชีวิตเริ่มจากไซโกท ( zygote) จนกระทั่งระยะโตเต็มที่ การประมาณการเจริญเติบโตมีความสำคัญเนื่องจากลักษณะการเติบโตเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยตรงและนอกจากนี้อาจจะยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจอื่นๆ เช่น ความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างน้ำหนักโตเต็มที่กับความสามารถในการสืบพันธุ์ เป็นต้น

การศึกษากราฟการเจริญเติบโตนับเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ทราบถึงทิศทางการเจริญเติบโต และสามารถประมาณการหรือทำนายน้ำหนักโตเต็มที่ และอัตราเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่จากค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากสมการต่างๆ เพื่อใช้อธิบายถึงความต้องการสารอาหารในการดำรงชีพ ความต้องการพลังงาน ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการจัดการในการเพาะเลี้ยง กราฟการเจริญเติบโตโดยทั่วไปมีรูปโค้งแบบ sigmoid หรือ s-shape curve โดยอัตราการเจริญเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุที่เพิ่มขึ้นและช้าลงจนกระทั่งเข้าสู่ศูนย์เมื่อมีน้ำหนักโตเต็มที่

**การปรับปรุงลักษณะปริมาณ**

ลักษณะปริมาณมีองค์ประกอบเป็นผลรวมของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\mathbf{P = G + E + (GE)}$$

เมื่อ P คือ ลักษณะปริมาณที่ปรากฏ

G คือ อิทธิพลของพันธุกรรม

E คือ อิทธิพลของสภาพแวดล้อม

GE คือ ปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม

ในการปรับปรุงลักษณะต่างๆ จึงต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบรวมของ ฟีโนไทป์ที่เป็นผลจากอิทธิพลทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาร่วมไปพร้อมๆ กัน อย่างไรก็ตามการคำนวณองค์ประกอบของลักษณะ เพื่อประเมินค่าอิทธิพลต่างๆ ดังกล่าวของสัตว์แต่ละตัวเป็นไปได้ยาก จึงจะต้องพิจารณาจากสัตว์ทุกตัวในประชากรด้วยค่าทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ( mean) ค่าความแปรปรวน ( variance) และความแปรปรวนร่วม ( covariance) นักพันธุศาสตร์จึงสามารถจำแนกองค์ประกอบทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาร่วมของลักษณะปริมาณในรูปแบบของความแปรปรวน ซึ่งสามารถเขียนองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะปริมาณได้ดังนี้

$$V_p = V_G + V_E + V_{GE}$$

เมื่อ $V_p$ คือ ความแปรปรวนของลักษณะปริมาณ

$V_G$ คือ ความแปรปรวนของค่าทางพันธุกรรม

$V_E$ คือ ความแปรปรวน เนื่องจากสภาพแวดล้อม

$V_{GE}$ คือ ความแปรปรวนของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม

ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ($V_G$) เป็นที่สนใจของนักพันธุศาสตร์ เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม จำแนกออกเป็นความแปรปรวนซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของยีนแบบต่างๆ ดังนี้

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

$V_A$ คือความแปรปรวนที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีนแบบบวกสะสม ( additive gene effect) เป็นอิทธิพลของยีนแต่ละตัวที่แสดงผลร่วมกันแบบบวก ที่สามารถส่งผ่านไปสู่ประชากรรุ่นต่อๆ ไปได้ เมื่อสร้างไข่และน้ำเชื้อ ยีนซึ่งปรากฏอยู่เป็นคู่ในแต่ละ จีโนไทป์ จะแยกตัวออกจากกันและเมื่อผสมกันจะรวมตัวกันอย่างเป็นอิสระ แต่ผลของแต่ละยีนนั้นๆ ยังคงแสดงออกเหมือนที่ได้แสดงออกในรุ่นพ่อแม่ถึงแม้ว่าจีโนไทป์ในรุ่นลูกจะไม่เหมือนรุ่นพ่อแม่

$V_D$ คือความแปรปรวนที่เป็นผลมาจาก dominance gene effect ซึ่งเป็นอิทธิพลที่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างคู่ยีน (interaction) ที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันแบบ dominance เป็นอิทธิพลทางพันธุกรรมที่รุ่นพ่อแม่ไม่สามารถส่งผ่านไปให้รุ่นลูกได้ เนื่องจากพ่อแม่ไม่ได้ส่งผ่าน จีโนไทป์ของตนเองไปสู่ประชากรรุ่นลูก เพราะกระบวนการ crossing over และการแยกตัวของคู่ยีนของพ่อและแม่อย่างเป็นอิสระในขั้นตอนของการสร้างไข่และน้ำเชื้อ โดยกระบวนการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ซึ่งจะลดโครโมโซมลงเหลือครึ่งหนึ่ง เมื่อไข่ผสมกับน้ำเชื้อเกิดการรวมตัวของยีนเป็น จีโนไทป์ ของลูก ซึ่งแตกต่างกับ จีโนไทป์ ของพ่อแม่ ประชากรในรุ่นพ่อแม่จึงไม่สามารถส่งผ่าน dominance gene effect ต่อไปให้ประชากรรุ่นลูกได้ ดังนั้นหากพ่อแม่มีลักษณะดีอันเป็นผลมาจาก dominance gene effect เป็นสำคัญ จึงไม่อาจทำให้ลูกมีลักษณะดีเช่นพ่อหรือแม่ได้

$V_I$ คือความแปรปรวนที่เป็นผลมาจาก epistasis gene effect ซึ่งเป็นอิทธิพลของการทำงานร่วมกันของยีนที่อยู่ต่างตำแหน่งกันแบบ epistasis ซึ่งในรุ่นพ่อแม่ไม่สามารถส่งผ่านไปสู่รุ่นลูกได้เช่นกัน การคำนวณค่า $V_I$ ต้องใช้การทดลองที่ซับซ้อนและยุ่งยาก เพื่อประเมินค่าปฏิกิริยาระหว่างยีนต่างตำแหน่ง นักพันธุศาสตร์ปริมาณจึงมุ่งสนใจแต่เฉพาะค่า $V_A$ และ $V_D$ เท่านั้น

**อัตราพันธุกรรม (Heritability: $h^2$)**

อัตราพันธุกรรมเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของลักษณะปรากฏนั้นเป็นผลมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสัดส่วนเท่าใด ค่าอัตราพันธุกรรมมี 2 ประเภทด้วยกัน (Falconer, 1989) คือ

1. อัตราพันธุกรรมทางกว้าง (broad sense heritability: $H^2$) เป็นค่าของสัดส่วนความแปรปรวนของพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ($V_P$) เขียนเป็นสมการคือ $H^2 = V_G/V_P$
2. อัตราพันธุกรรม ทางแคบ (narrow sense heritability: $h^2$) เป็นค่าของสัดส่วนความแปรปรวนของพันธุกรรมที่เกิดจาก additive gene effect ($V_A$) ต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ($V_P$) เขียนเป็นสมการคือ $h^2 = V_A/V_P$

ค่าอัตราพันธุกรรม ทางแคบ จัดได้ว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดไปให้รุ่นลูกได้ เปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น และใช้ในการทำนายความก้าวหน้าหรือ การตอบสนองการคัดเลือก โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของคุณค่าทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว ซึ่งถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกมีค่าสูงก็อาจใช้วิธีการคัดเลือกโดยตรงได้ เช่น การคัดพันธุ์โดยดูลักษณะของพ่อแม่พันธุ์เอง ( individual Selection) อัตราพันธุกรรมทางแคบ ($h^2$) นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการคัดเลือกได้เพราะพิจารณาจากความแปรปรวนของ additive gene effect อย่างเดียว ในขณะที่อัตราพันธุกรรมทางกว้าง ( $H^2$) จะมีประโยชน์น้อยกว่าเพราะรวมไปถึงอิทธิพลของพันธุกรรมที่เกิดจาก dominance และ epistasis gene effects เข้าไปด้วย ค่าอัตราพันธุกรรมที่จะกล่าวถึงต่อไปในรายงานฉบับนี้จะหมายถึงอัตราพันธุกรรมทางแคบ โดยทั่วไป ค่าอัตราพันธุกรรมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ลักษณะใดที่มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลางหรือสูง แสดงว่าลักษณะปรากฏนั้นๆ เป็นผลมาจากการกำหนดโดยพันธุกรรมของยีนผลบวก ดังนั้นหากเลือกสัตว์ที่มีลักษณะดีมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ลูกที่ได้ก็จะมีลักษณะดีด้วยจึงสามารถปรับปรุงลักษณะนั้นๆ ได้โดยวิธีการคัดพันธุ์ ในทางตรงกันข้ามลักษณะ ใดที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ การผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีลักษณะดีอาจจะไม่มีลักษณะที่ดีนั้นปรากฏออกมา ในรุ่นลูก เพราะลักษณะปรากฏที่วัดได้นั้นอาจเกิดจากผลของสิ่งแวดล้อมจึงไม่สามารถปรับปรุงลักษณะนั้นๆ โดยวิธีการคัดพันธุ์ได้ ค่าอัตราพันธุกรรมที่จัดว่าต่ำจะมีค่าน้อยกว่า 0.15 ส่วนค่าที่ต่ำกว่า 0.3

แต่สูงกว่า 0.15 จัดเป็นค่าปานกลาง และค่าอัตราพันธุกรรมตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป จัดว่ามีค่าสูง ( Tave, 1993) นอกจากนั้นอัตราพันธุกรรมยังมีประโยชน์ในการประเมินค่าตอบสนองในการคัดพันธุ์ และยังมีประโยชน์ในการคัดพันธุ์ เพื่อปรับปรุงลักษณะหลายลักษณะพร้อมๆ กัน

**การประมาณค่าทางพันธุกรรม**

การประมาณค่าทางพันธุกรรมหรือความสามารถทางพันธุกรรมสำหรับสัตว์แต่ละตัวมีประโยชน์อย่างน้อย 2 ประการ คือ ใช้เพื่อการคัดเลือกสัตว์ที่มีความสามารถทางพันธุกรรม และใช้เพื่อประมาณผลสำเร็จหรือความก้าวหน้าการพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรม การประมาณค่าทางพันธุกรรมอาศัยความรู้ทางสถิติและคณิตศาสตร์ในการคำนวณ การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมทำได้หลายวิธีได้แก่ (อุทัยรัตน์, 2543)

- การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ เมื่อทำการผสมพันธุ์ โดยการวางแผนให้ได้สัตว์ทดลองที่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติในระดับต่างๆ กัน ก็สามารถที่จะคำนวณหาค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ได้ แผนการผสมพันธุ์ที่นิยมใช้คือ nested design หรือ hierarchical และการผสมแบบพบกันหมด (diallel crossing)
- การวิเคราะห์ สมการถดถอยของรุ่นลูกต่อรุ่นพ่อแม่ การคำนวณวิธีนี้อาศัยหลักการว่าค่าเฉลี่ยของลูกถูกกำหนดโดยค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ โดยการเก็บข้อมูลของพ่อหรือแม่ หรือค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อแม่ และค่าเฉลี่ยของรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อแม่แต่ละคู่ จากนั้นนำมาคำนวณในสมการถดถอยระหว่างข้อมูลคู่นี้
- การวิเคราะห์จากผลการคัดพันธุ์ อัตราพันธุกรรมที่คำนวณจากการคัดเลือกนี้นิยมเรียกว่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์หรือ realized heritability

**การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ**

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครือญาติในระดับต่างๆ กัน ได้แก่

1) พี่น้องที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกัน (full-sib)
2) พี่น้องที่มีพ่อเดียวกันแต่ต่างแม่ หรือมีแม่เดียวกันแต่ต่างพ่อ (half-sib)

จากความสัมพันธ์ระหว่างเครือญาติสามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ คือ $V_A$ เป็นความแปรปรวนที่เกิดจาก additive gene effect, $V_D$ เป็นความแปรปรวนที่เกิดจาก dominance gene effect และ $V_I$ เป็นความแปรปรวนที่เกิดจาก epistasis gene effect แผนการทดลองที่นิยมใช้ เช่น nested design, factorial design, diallele crossing และการใช้ linear model เพื่อหา additive genetic variance โดยมีการปรับค่าด้วยปัจจัยคงที่ (fixed effect)

- one-way lay out โดยการให้พ่อแต่ละตัว ผสมกับแม่หลายตัว แม่ 1 ตัว มีลูก 1 ตัว (half-sib) นิยมใช้ในสัตว์ที่มีอายุยืน เช่น วัว หรือการเลือกสุ่มพ่อและแม่เป็นคู่จากประชากร โดยในแต่ละคู่ผสมจะมีลูกได้หลายตัว (full-sib)
- nested design โดยการใช้พ่อแต่ละตัวผสมกับแม่หลายตัวโดยแต่ละคู่ผสมจะมีลูกหลายตัว ความแปรปรวนของลักษณะในรุ่นลูกเป็นผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อและแม่แต่ละตัว และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม ได้กำหนดใน ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนตาม Falconer (1989) ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

**ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน**

| **Source** | ***d.f.*** | **Mean square** | **Composition of mean square** |
|---|---|---|---|
| ระหว่างพ่อพันธุ์ | s-1 | $MS_S$ | $\sigma^2_W + k\sigma^2_D + dk\sigma^2_S$ |
| ระหว่างแม่พันธุ์ (ภายในพ่อพันธุ์) | s(d-1) | $MS_D$ | $\sigma^2_W + k\,\sigma^2_D$ |
| ระหว่างลูก (ภายในแม่เดียวกัน) | sd(k-1) | $MS_W$ | $\sigma^2_W$ |

s= จำนวนพ่อพันธุ์, d= จำนวนแม่พันธุ์ในพ่อพันธุ์ 1 ตัว,

k= จำนวนลูกในแม่พันธุ์ 1 ตัว (จำนวนลูกจากแม่แต่ละตัวเท่ากัน)

**ตารางที่ 4 การแปลงค่าความแปรปรวนให้อยู่ในรูปของอัตราพันธุกรรม ($h^2$)**

| Sib correlations | Estimates of heritability |
|---|---|
| Half sib = $\sigma^2_s / \sigma^2_T$ | Sire-component : $h^2 = (4\sigma^2_s)/ \sigma^2_T$ |
| | Dam-component : $h^2 = (4\sigma^2_D)/ \sigma^2_T$ |
| Full sib = $(\sigma^2_S + \sigma^2_D)/ \sigma^2_T$ | Sire+Dam : $h^2 = 2[(\sigma^2_S + \sigma^2_D)]/ \sigma^2_T$ |

ที่มา: Falconer (1989)

- Factorial design โดยพ่อแต่ละตัวจะให้ผสมกับแม่ทุกตัว

  Mckay และคณะ (1986) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรม ของความยาวและน้ำหนักของปลาเรนโบว์เทร้า ที่อายุ 2.5 และ 4 ปี ด้วยวิธี factorial design โดยมีชุดการผสม 17 ชุด แต่ละชุดการผสมมีพ่อ 2 ตัว และแม่ 2 ตัว (พ่อแต่ละตัวจะได้ผสมกับแม่ทุกตัว) รวมทั้งหมด 68 full-sib แต่ละ full-sib มีปลา 12 ตัว ทำเครื่องหมายปลา เมื่ออายุ 2.5 ปี แล้วเลี้ยงรวมกันได้ค่า อัตราพันธุกรรม ของความยาว 0.13±0.17, อัตราพันธุกรรม ของน้ำหนัก 0.38±0.22 และค่าอัตราพันธุกรรมของอายุเมื่อปลาถึงวัยเจริญพันธุ์ 0.21±0.14

- Diallele crossing การผสมแบบพบกันหมด

  Robinson และ Luempert (1984) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรม ของน้ำหนักปลาบรูคเทร้า (brook trout) ที่อายุ 144 วัน และ 243 วัน โดยการผสมแบบ 4x4 diallel crossing ซึ่ง 1 ชุดการผสมประกอบด้วยพ่อปลา 4 ตัว กับแม่ปลา 4 ตัว ทำการผสม 8 ชุด (ไม่ใช้พ่อแม่ปลาซ้ำกัน) ได้ปลา 128 full-sib แยกอนุบาลลูกปลาแต่ละกลุ่มในกระชัง เมื่ออายุได้กำหนดจึงชั่งน้ำหนัก ได้อัตราพันธุกรรมที่คำนวณจาก sire-component ($h^2_S$) ของน้ำหนักที่อายุ 144 วัน และ 243 วัน เท่ากับ 0.08 และ 0.60 ตามลำดับ และได้ค่า $h^2_D$ที่อายุ 144 วัน และ 243 วัน เท่ากับ 0.34 และ 0.37 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า $h^2_D$ (0.34) ของน้ำหนัก ที่อายุ 144 วัน มีค่ามากกว่า $h^2_S$ (0.08) เนื่องจากผลของ maternal effect ที่รวมอยู่ใน additive gene effect ซึ่งผลของ maternal effect จะลดลงเมื่อปลามีอายุมากขึ้น

**การวิเคราะห์สมการถดถอยของรุ่นลูกต่อรุ่นพ่อแม่**

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคู่ข้อมูลระหว่างรุ่นลูกกับรุ่นพ่อแม่หลายๆ คู่แล้วนำมาคำนวณความสัมพันธ์ในรูปของสมการ regression ของข้อมูลคู่เหล่านี้ โดยข้อมูลของพ่อหรือแม่เป็นตัวแปรอิสระ และข้อมูลของลูกเป็นตัวแปรตามค่า อัตราพันธุกรรม ที่คำนวณด้วยข้อมูลค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ จะให้ค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมที่ดีกว่าค่าที่คำนวณด้วยข้อมูลของพ่อหรือแม่ฝ่ายเดียว เนื่องจากจะมีค่า standard error ต่ำกว่า และการคำนวณโดยใช้ข้อมูลฝ่ายแม่มักให้ค่าอัตราพันธุกรรมสูงกว่าความเป็นจริง (อุทัยรัตน์, 2543)

Gall และคณะ (1988) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของอายุปลาเรนโบว์-เทร้าท์เมื่อวางไข่ ด้วยวิธี regression ระหว่างค่าที่ได้จากแม่ (อายุเมื่อแม่ปลาวางไข่) และลูก (อายุเมื่อพร้อมที่จะวางไข่) โดยศึกษาในปลา 6 รุ่น แต่ละรุ่นประกอบด้วย 98 ครอบครัว ในแต่ละครอบครัวมีปลาเฉลี่ย 21 ตัว ปลาจะถูกทำเครื่องหมายและเลี้ยงรวมกัน 4 ครอบครัวต่อ 1 ถัง จนถึงระยะวางไข่ ซึ่งคำนวณได้ค่า $h^2$ = 0.38±0.001 ค่าที่ได้นี้จะรวมค่าของ maternal effects และ family common environmental effects เข้าไปด้วย

**การวิเคราะห์จากผลการคัดพันธุ์**

อัตราพันธุกรรมที่คำนวณจากผลของการคัดพันธุ์นี้นิยมเรียกว่า อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability) ตามสมการ

$$R = Sh^2$$

$$h^2 = R/S$$

เมื่อ R คือค่าตอบสนองการคัดเลือก คำนวณจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏของประชากรรุ่นลูกที่ผ่านการคัดเลือกกับค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นพ่อแม่

S คือค่าคัดเลือก คำนวณจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏของกลุ่มที่คัดไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์กับค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นพ่อแม่

Horstgen-Schwark (1983) คัดเลือกปลาเรนโบว์เทร้าเพื่อปรับปรุงน้ำหนักของปลาขนาด pan size ด้วยวิธี combined family-within family selection จำนวน 4 ชุดการทดลอง คัดเลือก 2 รุ่น โดยมีชุดควบคุม ค่า selection intensity = 1.61-2.48, ค่า realize response = 7.2-32.1 ได้ค่า realized $h^2$ เท่ากับ 0.15

**การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ($h^2$) ของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ**

Jarimopas (1989 อ้างโดย สุภัทรา, 2544) ทำการคัดเลือกปลาดุกอุยที่อายุ 9 เดือน โดยนำปลาตัวโตที่สุด 10% ของประชากรปลาทั้งหมด ( mass selection) มาเพาะพันธุ์ เมื่อดำเนินการคัดเลือกไปได้ 3 รุ่น ผลปรากฏว่าปลาดุกอุยในสายพันธุ์คัดเลือกมีน้ำหนักตัวและความยาวมากกว่าในกลุ่มควบคุม 12% และ 2% ตามลำดับ และเมื่อประเมินค่าอัตราพันธุกรรม ประจักษ์ (realized herilitability) ของน้ำหนักและความยาวในรุ่น $F_1$ และ $F_2$ มีค่า 0.24, 0.47, 0.28 และ 0.3 ตามลำดับ

Jarimopas (1989 อ้างโดย สุภัทรา, 2544) ได้ประเมินค่าอัตราพันธุกรรมการเจริญเติบโตของปลานิลแดงจากการคัดเลือกแบบ size specific mass selection ที่อายุ 6 สัปดาห์ เมื่อดำเนินการคัดเลือกด้วยวิธีนี้ไป 6 รุ่น พบว่าปลาในสายพันธุ์คัดเลือกมีขนาดใหญ่กว่าปลาในชุดควบคุม โดยเปรียบเทียบปลาที่อายุ 12 สัปดาห์ และค่าอัตราพันธุกรรมน้ำหนักและความยาวมีค่า 0.32 และ 0.37 ตามลำดับ

Rye และคณะ (1990) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรม อัตราการรอดของปลาเรนโบว์เทร้า ท์ ที่ระยะ eyed-egg stage (20วัน), ระยะฟัก (42 วัน), ระยะเริ่มกินอาหาร ( 62 วัน) ด้วยวิธี การผสมพันธุ์แบบ nested design โดยการนำน้ำเชื้อจากตัวผู้ 1 ตัว ผสมกับไข่จากตัวเมีย 3-10 ตัว เพื่อสร้าง full-sib และ half-sib families ขึ้น จำนวนพ่อที่ใช้ในการทดลอง 213 ตัว จำนวนแม่ที่ใช้ในการทดลอง 1,062 ตัว ค่า $h^2_S$ ที่คำนวณได้ในแต่ละระยะมีค่าต่ำ ( 0.04-0.09) เนื่องจากเป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการอยู่รอด และความสามารถในการถ่ายทอดยีนสู่ลูก เช่น การสืบพันธุ์, อัตรารอด แต่ค่า อัตราพันธุกรรมที่คำนวณจาก $h^2_D$ มีค่าระหว่าง 0.53-0.86 ซึ่งสูงกว่าค่าที่คำนวณจาก $h^2_S$ มาก เนื่องจากลักษณะที่ศึกษามีผลของ non-additive gene effect, maternal effect และผลของสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกัน

Wang และคณะ ( 2006) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตของปลาไน (*Cyprinus carpio*) โดยใช้วิธีการผสม พันธุ์แบบ nested design โดยมีทั้งหมด 30 full-sib (พ่อปลา 10 ตัว : แม่ปลา 30 ตัว) เมื่อปลามีอายุได้ 8 เดือน อัตราพันธุกรรมของลักษณะการ เติบโตที่คำนวณจากความแปรปรวนระหว่างพ่อ ($h^2_S$) มีค่าเท่ากับ 0.20-0.35

นวรัตน์ (2533 อ้างโดย สุภัทรา, 2544) ใช้เทคนิคการประเมินข้อมูลพันธุศาสตร์ปริมา ณ อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของปลาตะเพียนขาว โดยใช้ความความสัมพันธ์ทางเครือญาติ มีการผสมพันธุ์แบบ nested design ใช้แม่ปลาขนาดต่างๆ กัน 5 ตัว และพ่อปลาขนาดต่างๆ กัน 15 ตัว (แม่ปลา 1 ตัว : พ่อปลา 3 ตัว) นำลูกปลาจากการผสมมาเลี้ยงในกระชังและวัดการเติบโต เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 111, 170 และ 276 วัน มีค่าเท่ากับ 0.244, 0.600 และ 0.757 ตามลำดับ

ภาวิณี ( 2541) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตของกุ้งกุลาดำจากการทดลอง 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบพ่อพันธุ์ 1 ตัวต่อแม่พันธุ์ 1 ตัว เพื่อผลิตลูกกุ้งกุลาดำ การทดลองครั้งที่ 1 ผลิตลูกกุ้งทั้งหมด 21 ครอบครัว และการทดลองครั้งที่ 2 ผลิตลูกกุ้งจำนวน 40 ครอบครัว ทำการเลี้ยงแยกในแต่ละครอบครัวและบันทึกน้ำหนักตัว นำข้อมูลของน้ำหนักตัวและความยาวมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบความแปรปรวนแล้วจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างหยาบที่ช่วงอายุต่างๆ พบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าลดลง โดยกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่อายุ 25 และ 65 วัน เท่ากับ 0.154±0.057 และ 0.010±0.014 ตามลำดับ อัตราพันธุกรรมของน้ำหนัก ตัวที่อายุ 65 วัน มีค่า -0.016±0.004 และในกุ้งชุดที่ 2 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวมีค่าลดลงจาก 0.584±0.099 ถึง 0.252±0.057 ที่อายุ 25 ถึง 90 วัน และค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักที่อายุ 60 และ 90 วัน มีค่า 0.414±0.081 และ 0.309±0.067 ตามลำดับ

สุภัทรา และคณะ (2547) ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดิน ทดลองคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แบบหมู่ โดยนำลูกกุ้งระยะ $P_{15}$ จากประชากรพื้นฐานพ่อแม่ธรรมชาติ 30 คู่ เลี้ยงเป็นรุ่นพ่อแม่พันธุ์ ( $P_0$) จากนั้นทำการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเติบโตได้ 1 รุ่น ($F_1$) อัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตของกุ้งกุลาดำที่อายุ 120 วัน คำนวณจากสัดส่วนของการตอบสนองการคัดเลือกในรุ่น $F_1$ กับความแตกต่างของการคัดเลือกในรุ่น $P_0$ ที่อายุเท่ากัน มีค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวและน้ำหนักที่อายุ 120 วัน เป็น 0.33 และ 0.34 ตามลำดับ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐานที่ใช้ในการทดลอง
2. เพื่อศึกษาอัตราพันธุกรรมในลักษณะการเติบโตของไส้เดือนทะเล (*Perinereis nuntia*) ที่อายุ 120 วัน สำหรับเป็นแนวทางในการพิจารณากระบวนการปรับปรุงพันธุ์ไส้เดือนทะเล

# บทที่ 2
## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

### วัสดุ และอุปกรณ์

| ลำดับที่ | รายการ |
|---|---|
| 1 | กระบะพลาสติก (0.34 x 0.54 x 0.28 เมตร) |
| 2 | อิฐบล็อก |
| 3 | อวนฟ้า เบอร์ 26 |
| 4 | หัวทราย |
| 5 | วาล์วสามทาง |
| 6 | วาล์วลม (วาล์วเหลือง) |
| 7 | อาหารกุ้งกุลาดำบ่อดิน เบอร์ 1 |
| 8 | อาหารสมทบลูกกุ้งวัยอ่อน (TNT เบอร์ 2) |
| 9 | ทรายแม่น้ำ |
| 10 | กะละมัง (ขนาดเล็ก) |
| 11 | ถังเพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเล |
| 12 | บีกเกอร์ขนาด 500 ml |
| 13 | กรรไกร |
| 14 | ไม้พาย (ขนาดเล็ก) |
| 15 | เครื่องกำเนิดอากาศ |
| 16 | หลอดหยด |
| 17 | สไลด์หลุม |
| 18 | เครื่องนับจำนวน (counter) |
| 19 | กล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น CX21 |
| 20 | คอมพิวเตอร์ |
| 21 | สวิงขนาดตา 120T |
| 22 | เครื่องชั่ง Sartorius 2 ตำแหน่ง รุ่น TE3102S |
| 23 | กระดาษเช็ดมือ |

**1. สถานที่ทำการทดลอง**

การทดลองในครั้งนี้ได้ใช้สถานที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง อ.ไชยา จ. สุราษฎร์ธานี เป็นศูนย์ที่มีการดำเนินงานเกี่ยวกับการปรับปรุงสายพันธุ์กุ้งกุลาดำ และได้มีหน่วยงานต่างๆ ของศูนย์วิจัยฯ เข้ามาดำเนินงานร่วมกัน ได้แก่ หน่วยงานเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล ห้องปฏิบัติการกลาง และหน่วยงานช่างและระบบน้ำ

**หน่วยงานเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล** เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลครบวงจร มีการดำเนินงานตั้งแต่ ผลิตพ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล การเพาะฟักตัวอ่อนไส้เดือนทะเล การเลี้ยงไส้เดือนทะเลเป็นตัวเต็มวัย การเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเลเพื่อเป็นอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง เป็นต้น

**ห้องปฏิบัติการกลาง** เป็นหน่วยงานที่ดำเนินงานเกี่ยวกับการตรวจเช็คเชื้อโรคที่อาจส่งผลต่อสุขภาพสัตว์น้ำ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส เป็นต้น

**หน่วยงานช่างและระบบน้ำ** เป็นหน่วยงานที่ดูแลวัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตลอดจนมีหน้าที่เตรียมน้ำทะเลสำหรับการเพาะสัตว์น้ำให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่อยู่ภายใต้ศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง

**2. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยง**

**2.1 การเตรียมทราย**

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลในปัจจุบัน มีวัสดุที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหลายชนิดด้วยกัน เช่น ทรายธรรมชาติ (รูปที่ 9) เม็ดโฟม เม็ดพลาสติก ทรายเทียม เป็นต้น ซึ่งวัสดุต่างๆ เหล่านี้ล้วนแล้ว

รูปที่ 9 ทรายธรรมชาติ

แต่มีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ในธรรมชาติไส้เดือนทะเลมักอาศัยอยู่ในบริเวณหาดทรายแนวเขตน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีทรายที่มีขนาดแตกต่างกันออกไปเนื่องจากการพัดพาของน้ำทะเล และเนื่องจากการนำ ทรายจากธรรมชาติ จากทะเล มาใช้ในการเพาะเลี้ยง เป็นสิ่งที่ผิดกฎหมายและทำลายสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ฟาร์มส่วนใหญ่หันมาใช้ทรายแม่น้ำสำหรับเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล แต่ก่อนที่จะนำทรายมาใช้จะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้คือ

- การร่อนทราย (รูปที่ 10) เพื่อคัดเลือกทรายที่มีขนาดเล็กมากออกจากทรายส่วนใหญ่ (ใช้ทรายขนาด 2-3 มิลลิเมตร) ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลในระบบฟาร์มจะปล่อยตัวอ่อนไส้เดือนทะเลในความหนาแน่นสูง และใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงนาน (5-6 เดือน) ซึ่งวิธีการเลี้ยงเช่นนี้ถ้าหากไม่มีการร่อนทราย เพื่อคัดทรายขนาดเล็กออกไป จะทำให้ในระหว่างการเลี้ยงทรายมีการอัดแน่น และเกิดสภาวะแก๊สไข่เน่า (ไฮโดรเจนซัลไฟล์) ซึ่งจะส่งผลเสียหายแก่ไส้เดือนทะเลได้

รูปที่ 10 การร่อนทรายสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนทะเล

- การล้างทำความสะอาดทราย โดยการใช้น้ำจืดล้างเพื่อชะล้างตะกอน ขยะและสิ่งมีชีวิตที่ปะปนมา ออกจาก ทราย ทำการ ล้างทรายให้สะอาดจนกระทั่งน้ำที่ผ่านทรายมีลักษณะใส (รูปที่ 11)

รูปที่ 11 การล้างทำความสะอาดทราย

- การ ตาก ทรายให้แห้ง จะทำหลังจากขั้นตอนการร่อนและการล้างทรายเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยการนำทรายที่ผ่านการทำความสะอาดมาผึ่งแดดจนแห้งสนิท หลังจากนั้นรอการขนย้ายทรายที่แห้งสนิทลงบ่อเลี้ยงต่อไป (รูปที่ 12)

รูปที่ 12 การตากทรายให้แห้งสนิท

**2.2 การเตรียมภาชนะและบ่อเลี้ยง**

ภาชนะที่ใช้ในการเลี้ยง เช่น บ่อซีเมนต์ กระบะพลาสติก (รูปที่ 13) ภาชนะเหล่านี้จะต้องมีท่อระบายน้ำเพื่อใช้สำหรับการทำน้ำขึ้น-น้ำลง เพื่อเลียนแบบธรรมชาติ และมีการ เตรียมแนวท่อระบายอากาศ โดยระบบให้อากาศอาจจะใช้หัวทรายวางทั่วพื้นบ่อเลี้ยง และมีการวางวัสดุรองพื้น

รูปที่ 13 กระบะพลาสติกสำหรับเลี้ยงไส้เดือนทะเล

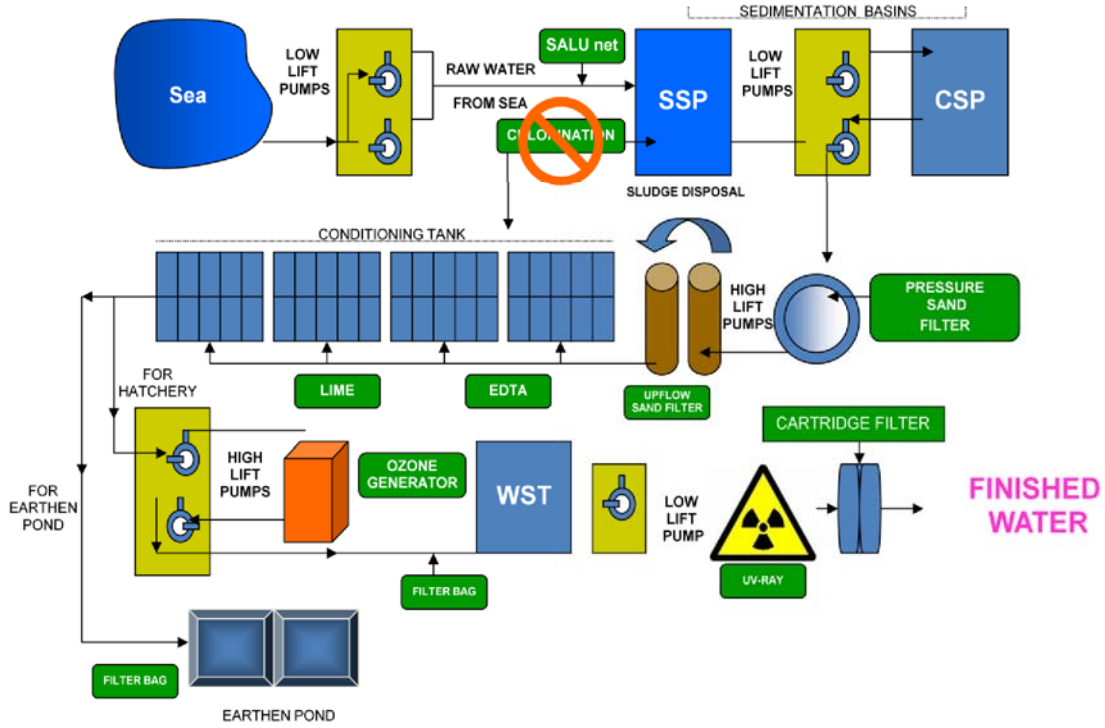
เช่น อิฐบล็อก (ที่มีการเจาะรู) เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสอากาศบริเวณก้นบ่อเลี้ยง (รูปที่ 14) หลังจากนั้นแขวนกระชัง โดยกระชังที่ใช้ในการเลี้ยงจะทำจากอวนฟ้า (เบอร์ 26) เย็บเป็นรูปบ่อที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนทะเล แล้วจึง ขนย้ายทรายที่แห้งสนิทลงสู่บ่อเลี้ยง โดยให้ชั้นของทรายมีความหนาประมาณ 25-30 เซนติเมตร แล้วจึงเติมน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ให้ท่วมผิวหน้าทรายและเปิดระบบให้อากาศ (รูปที่ 15)

รูปที่ 14 พื้นก้นบ่อเลี้ยงไส้เดือนทะเล

รูปที่ 15 บ่อเลี้ยงไส้เดือนทะเล

**2.3 การเตรียมน้ำ**

สำหรับน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลเป็นน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ppt และมีการปรับสภาพน้ำเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำเหมาะที่จะใช้เลี้ยงไส้เดือนทะเล แล้วฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับน้ำด้วยเครื่องผลิตโอโซน หลังจากนั้นน้ำจะเข้าสู่บ่อพักน้ำ โดยที่มีการให้อากาศเพื่อกำจัดโอโซนออกไปจากน้ำ เมื่อน้ำทะเลที่ได้ไม่มีปริมาณโอโซนหลงเหลืออยู่จึงสามารถนำน้ำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลได้โดยในขั้นตอนสุดท้ายน้ำจะต้องผ่านเครื่องกำเนิด UV เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคอีกครั้ง (รูปที่ 16)




รูปที่ 16 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล

- SSP- Sediment Seawater Pond = บ่อตกตะกอน
- CSP- Clear Sediment Seawater Pond = บ่อพักน้ำ (หลังจากบ่อตกตะกอน)
- WST- Water Stocking Tank = บ่อพักน้ำภายในอาคาร

**3. สัตว์ทดลอง**

**3.1 การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ**

รวบรวมไส้เดือนทะเลจากแหล่งที่มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตามหาดทรายชายฝั่งอ่าวไทย (อ.หัวไทร จ นครศรีธรรมราช, อ.ท่าชนะ อ.ไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี) และอันดามัน (เกาะสิเหร่, สะพานหิน, แหลมตุ๊กแก จ.ภูเก็ต เป็นต้น) โดยรวบรวมตัวเต็มวัยของไส้เดือนทะเล (รูปที่ 17) ให้ได้อย่างน้อยแหล่งละประมาณ 200 ตัว (ตารางที่ 5)

รูปที่ 17 การรวบรวมไส้เดือนทะเลจากธรรมชาติ

**ตารางที่ 5 ไส้เดือนทะเลที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ**

| แหล่งที่มา | จำนวน (ตัว) |
|---|---|
| อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช | 600 |
| หาดสำเร็จ จ.สุราษฎร์ฯ | 478 |
| ต.ปากคลองท่ากระจาย จ.สุราษฎร์ฯ | 102 |
| หาดนายอำเภอ จ.สุราษฎร์ฯ | 1,542 |
| เกาะสิเหร่ จ.ภูเก็ต | 50 |
| สะพานหิน จ.ภูเก็ต | 385 |
| แหลมตุ๊กแก จ.ภูเก็ต | 512 |

นำไส้เดือนทะเลที่รวบรวมได้จากธรรมชาติ ในแต่ละแหล่ง ไปแยกเลี้ยงไว้ในกระบะพลาสติก (1 กระบะต่อ 1 แหล่ง) ที่อาคารหน่วยงานช่างและระบบน้ำ (รูปที่ 18) เพื่อรอผลการตรวจเชื้อไวรัสก่อโรค เนื่องจากสถานที่ที่ทำการทดลอง (ศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง) เป็นสถานที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ที่เน้นทางด้านการปลอดเชื้อ สิ่งมีชีวิตที่จะนำเข้าศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง จึงต้องผ่านการตรวจเชื้อไวรัสก่อโรคที่จะส่งผลต่อกุ้งกุลาดำ ได้แก่ WSSV YHV GAV HPV MBV TSV IHHNV และ LSNV โดยวิธีการทาง PCR ไส้เดือนทะเลที่จับมาจากธรรมชาติจะเลี้ยงอยู่ที่อาคารหน่วยงานช่างและระบบน้ำเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพของไส้เดือนทะเลให้เข้ากับวิธีการเลี้ยงของศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง แล้วจึงส่ง ตรวจ PCR ถ้าหากผลที่ออกมาไม่ติดเชื้อทั้ง 8 ชนิด ก็นำไส้เดือนทะเลเข้าอาคาร PC (Polychaete Culture) แต่ถ้าหากมีการติดเชื้อก็ทำการเลี้ยงต่อไป 2 สัปดาห์ แล้วจึงส่งตรวจเชื้อไวรัสอีกครั้ง ถ้าหากยังคงติดเชื้ออีกก็จะทิ้งไส้เดือนทะเลชุดนั้นไป

รูปที่ 18 อาคารหน่วยงานช่างและระบบน้ำ

**3.2 การให้อาหาร**

ไส้เดือนทะเลที่จับมาจากธรรมชาติจะถูกฝึกให้กินอาหารลูกกุ้งกุลาดำบ่อดินเบอร์ 1 บดให้ละเอียดโดยให้อาหารวันละ 2 ครั้งๆ ละ 1 กรัม/ตารางเมตร/มื้อ (รูปที่ 19) โดยจะให้อาหารในช่วงเช้า ( 10.00 น. หลังจากการเติมน้ำทะเล) และในเวลา 16.00 น. โดยในระยะนี้จะคอยสังเกตพฤติกรรมการกินอาหารว่าเพียงพอหรือไม่ (ปรับอาหารตามพฤติกรรมการกิน) และเมื่อไส้เดือนทะเลมีการเจริญเติบโตพอสมควร ก็จะเริ่มเปลี่ยนอาหารเป็น อาหารลูกกุ้งกุลาดำบ่อดินเบอร์ 1 (ไม่มีการบด) จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย

รูปที่ 19 การให้อาหารไส้เดือนทะเล

**3.3 การเปลี่ยนถ่ายน้ำ**

มีการถ่ายน้ำทุกวันในเวลา 20.00 น. แล้วปล่อยให้ทรายแห้งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และเติมน้ำทะเลใหม่ในเวลา 08.00 น.ของวันถัดไป (รูปที่ 20)

รูปที่ 20 การเปลี่ยนถ่ายน้ำ

**3.4 การสร้างประชากรฐาน**

ในการศึกษาการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตของไส้เดือนทะเลที่อายุ 4 เดือน ศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติจากประชากรฐานที่เกิดจากไส้เดือนทะเลที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ จากธรรมชาติทั้งจากชายฝั่งอ่าวไทย และชายฝั่งอันดามัน (ตารางที่ 5) หลังจากนั้นเพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเลตามวิธีการของพอจำ และสุรพล ( 2550) โดยแยกตัวผู้และตัวเมียที่พร้อมจะปล่อยเชื้อออกมาจากกระบะเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งต่างๆ ที่ได้รวบรวมมาจากธรรมชาติ แล้วนำไปปล่อยไว้ในอ่างผสมพันธุ์ที่มีการเตรียมน้ำทะเลไว้ (รูปที่ 21) โดยตัวผู้จะปล่อยน้ำเชื้อและตัวเมียจะปล่อยไข่ออกมาผสมกัน หลังจากที่ผสมกันแล้วทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์จะตาย แยก ซากพ่อแม่พันธุ์ที่ตายออก นำไข่ที่ได้รับการผสมแล้วไปเพาะฟักต่อในถังเพาะฟัก (รูปที่ 22) เพื่อปล่อยให้ไข่ที่ได้รับการผสมพัฒนาต่อไปภายใน 48-72 ชั่วโมง จะได้ตัวอ่อนระยะ nectochaete ทำการสุ่มนับตัวอ่อนไส้เดือนทะเล (ตามวิธีการข้อ 3.5) แล้วนำตัวอ่อนที่ได้ไปเลี้ยงรวมกันในบ่อซีเมนต์ขนาด 2.0 x 2.0 x 0.5 เมตร ไส้เดือนทะเลที่ได้นี้ คือประชากรฐานที่จะใช้ในขั้นตอนของการผสมพันธุ์แบบ nested design และเลี้ยงต่อไปจนกระทั่งเป็นพ่อแม่พันธุ์

รูปที่ 21 อ่างเพาะพันธุ์ไส้เดือนทะเล

รูปที่ 22 ถังเพาะฟักไส้เดือนทะเล

**3.5 การสุ่มนับตัวอ่อนไส้เดือนทะเล**

เมื่อตัวอ่อนไส้เดือนทะเลพัฒนาจนถึงระยะ nectochaete ซึ่งเป็นระยะที่ตัวอ่อนพร้อมที่จะลงสู่บ่อเลี้ยง ทำการสุ่มจำนวนตัวอ่อนทั้งหมดที่มีอยู่ในถังเพาะฟัก โดยที่มีการเปิดลมในถังเพาะฟักให้มีการฟุ้งทั่วทั้งถังเพาะ (ระยะ nectochaete เป็นระยะที่เริ่มลงเกาะผิวหน้าทราย ซึ่งถ้าหากเปิดลมเบาเกินไป การสุ่มนับอาจจะเกิดความผิดพลาดได้) แล้วจึงทำการสุ่มตัวอย่างน้ำในถังเพาะฟักจำนวน 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำ แล้วจึงทำการนับ nectochaete ในแต่ละซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยออกมา (รูปที่ 23) แล้วนำมาคำนวณ

จำนวน nectochaete (ตัว/ลิตร) = 10 x N ; เมื่อ N = ค่าเฉลี่ยของการสุ่มตัวอย่าง

รูปที่ 23 การสุ่มนับตัวอ่อนไส้เดือนทะเล

**3.6 การอนุบาลไส้เดือนทะเลในช่วง 1 เดือนแรก**

สำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐานสำหรับการทดลองในครั้งนี้ จะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงของศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง คือในช่วงหนึ่งเดือนแรกของการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล ให้อาหารวันละ 1 ครั้ง โดยใช้อาหารสมทบสำหรับลูกกุ้งวัยอ่อนระยะซูเอี้ย-ไมซีส (TNT เบอร์ 2) (รูปที่ 24) ให้ครั้งละ 5 กรัม/ตารางเมตร ในช่วงเช้า (10.00 น.) และไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (น้ำทะเลคงความเค็มที่ระดับ 30 ppt)

รูปที่ 24 อาหารสมทบลูกกุ้งวัยอ่อน (TNT เบอร์ 2)

เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 2 ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง โดยใช้อาหารลูกกุ้งกุลาดำบ่อดินเบอร์ 1 ให้ครั้งละ 5 กรัม/ตารางเมตร/มื้อ โดยจะให้อาหารในช่วงเช้า ( 10.00 น.) และในเวลา 16.00 น. มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% ในเวลา 20.00 น. แล้วปล่อยให้แห้ง และเติมน้ำทะเลใหม่ในเวลา 08.00 น. ของวันถัดไป

**4. การศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเล**

**4.1 การเพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเล**

เพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเลโดยใช้พ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐาน ตามวิธีของพอจำ และสุรพล (2550) ในสัดส่วนตัวผู้ต่อตัวเมียเท่ากับ 1:1 นำพ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล ไปปล่อยไว้ในถังเพาะฟักตัวอ่อนไส้เดือนทะเล (ที่มีการเตรียมน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 30 ppt) หลังจากนั้นตัวผู้จะปล่อยน้ำเชื้อและตัวเมียจะปล่อยไข่ออกมาผสมกัน หลังจากที่ผสมกันแล้วทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ก็จะตาย แยก ซากพ่อแม่พันธุ์ที่ตายออก และปล่อยให้ไข่ที่ได้รับการผสมพัฒนาต่อไป ภายใน 48-72 ชั่วโมง ก็จะได้ตัวอ่อนระยะ nectochaete ทำการสุ่มนับตัวอ่อนไส้เดือนทะเล (ตามวิธีการข้อ 3.5) แล้วนำตัวอ่อนที่ได้ไปเลี้ยงในกระบะพลาสติก ที่ความหนาแน่น 1,000 ตัว/กระบะ โดยมี 1 ชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ

สำหรับวิธีการเตรียมทราย การเตรียมน้ำ การให้อาหาร การเปลี่ยนถ่ายน้ำ และอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ทราย วัสดุรองพื้น อุปกรณ์ให้อากาศ ใช้วิธีการตามข้อ 2, 3.2, 3.3 และข้อ 3.6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

**4.2 การเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล และการเก็บข้อมูล**

**4.2.1 การเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล**

ใช้วิธีการคัดแยกไส้เดือนทะเล ด้วยมือ ออกจากทรายทีละตัวโดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (รูปที่ 25)

- ถ่ายน้ำออกจากกระบะพลาสติกที่จะทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเล
- ขนย้ายทรายที่มีไส้เดือนทะเลไปยังลานคัดแยกไส้เดือนทะเล
- คัดแยกไส้เดือนทะเลออกจากกองทราย
- คัดแยกไส้เดือนทะเล ที่ยังมีทรายปนอยู่ออกจากทรายอีกครั้งหนึ่ง โดยการนำไส้เดือนทะเลไปแช่น้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 30 ppt และให้อากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง การคัดแยกไส้เดือนทะเลก็จะสามารถทำได้ง่ายขึ้นเนื่องจากไส้เดือนทะเลได้เข้ามารวมกลุ่มกันเป็นก้อน และได้ทำการสลัดทรายออกจากตัวจึงทำให้ไส้เดือนทะเลมีทรายติดอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก
- ชั่งน้ำหนัก และหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อตัว

รูปที่ 25 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล

**4.2.2 การเก็บข้อมูล**

เก็บข้อมูล น้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลในแต่ละกระบะ โดยการชั่งน้ำหนักรายตัวเป็นจำนวน 100 ตัว/กระบะ และนับจำนวนตัวทั้งหมดของไส้เดือนทะเลในแต่ละกระบะ โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 9 ครั้ง คือ

- ครั้งที่ 1 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 2 เดือน
- ครั้งที่ 2 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 3 เดือน
- ครั้งที่ 3 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 4 เดือน
- ครั้งที่ 4 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 5 เดือน
- ครั้งที่ 5 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 6 เดือน
- ครั้งที่ 6 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 7 เดือน
- ครั้งที่ 7 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 8 เดือน
- ครั้งที่ 8 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 9 เดือน
- ครั้งที่ 9 ไส้เดือนทะเลมีอายุครบ 10 เดือน

เมื่อเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งเรียบร้อยแล้ว ไส้เดือนทะเลจะถูกนำไปเลี้ยงต่อในสภาพแวดล้อมเดิม (ไม่มีการเปลี่ยนทรายใหม่ จนสิ้นสุดการทดลอง)

**4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำค่าน้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลที่เกิดจากประชากรฐาน ซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมมาวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด และโมเดลการเจริญเติบโต

$$\text{อัตรารอด (\%)} = \frac{\text{จำนวนไส้เดือนทะเลเมื่อเก็บเกี่ยว}}{\text{จำนวนไส้เดือนทะเลเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\text{การเจริญเติบโต (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยไส้เดือนทะเล}}{\text{จำนวนกระบะ}}$$

**โมเดลการเจริญเติบโต** (ประสาท, 2541)

∉ Logistic function

$$W_t \quad | \quad \frac{W_{\leftarrow}}{12\,ae^{4kt}} \text{ กรัม}$$

โดยที่ $W_t$ = น้ำหนักตัวที่อายุ t

$W_{\leftarrow}$ = น้ำหนักตัวเมื่อโตเต็มที่

$k$ = อัตราเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่

$t$ = อายุเมื่ออัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

a = ค่าคงที่

∉ Gomperzt function

$$W_t \quad | \quad W_{\leftarrow} e^{4be^{4kt}} \text{ กรัม}$$

โดยที่ $W_t$ = น้ำหนักตัวที่อายุ t

$W_{\leftarrow}$ = น้ำหนักตัวเมื่อโตเต็มที่

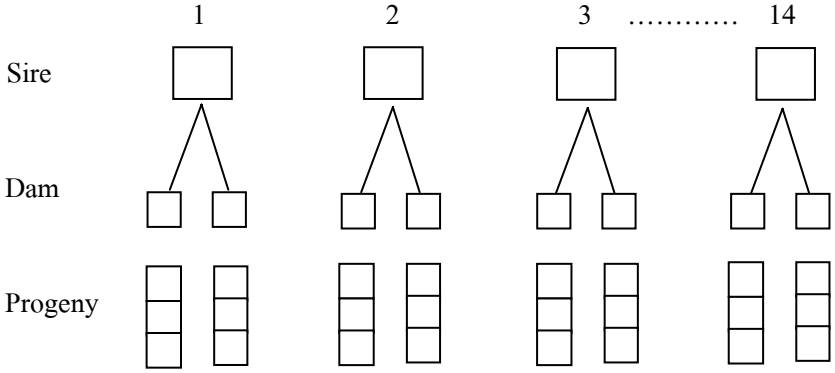
$k$ = อัตราเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่

$b$ = ค่าคงที่

**5. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเล**

**5.1 การเพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเล**

การผสมพันธุ์ไส้เดือนทะเลจากประชากรฐานเพื่อให้ได้ตัวอ่อนไส้เดือนทะเล จะต้องดัดแปลงวิธีการเพาะตัวอ่อนจากวิธีการของพอจำ และสุรพล ( 2550) โดยมีรายละเอียดดังนี้ แยกพ่อแม่พันธุ์ที่พร้อมจะผสมพันธุ์ออกมาจากบ่อเลี้ยงประชากรฐาน นำพ่อพันธุ์ไส้เดือนทะเลใส่ลงไปในภาชนะ (บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร) ใส่น้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ไว้เพื่อให้พ่อพันธุ์ได้ปล่อยน้ำเชื้อตามวิธีการธรรมชาติ น้ำเชื้อที่ได้นี้จะนำไปใช้กับแม่พันธุ์จำนวน 2 ตัว สำหรับแม่พันธุ์จะใช้กรรไกรตัดลำตัว แล้วจึงรีดไข่ออกจากตัวของแม่พันธุ์ แล้วนำน้ำเชื้อที่ได้มาผสมกับไข่ หลังจากนั้นนำไปเพาะในถังเพาะฟัก (บรรจุน้ำทะเล 50 ลิตร) เพื่อปล่อยให้ไข่ที่ได้รับการผสมพัฒนาต่อไป ภายใน 48-72 ชั่วโมง จะได้ตัวอ่อนระยะ nectochaete แล้วจึงทำการสุ่มตัวอ่อนไส้เดือนทะเล (ตามวิธีการข้อ 3.5) เพื่อปล่อยเลี้ยงต่อไปตามแผนการผสม พันธุ์แบบ nested design ซึ่งจากการเพาะพันธุ์ไส้เดือนทะเล ได้ทั้งหมด 28 full-sib และ 14 half-sib ใช้พ่อ (sire) แต่ละตัวผสมกับแม่ (dam) สองตัว ในแต่ละคู่ผสมจะมีลูก (progeny) หลายตัว (รูปที่ 26)




รูปที่ 26 แผนการผสมพันธุ์แบบ nested design

เลี้ยงตัวอ่อนไส้เดือนทะเลแต่ละครอบครัวที่ได้จากการผสมแบบ nested design แยกกัน 1 ครอบครัวต่อ 1 กระบะ ที่ความหนาแน่น 1,000 ตัว/กระบะ สำหรับวิธีการเตรียมทราย การเตรียมน้ำ การให้อาหาร การเปลี่ยนถ่ายน้ำไส้เดือนทะเล และอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ทราย วัสดุรองพื้น อุปกรณ์ให้อากาศ ใช้วิธีการตามข้อ 2, 3.2, 3.3 และข้อ 3.6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

### 5.2 วิธีการเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล และการเก็บข้อมูล

#### 5.2.1 การเก็บเกี่ยวไส้เดือนทะเล

ใช้วิธีการคัดแยกไส้เดือนทะเล ด้วยมือ ออกจากทรายทีละตัวโดยมีขั้นตอนต่างๆ ตามวิธีการในข้อ 4.2.1

#### 5.2.2 การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลน้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน (4 เดือน) ในแต่ละกระบะ โดยการชั่งน้ำหนักรายตัว เป็นจำนวน 100 ตัว/กระบะ และนับจำนวนตัวทั้งหมดของไส้เดือนทะเลในแต่ละกระบะ

### 5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษามีหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไส้เดือนทะเล ดังนี้

$$Y_{ijk} = \sigma + \zeta_i + \eta_{ij} + e_{ijk}$$

โดย $Y_{ijk}$ = น้ำหนักของไส้เดือนทะเลเมื่ออายุ 120 วัน ตัวที่ k ที่ได้รับอิทธิพลจากพ่อ ( i) และแม่ (j)

$\sigma$ = ค่าเฉลี่ย

$\zeta_i$ = อิทธิพลของพ่อตัวที่ i

$\eta_{ij}$ = อิทธิพลของแม่ตัวที่ j เมื่อผสมกับพ่อตัวที่ i

$e_{ijk}$ = อิทธิพลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (error)

นำน้ำหนักรายตัวของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน ซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมมาคำนวณหาค่าความแปรปรวน แล้วทำการคำนวณค่าอัตราพันธุกรรม โดยจะวิเคราะห์หาค่า อัตราพันธุกรรม จากความแปรปรวนระหว่าง แม่ ($h^2_D$) จากความแปรปรวนระหว่าง พ่อ ($h^2_S$) และจากความแปรปรวนระหว่างพ่อและแม่ ($h^2_{S+D}$) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 3 แล้วจึงแปลงค่าความแปรปรวนให้อยู่ในรูปอัตราพันธุกรรมดังตารางที่ 4

# บทที่ 3
# ผลการศึกษา

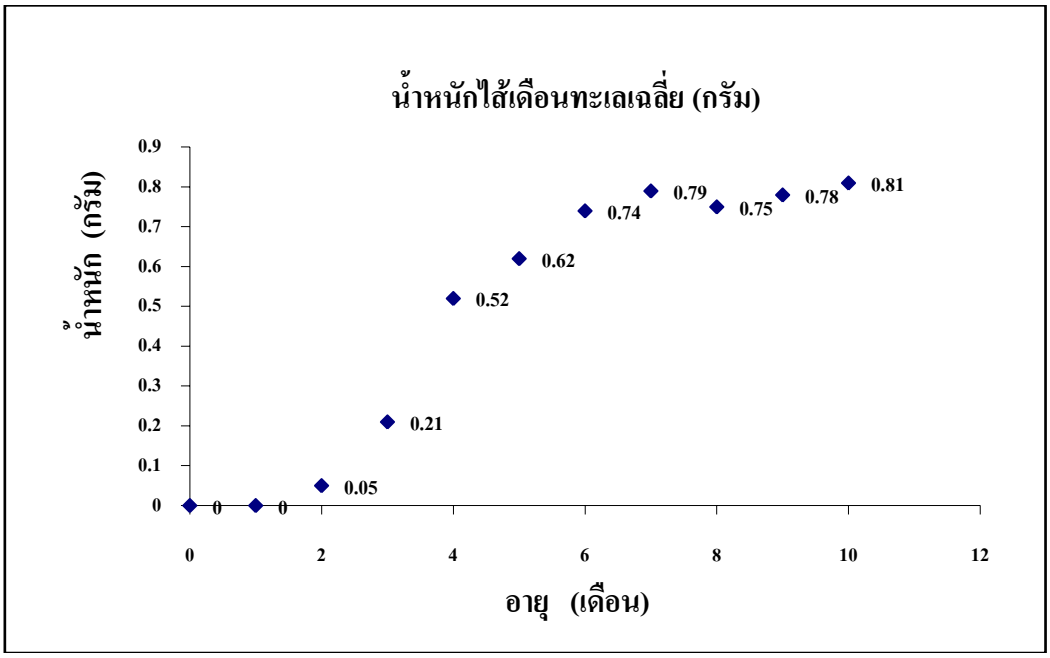
**การศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐาน**

จากการเพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐานในสัดส่วนตัวผู้ต่อตัวเมียเท่ากับ 1:1 แล้วเลี้ยงตัวอ่อนไส้เดือนทะเลที่ได้ในกระบะพลาสติกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยมีข้อมูลตั้งแต่ไส้เดือนทะเลมีอายุ 2 เดือน จนถึงอายุ 10 เดือน และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟจะได้กราฟดังรูปที่ 27

**ตารางที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) และอัตรารอด (%) ของไส้เดือนทะเลในแต่ละช่วงอายุ**

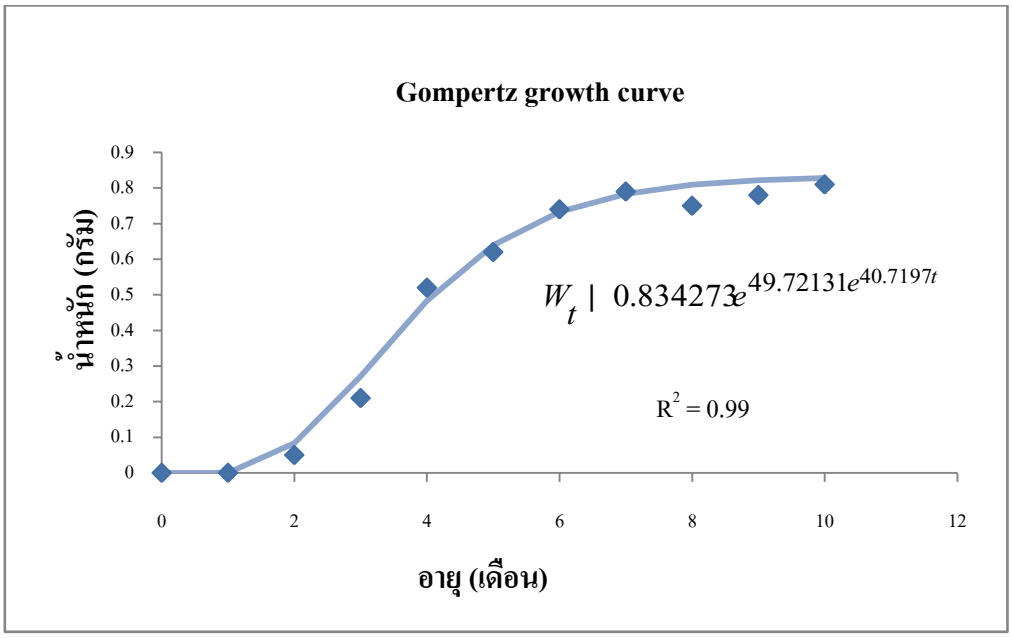
| อายุ (เดือน) | ค่าเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | อัตรารอด (%) |
|---|---|---|
| 2 | 0.05±0.04 | 26.67* |
| 3 | 0.21±0.14 | 35.73* |
| 4 | 0.52±0.43 | 36.83 |
| 5 | 0.62±0.47 | 37.23 |
| 6 | 0.74±0.55 | 38.40 |
| 7 | 0.79±0.59 | 37.87 |
| 8 | 0.75±0.54 | 35.80 |
| 9 | 0.78±0.57 | 33.27 |
| 10 | 0.81±0.56 | 27.77 |

**หมายเหตุ** อัตรารอดในเดือนที่ 3 มากกว่าเดือนที่ 2 เนื่องจากไส้เดือนทะเลในเดือนที่ 3 เป็นต้นไปมีขนาดโตขึ้นทำให้การคัดแยกเพื่อชั่งน้ำหนักมีผลกระทบต่อไส้เดือนทะเลน้อยลง

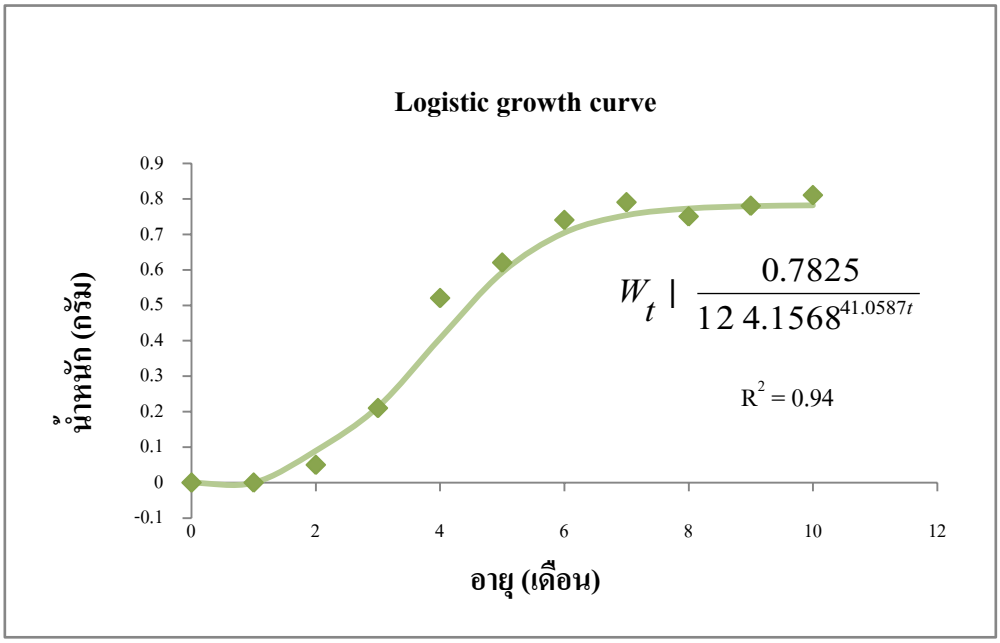



รูปที่ 27 กราฟการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลในแต่ละช่วงอายุ

จากกราฟการเจริญเติบโตจะมีลักษณะโค้งแบบ sigmoid หรือ s-shape curve และเมื่อทำการทดสอบสมการการเจริญเติบโตที่เหมาะสมเพื่อประมาณน้ำหนักโตเต็มที่ พบว่า ไส้เดือนทะเลเจริญเติบโตเต็มที่จากการประมาณได้จากสมการการเจริญเติบโต Gompertz และ Logistic มีค่าเท่ากับ 0.83 กรัม และ 0.78 กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโตจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$) พบว่าสมการการเจริญเติบโต Gompertz มีค่าสูงกว่าสมการการเจริญเติบโต Logistic ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.99 และ 0.94 ตามลำดับ และจากการพิจารณากราฟที่ได้ดังรูปที่ 28 และรูปที่ 29 พบว่าสมการการเจริญเติบโต Gompertz และ Logistic ให้กราฟการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน โดยในช่วงแรกจะมีอัตราการเจริญเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุที่เพิ่มขึ้นและช้าลงจนกระทั่งเข้าสู่ศูนย์เมื่อมีน้ำหนักโตเต็มที่ (อายุ 7-8 เดือน)




รูปที่ 28 กราฟการเจริญเติบโตภายใต้สมการการเจริญเติบโตแบบ Gompertz




รูปที่ 29 กราฟการเจริญเติบโตภายใต้สมการการเจริญเติบโตแบบ Logistic

**การศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมไส้เดือนทะเล**

เพาะตัวอ่อนไส้เดือนทะเลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2551 ถึงเดือนพฤษภาคม 2552 โดยพ่อพันธุ์มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.81±0.35 กรัม ส่วนแม่พันธุ์มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.11±0.43 กรัม (ตารางที่ 7)

**ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ไส้เดือนทะเล**

| | **Mean (กรัม) ± S.D.** | **C.V.** | **n** |
|---|---|---|---|
| **พ่อพันธุ์** | 0.81±0.35 | 0.43 | 14 |
| **แม่พันธุ์** | 1.11±0.43 | 0.39 | 28 |

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเลที่ได้จากครอบครัวพ่อแม่เดียวกัน ( full-sib) ทั้งสิ้น 28 ครอบครัว ( 14 half-sib) มาหาน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่ออายุ 120 วัน เท่ากับ 0.79±0.47 กรัม และมีอัตรารอด 35.66±32.20 เปอร์เซ็นต์ (n = 2430 ตัว) ดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) และอัตรารอด (%) ของไส้เดือนทะเล 28 ครอบครัว (n = 2430)**

| **อายุ (วัน)** | **n** | **น้ำหนัก (กรัม)** | | **อัตรารอด (%)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Mean ± S.D.** | **C.V.** | **Mean ± S.D.** | **C.V.** |
| 120 | 2430 | 0.79±0.47 | 0.58 | 35.66±32.20 | 0.9 |

นำข้อมูลน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 120 วัน ของไส้เดือนทะเลทั้ง 28 ครอบครัว ( n = 2430) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และคำนวณหาองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักตัว (ตารางที่ 9) แล้วนำมาประมาณค่าอัตราพันธุกรรม พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 120 วัน มีค่า $h^2_S$, $h^2_D$ และ $h^2_{S+D}$ เท่ากับ 0.037±0.35, 1.312±0.44 และ 0.675±0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

**ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน**

| **Variance Source** | ***d.f.*** | **Sum of Square** | **Mean Square** | **Composition of mean square** |
|---|---|---|---|---|
| ระหว่างพ่อพันธุ์ | 13 | 138.687454 | 10.668266 | 0.0031 |
| ระหว่างแม่พันธุ์ | 14 | 131.838396 | 9.417028 | 0.1102 |
| ระหว่างลูก (ภายในแม่เดียวกัน) | 2402 | 534.631952 | 0.222578 | 0.2226 |
| รวม | 2429 | 805.157802 | 0.331477 | 0.3359 |

**ตารางที่ 10 ค่าอัตราพันธุกรรมของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน**

| อัตราพันธุกรรม ($h^2$) | ค่าอัตราพันธุกรรม |
|---|---|
| $h^2_S$ | 0.037±0.35 |
| $h^2_D$ | 1.312±0.44 |
| $h^2_{S+D}$ | 0.675±0.29 |

# บทที่ 4
# วิจารณ์ผลการศึกษา

**การศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐาน**

จากการ ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลที่เป็นประชากรฐานที่ใช้ในการทดลองนั้น ได้เริ่มทำการสุ่มชั่งน้ำหนักไส้เดือนทะเลเมื่ออายุ 2 เดือน เนื่องจากไม่สามารถทำการสุ่มชั่งน้ำหนักได้ในช่วงเดือนแรก เพราะไส้เดือนทะเลมีขนาดเล็กมาก ซึ่งอาจทำให้ไส้เดือนทะเลมีความบอบช้ำและส่งผลต่ออัตรารอด ตลอดจนการเจริญเติบโตในช่วงเดือนต่อไป ดังนั้นจึงทำการสุ่มชั่งน้ำหนักรายตัว (จำนวน 100 ตัว) เมื่อไส้เดือนทะเลมีอายุตั้งแต่ 2 เดือนขึ้นไป ซึ่งผลปรากฏว่าน้ำหนักของไส้เดือนทะเลเพิ่มสูงขึ้นเป็น 3 เท่า ในเดือนที่ 3 ในขณะที่อัตรารอดของไส้เดือนทะเลในช่วงเดือนแรกๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากไส้เดือนทะเลมีขนาดเล็กมาก ประกอบกับการใช้ทรายเป็นวัสดุในการเลี้ยง จึงทำให้การคัดแยกในช่วงเดือนแรกทำได้ค่อนข้างยาก เมื่อไส้เดือนทะเลมีขนาดที่โตขึ้นการคัดแยกสามารถทำได้ง่าย จึงทำให้อัตรารอดมีความใกล้เคียงกันมากขึ้นในแต่ละเดือน

สำหรับไส้เดือนทะเลที่อายุครบ 120 วัน (4 เดือน) มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 0.52±0.43 กรัม และมีอัตรารอด 37% นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการ ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมในการศึกษาเดียวกันนี้ พบว่ามีความใกล้เคียงกัน (น้ำหนักเฉลี่ย 0.79±0.47 กรัม อัตรารอด 36%) และจากผลการทดลองในครั้งนี้เปรียบเทียบกับการศึกษาของวิลาสินี และคณะ ( 2547) ที่เลี้ยงไส้เดือนทะเลที่ความหนาแน่น 1250 ตัว/กระบะ (กระบะขนาด 40 x 60 ซม.) เป็นระยะเวลา 120 วัน ไส้เดือนทะเลมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.41±0.02 กรัม และอัตรารอดมากกว่า 40% ซึ่งเป็นน้ำหนักเฉลี่ยที่ต่ำกว่าการทดลองในครั้งนี้ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความหนาแน่น และอัตรารอดของไส้เดือนทะเลที่มีความแตกต่างกัน จึงทำให้การทดลองในครั้งนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยที่มากกว่า และจากการทดสอบสมการการเจริญเติบโตที่เหมาะสมเพื่อประมาณน้ำหนักโตเต็มที่พบว่าสมการ Gompertz ให้น้ำหนักตัวโตเต็มที่มีค่าเท่ากับ 0.83 กรัม (ตารางที่ 11) และเมื่อพิจารณาจากกราฟการเจริญเติบโต พบว่าในช่วงแรกไส้เดือนทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไปตามอายุที่เพิ่มขึ้นและช้าลงจนกระทั่งเข้าสู่ศูนย์เมื่อมีน้ำหนักโตเต็มที่ จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้ทราบถึงทิศทางการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเล ว่าน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 เดือนแรกของการเพาะเลี้ยง และน้ำหนักเริ่มคงที่ที่อายุประมาณ 5-6 เดือนซึ่งเป็นช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อนำไปใช้ต่อไป

**ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบน้ำหนักตัว (กรัม) จากการทดลอง และที่คำนวณได้ตามสมการ Gompertz และสมการ Logistic**

| อายุ (เดือน) | น้ำหนักตัว (กรัม) | | |
|---|---|---|---|
| | จากการทดลอง | จากสมการ Gompertz | จากสมการ Logistic |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0.05 | 0.08 | 0.09 |
| 3 | 0.21 | 0.27 | 0.21 |
| 4 | 0.52 | 0.48 | 0.41 |
| 5 | 0.62 | 0.64 | 0.59 |
| 6 | 0.74 | 0.73 | 0.70 |
| 7 | 0.79 | 0.78 | 0.75 |
| 8 | 0.75 | 0.81 | 0.77 |
| 9 | 0.78 | 0.82 | 0.78 |
| 10 | 0.81 | 0.83 | 0.78 |

**การศึกษาอัตราพันธุกรรม**

ค่าอัตราพันธุกรรมจัดได้ว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณสำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดไปให้รุ่นลูกได้ เปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น และใช้ในการทำนายความก้าวหน้าหรือตอบสนองการคัดเลือก โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์จะตั้งอยู่บนพื้นฐานคุณค่าทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว การศึกษาอัตราพันธุกรรมไส้เดือนทะเลครั้งนี้ได้ดำเนินแผนการผสมพันธุ์แบบ nested design โดยอาศัยเทคนิคการผสมเทียมและใช้อัตราส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์เป็น 1 : 2 พบว่าสามารถผลิตไส้เดือนทะเลได้จำนวนครอบครัว 28 ครอบครัว (ใช้พ่อพันธุ์ 14 ตัว, แม่พันธุ์ 28 ตัว) ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนที่เพียงพอสำหรับการคำนวณค่าอัตราพันธุกรรม การใช้พ่อแม่พันธุ์น้อยเกินไปจะทำให้ได้ค่า S.E. ของค่าอัตราพันธุกรรมสูง และในการศึกษาทั่วๆ ไปจำนวนคู่ผสมควรจะอยู่ระหว่าง 20 ถึง

30 คู่ จึงจะทำให้ได้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ถูกต้อง ( Robertson, 1959) จากการวิเคราะห์หาค่าอัตราพันธุกรรม ( $h^2$) ของลักษณะการเติบโตของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน สามารถบ่งบอกถึงค่าสัดส่วนของความแปรปรวนของยีนแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ซึ่งพบว่าความแปรปรวนของลักษณะปรากฏมีค่ามาก และความแปรปรวนของยีนแบบบวกสะสมมีค่าน้อย ดังนั้นค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของไส้เดือนทะเลที่อายุ 120 วัน ที่คำนวณจากความแปรปรวนระหว่างพ่อ ( 0.037±0.35) เป็นอัตราพันธุกรรมที่มีค่าต่ำ ในขณะที่ค่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณจากความแปรปรวนระหว่างแม่มีค่า 1.312±0.44 ซึ่งมีค่าเกิน 1 อาจเนื่องจากลักษณะที่ศึกษามีผลของ non-additive gene effect, maternal effect และการร่วมของสิ่งแวดล้อม ( common environmental effect) จากการเลี้ยงไส้เดือนทะเลครอบครัวแม่เดียวไว้ด้วยกัน แต่แยกเลี้ยงแต่ละครอบครัวออกจากกัน (การเลี้ยง 1 กระบะ ต่อ 1 ครอบครัว) ทำให้ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมีมากเกินควร จากการทดลองในครั้งนี้อาจจะสรุปได้ว่าลักษณะการเติบโตของไส้เดือนทะเลในประชากรที่ทำการศึกษาสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้น้อย เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะและการคัดเลือกยังทำได้ยากในลักษณะการเติบโต เนื่องจากการเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ไม่พร้อมกันของสัตว์ทดลอง โดยเฉพาะการคัดเลือกแบบการดูลักษณะตัวเอง ( individual selection) ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงไส้เดือนทะเลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีจึงควรที่จะเน้นการจัดการการเลี้ยง เช่น การให้อาหาร การจัดการสภาพแวดล้อม เป็นต้น

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจากกราฟการเจริญเติบโตโดยใช้ข้อมูลน้ำหนักตัวของไส้เดือนทะเลตั้งแต่อายุ 2 เดือนจนถึงอายุ 10 เดือน พบว่าสมการ Gompertz และสมการ Logistic ให้ค่าน้ำหนักตัวโตเต็มที่เท่ากับ 0.83 กรัม และ 0.78 กรัม ตามลำดับ
2. การศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมใช้แผนการผสมพันธุ์แบบเน็สเต็ด ดีไซน์ ( nested design) และเทคนิคการผสมเทียมโดยอัตราส่วนการผสมพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์เป็น 1 : 2 สามารถผลิตไส้เดือนทะเลพ่อแม่เดียวกัน (full-sib) 28 ครอบครัว (14 half-sib) นำข้อมูลน้ำหนักตัวเมื่ออายุ 120 วัน มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรม พบว่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้จากความแปรปรวนระหว่างพ่อมีค่าต่ำมาก ( $h^2_S$ = 0.037±0.35) ในขณะที่อัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้จากความแปรปรวนระหว่างแม่มีค่ามากกว่า 1 ($h^2_D$ = 1.312±0.44) แสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลจากพันธุกรรมที่ไม่ใช่มาจากยีนบวกสะสม และ/หรืออิทธิพลจากการร่วมสิ่งแวดล้อม รวมอยู่ในความแปรปรวนระหว่างแม่สูง เมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมจากการศึกษานี้อาจกล่าวได้ว่าแนวทางการปรับปรุงผลผลิตไส้เดือนทะเลในประชากรที่ทำการศึกษาให้มีการเจริญเติบโตที่ดี ควรเน้นการจัดการเลี้ยง เช่น การให้อาหาร การจัดการทางด้านสภาพแวดล้อม เป็นต้น

## ข้อจำกัดในการดำเนินการวิจัย

1. การเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ไม่พร้อมกันของสัตว์ทดลอง ทำให้ไม่สามารถเพาะพันธุ์สัตว์ทดลองได้พร้อมๆ กันตามจำนวนครอบครัวที่เหมาะสมสำหรับการศึกษา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ได้จำนวนครอบครัวที่น้อย และใช้เวลาในการทดลองค่อนข้างนาน
2. ในขั้นตอนของการสร้างประชากรฐานได้เกิดข้อผิดพลาด เนื่องจากได้มีความพยายามเลี้ยงไส้เดือนทะเลรวมกันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันโดยเลี้ยงในบ่อเดียวกัน และมีการแบ่งพื้นที่โดยใช้อวนฟ้าแบ่งพื้นที่การเลี้ยงในแต่ละครอบครัว ซึ่งไม่มีการทำเครื่องหมายประจำครอบครัว และเมื่อไส้เดือนทะเลมีอายุมากขึ้นได้มีการหลุดลอดเข้าหากันของไส้เดือนทะเลในแต่ละครอบครัว

3. การจากใช้ทรายเป็นวัสดุในการเพาะเลี้ยง ทำให้การคัดแยกเพื่อทำการชั่งน้ำหนักทำได้ยาก และเกิดความเสียหายระหว่างการคัดแยก

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการศึกษาถึงข้อมูลพื้นฐานทางด้านชีววิทยาของไส้เดือนทะเลโดยเฉพาะชีววิทยาการสืบพันธุ์ เช่น ความพร้อมในการเป็นพ่อแม่พันธุ์ของไส้เดือนทะเล การทดลองในครั้งนี้ผู้ทำการทดลองยังไม่สามารถควบคุมการเข้าสู่ระยะการเจริญพันธุ์ของไส้เดือนทะเลให้พร้อมกันได้ ทำให้การทดลองในครั้งนี้ค่อนข้างใช้เวลานาน

2. การศึกษาอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไส้เดือนทะเล ให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำควรจะเลี้ยงไส้เดือนทะเลภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันเพื่อลดความแตกต่างทางด้านสภาพแวดล้อมในแต่ละครอบครัว ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงวิธีการทำเครื่องหมายประจำครอบครัวของไส้เดือนทะเล

3. ควรมีการศึกษาสูตรอาหารที่จะใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลเพื่อให้ไส้เดือนทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้นในระยะเวลาการเลี้ยงที่เท่ากัน

4. เนื่องจากแหล่งพ่อแม่พันธุ์ของไส้เดือนทะเลที่ใช้ในประเทศไทยประกอบด้วย 2 แหล่งใหญ่ คือ ฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน ดังนั้นจึงน่าจะทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอัตราพันธุกรรมจากทั้ง 2 แหล่ง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกแหล่งพ่อแม่พันธุ์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์

5. ควรเพิ่มความหลากหลายของแหล่งที่มาของสัตว์ทดลองซึ่งอาจจะส่งผลต่อค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตให้สูงยิ่งขึ้น

# บรรณานุกรม


จิตติมา อายุตตะกะ. 2544. การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุติมา ขมวิลัย. 2540. การแพร่กระจายและศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินโดยไส้เดือนทะเลบางชนิด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถนอม พิมลจินดา. 2542. ชีววิทยาหนอนปล้อง ( Annelida) บางชนิดเพื่อนำมาใช้เลี้ยงกุ้งท ะเล *ใน* รายงานสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2542 กรมประมง. กรุงเทพฯ. หน้า 6

ธเนศ ศรีถกล , ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ , วชิระ เหล็กนิ่ม และอรัญญา อัศวอารีย์ . 2544. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของปลาเห็ดโคน (*Sillago sihama* Forsskål, 1775). เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2544. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง , กรมประมง.

นที นิลนพคุณ. 2529. คัพภะวิทยาทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ : อมรการพิมพ์.

พอจำ อรัณยกานนท์ และสุรพล ชุณหบัณฑิต. 2550. บทสรุปเรื่องการวิจัยและเพาะเลี้ยงเพรียงทรายปลอดเชื้อระหว่างปี พ.ศ. 2547-2549. การอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่องการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงเพรียงทรายปลอดเชื้อเชิงพาณิชย์ ณ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 14-15 พฤษภาคม 2550 หน้า 1-21.

ภาวิณี พัฒนจันทร์. 2541. การประมาณค่าถ่ายทอดพันธุกรรมในอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* Fabricius, 1798. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท มีแต้ม. 2541. คณิตศาสตร์ประยุกต์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์

วิทยา รัตนะ, นันทวัน ศานติสาธิตกุล, จิรานุวัฒน์ ชูเพชร และลัดดาวัลย์ สถาพร. 2548. ผลของเพรียงทรายที่มีต่อการสร้างรังไข่และผลผลิตลูกกุ้งของพ่อแม่กุ้งกุลาดำ. การสัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจำปี 2548, ณ. กรมประมง 26-29 พฤษภาคม 2548 หน้า 35.

วิลาสินี คงเล่ง, กอบศักดิ์ เกตุเหมือน และสุจินต์ บุญช่วย. 2546. การทดลองเลี้ยงเพรียงทราย (*Perinereis* sp.) ในกระบะพลาสติก. รายงานการสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2546, ณ กรมประมง 7-9 กรกฎาคม 2546 หน้า 79.

วิสุทธิ์ วีระกุลพิริยะ. 2554. นโยบายภาครัฐในการส่งเสริมอุตสาหกรรมกุ้ง. นิตยสาร Aqua Biz. 41: หน้า 66-78.

สถาบันทรัพยากรทางน้ำ. 2550. การทำฟาร์มเลี้ยงเพรียงทรายปลอดเชื้อเชิงพาณิชย์. เอกสารประกอบการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี ระหว่างวันที่ 14-15 พฤษภาคม 2550. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สันติสุข ไทยปาล. 2544. สัณฐานวิทยา ชีววิทยาการสืบพันธุ์บางประการและองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของปลาบู่ทอง (*Glossogobius aureus* Akihito and Meguro, 1975) ในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุปราณี ชินบุตร. 2528. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius). กรุงเทพฯ. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง.

สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2544. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประมวลองค์ความรู้แนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยโดยวิธีทางพันธุศาสตร์ปริมาณ. กรุงเทพฯ. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง.

สุภัทรา อุไรวรรณ์, ฐานันน์ ฑัตตานนท์, ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง, ถาวร จีนหมิก และธรรมศักดิ์ เวียงวีระชาติ. 2547. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดิน *ใน* รายงานสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2547 กรมประมง. กรุงเทพฯ. หน้า 585-594.

สุรพล ชุณหบัณฑิต. 2544. การเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเลเพื่อเป็นอาหารสำหรับพ่อแม่กุ้งทะเล. คู่มือธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออก. กรุงเทพฯ : เมจิก ซีเลคไลท์ จำกัด.

สุรพล ชุณหบัณฑิต. มปป. การเพาะเลี้ยงไส้เดือนทะเล *Perinereis nuntia* var *brevicirris* (Grub) เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. สรุปผลการสัมมนาเรื่องการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในภาคเกษตร. กรุงเทพฯ : สมาคมเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2554. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อัตรา ไชยมงคล, มะลิ บุณยรัตผลิน และสุพิศ ทองรอด. 2542. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยหมึกและหมึกร่วมกับแม่เพรียง *ใน* รายงานการสัมมนาวิชาการประมง ประจำปี 2542 กรมประมง. กรุงเทพฯ หน้า 72.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2543. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alexander, R.M. 1979. The Invertebrates. Leeds : Cambridge University Press.

Barnes, R.D. 1968. Invertebrate Zoology. Tokyo : Japan Printing Company Limited.

Barth, R.H. 1982. The Invertebrate World. Tokyo : CBS College Publishing.

Black, K.D. 2001. Environmental Impacts of Aquaculture. Sheffield : Sheffield Academic Press Ltd.

Buchsbaum, R. 1938. Without Backbones. Chicago : The University of Chicago Press.

Castro, P. and Huber, M.E. 1992. Marine Biology. Dubuque : Wm. C. Brown Publishers.

Chareonpanich, C. 1999. The Control and Modification of Organically Polluted Sediment by Marine Worm. Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries. Bangkok: Kasetsart University.

Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Third edition. London: Longman,

Fauchald, K. 1977. The Polychaete Worms. Los Angeles : Chapman.

Gall, G.A.E., Baltodano, J. and Huang, N. 1988. Heritability of age at spawning for rainbow trout. Aquaculture 68: 93-102.

Giangrande, A. 1997. Polychaete reproductive patterns, life cycles and life histories : An overview. Oceanography and Marine Biology 25: 323-385.

Gjedrem, T. 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. Aquaculture 33: 51-72.

Hardege, J.D. and Bartels-Hardege, H.D. 1995. Spawning behaviour and development of *Perinereis nuntia* var *brevicirris* (Annelida :Polychaete). Invertebrate Biology 114: 39-45.

Harrison, F.W. and Gardiner, S.L. 1992. Microscopic Anatomy of Invertebrates (Volume 7 Annelida). New York : Wiley-Liss.

Hegner, R.W. and Engermann, J.G. 1968. Invertebrate Zoology. New York : Macmillan Publishing Co.,Inc.

Highnam, K.C. and Hill, L. 1997. The Comparative Endocrinology of the Invertebrates. London : Edward Arnald (Publishers) Ltd.

Horstgen-Schwark, G. 1983. Selection experiments for improvement “pan-size” body weight of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 112: 13-24.

Levin, L.A., Casswell, H., DePatra, K.D. and Creed, E.L. 1987. Demographic consequences of larval development mode : Planktotrophy vs. lecithotrophy in *Streblospio benedicti* : Ecology 68: 1877-1886.

Mahon, G.A.T. 1983. Selection goals in oyster breeding. Aquaculture 33: 141-148.

Maurer, D., Vargas, J. and Dean, H. 1987. Polychaetous Annelids from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Biology Department, California State University, Long Beach, California.

Mckay, L.R., lhssen, P.E. and Friars, G.W. 1986. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, as a function of age and maturity. Aquaculture 58: 241-254.

Meksumpun, C. and Meksumpun, S. 1999. Polychaete-sediment relation in Rayong, Thailand. Environmental Pollution 105: 447-456.

Meunpol, O., Duangjai, E. and Yoonpun, R. 2005. Determination of prostaglandin $E_2$ ($PGE_2$) in polychaetes (*Perinereis* sp.) and its effect on *Penaeus monodon* oocyte development in Vitro. European Aquaculture Society, Special Publication No. 36

Olive, P. 1994. Polychaeta as a world resource : A review of patterns of exploitation as sea angling baits and the potential for aquaculture based production. Memoris du Museum National d’Histoire Naturelle 162 : 603-610.

Olive, P., Fletcher, J., Rees, S. and Desrosiers, G. 1997. Interaction of environmental temperature with photoperiod in determining age at maturity in semelparous polychaete *Nereis (Neanthes) virens* Sars. Thermal Biology 22: 489-497.

Pechenik, J.A. 2000. Biology of the Invertebrates. Boston : Mc Graw Hill.

Pennak, R.W. 1989. Fresh-water Invertebrates of the United States, Third edition. New York : Jonh Wiley , Sons, Inc.

Pinedo, S., Sarda, R. and Martin, D. 1997. Comparative study of the trophic structure of soft-bottom assemblages in the Bay of Blanes (Western Mediterranean Sea). Bull. Mar. Sci. 60: 529-542.

Poltana, P., Lerkitkul, T., Anantasomboon, G., Wannapapho, W., Wongprasert, K., Olive, P. and Withyachumnarnkul, B. 2005. Prostaglandin in the polychaete *Perinereis nuntia* and their receptors in the ovary of the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. World Aquaculture Society. Available from www.was.org/meeting abstract data. Accessed on 10 June 2008.

Prevedelli, D. and Simonini, R. 2003. Life cycles in brackish habitats : Adaptive strategies of some polychaetes from the Venich lagoon. Oceanologica Acta. 26: 77-84.

Robertson, A. 1959. Experimental design in the evolution of genetic parameters. Biometrics, 15: 219-226.

Robinson, O.W. and Luempert, L.G. 1984. Genetic variation in weight and survival of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture 38: 155-170.

Ruppert, E.E. and Barnes, R.D. 1994. Invertebrate Zoology, Sixth edition. Florida : Harcourt, Inc.

Russell-Hunter, W.D. 1969. A Biology of Higher Invertebrates. London : The Macmillan Company.

Rye, M., Lillevik, K.M. and Gjerde, B. 1990. Survival in early life of Atlantic salmon and rainbow trout : estimates of heritabilities and genetic correlations. Aquaculture 89: 209-216.

Sato, M. 1999. Divergence of reproductive and developmental characteristics in *Hediste* (Polychaeta : Nereidae). Hydrobiologia 402: 129-143.

Simon, W. R. and Olive, P. J.W. 2000. Manipulating the timing of maturation and competence for fertilization and development of oocytes from the semelparous polychaete *Nereis* (*Neanthes*) *virens* Sars. Invertebrate Reproduction and Development 38: 81-84.

Tave, D. 1993. Genetic for Fish Hatchery Managers. New York: AVI Publishing Company, Inc.

Wang, C.H., Li, S.F., Xing, S.P., Wang, J., Liu, Z.G., Pang, Z.Y., Duan, J.P. and Xu, Z.B. 2006. Genetic parameter estimates for growth-related traits in Oujianng color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*). Aquaculture 259: 103-107.

Wilmoth, J. H. 1967. Biology of Invertebrates. New Jersey: Prentice Hall Inc.

Yokouchi, K. 1985. Reproduction and larval ecology of the sandworm *Neanthes virens* (Sars) from the Southern Hokaido. Bull. Plankt. Soc. 32: 1-13

# ภาคผนวก

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมการเติบโตของไส้เดือนทะเล (28 Full sib , 14 Half sib)

| พ่อ | แม่ | น้ำหนักตัวลูก | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **……..** | **100** |
| **1** | **1** | 1.64 | 1.12 | 2.11 | 0.55 | …….. | 0.86 |
| | **2** | 1.1 | 1.04 | 1.51 | 0.92 | …….. | 0.77 |
| **2** | **3** | 2.36 | 2.5 | 2.67 | 0.98 | …….. | - |
| | **4** | 1.5 | 2.38 | 2.03 | 0.74 | …….. | 0.31 |
| **3** | **5** | 0.56 | 0.61 | 0.42 | 0.44 | …….. | 0.16 |
| | **6** | 4.15 | 3.22 | 1.06 | 2.22 | …….. | - |
| **.** | **.** | . | . | . | . | . | . |
| | **.** | . | . | . | . | . | . |
| **.** | **.** | . | . | . | . | . | . |
| | **.** | . | . | . | . | . | . |
| **14** | **27** | 0.52 | 1.28 | 0.74 | 1.83 | …….. | - |
| | **28** | 0.43 | 0.79 | 0.49 | 0.9 | …….. | 0.21 |

The NESTED Procedure

Coefficients of Expected Mean Squares

| Source | sire | dam | Error |
|---|---|---|---|
| sire | 173.1974676 | 89.9918282 | 1.0000000 |
| dam | 0.0000000 | 83.4460948 | 1.0000000 |
| Error | 0.0000000 | 0.0000000 | 1.0000000 |

Nested Random Effects Analysis of Variance for Variable Y

| Variance Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | Variance Component | Percent of Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Total | 2429 | 805.157802 | 0.331477 | 0.335822 | 100.0000 |
| sire | 13 | 138.687454 | 10.668266 | 0.003060 | 0.9112 |
| dam | 14 | 131.838396 | 9.417028 | 0.110184 | 32.8103 |
| Error | 2402 | 534.631952 | 0.222578 | 0.222578 | 66.2785 |

| | |
|---|---|
| Y Mean | 0.73475309 |
| Standard Error of Y Mean | 0.06694457 |

**การคำนวณหาค่าความแปรปรวนต่างๆ**

$\sigma^2_w = MS_W$ = 0.2226

$\sigma^2_D = (MS_D - MS_W)/k_1 = (9.4170 - 0.1102)/83.446$ = 0.1102

$\sigma^2_S = [MS_S - MS_W - k_2/k_1(MS_D - MS_W]/k_3$

$= [10.6683 - 0.2226 - (89.991/83.446)(9.4170 - 0.2226)]/173.197$ = 0.0031

$\sigma^2_T = \sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w$

$= 0.2226 + 0.1102 + 0.0031$ = 0.3359

$k_1 = 83.446$

$k_2 = 89.991$

$k_3 = 173.197$

**หาค่าอัตราพันธุกรรม**

$$h^2_S = \frac{4\sigma^2_S}{\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w} = \frac{4(0.0031)}{0.3359} = 0.037 \pm 0.35$$

$$h^2_D = \frac{4\sigma^2_D}{\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w} = \frac{4(0.1102)}{0.3359} = 1.312 \pm 0.44$$

$$h^2_{S+D} = \frac{2(\sigma^2_S + \sigma^2_D)}{\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w} = \frac{2(0.0031+0.1102)}{0.3359} = 0.675 \pm 0.29$$

**การคำนวณค่า Standard Error**

S.E. $(h^2_S)$ = $\sqrt{VAR(h^2_S)}$

โดยที่ Var $(h^2_S)$ = $\frac{4^2 \sqrt{\text{Var}\,\omega^2_S}}{(\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w)^2}$ = 0.1241

และ Var $\sigma^2_S$ = $\frac{2}{k^2_3}(\frac{MS^2 s}{d.f._s\ 2\ 2}\ 2\ \frac{MS^2_D}{d.f._D\ 2\ 2})$ = 0.0008754

เพราะฉะนั้น S.E. $(h^2_s)$ = $4\sqrt{0.1241}$ = 0.35

S.E. $(h^2_D)$ = $\sqrt{VAR(h^2_D)}$

โดยที่ Var $(h^2_D)$ = $\frac{4^2 \sqrt{\text{Var}\,\omega^2_D}}{(\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w)^2}$ = 0.1940

และ Var $\sigma^2_D$ = $\frac{2}{k^2_2}(\frac{MS^2_D}{d.f._D \angle 2}\ \angle\ \frac{MS^2_W}{d.f._w \angle 2})$ = 0.001368

เพราะฉะนั้น S.E. $(h^2_s)$ = $4\sqrt{0.1940}$ = 0.44

S.E. $(h^2_{S+D})$ = $\sqrt{VAR(h^2_{S2D})}$

โดยที่ Var $(h^2_{S+D})$ = $\dfrac{2^2\sqrt{\text{Var}\,\omega^2_s \; 2\;\text{Var}\,\omega^2_D \; 2\; 2Cov(\omega^2_s\omega^2_D)}}{(\sigma^2_S + \sigma^2_D + \sigma^2_w)^2}$

= 0.0857

และ $\text{Cov}(\omega^2_s\omega^2_D)$ = $\dfrac{Var\omega^2_w \; 4\; k^2_1 Var\omega^2_D}{k_1 k_3}$

= -0.000007896

เพราะฉะนั้น S.E. $(h^2_{S+D})$ = $\sqrt{0.0857}$

= 0.29

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ-สกุล** กฤษฎา สุขเจริญ

**รหัสประจำตัวนักศึกษา** 4910620080

**วุฒิการศึกษา**

| วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|---|---|---|
| วิทยาศาสตรบัณฑิต | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2546 |
| วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2553 |

**ทุนการศึกษาที่ได้รับระหว่างการศึกษา**

ทุนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน**

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่งชาติ สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฝ่ายศูนย์วิจัยและพัฒนาสายพันธุ์กุ้ง ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี