การพัฒนาเครื่องหมายติดภายในและการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* FABRICIUS, 1798 โดยวิธี FULL-SIB ANALYSIS

นายกำธร เลิศสำรวยพันธุ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยาทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0441-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF INTERNAL TAG AND ESTIMATION OF HERITABILITY ON GROWTH OF BLACK TIGER SHRIMP *Penaeus monodon* FABRICIUS, 1798 BY FULL-SIB ANALYSIS

Mr. Kumthorn Lertsumruaybhand

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Marine Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic year 2000

ISBN 974-13-0441-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องหมายติดภายในและการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำ*Penaeus monodon* FABRICIUS, 1798 โดยวิธี FULL-SIB ANALYSIS
โดย	นายกำธร เลิศสำรวยพันธุ์
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. สุภัทรา อุไรวรรณ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. สุภัทรา อุไรวรรณ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายกำธร เลิศสำรวยพันธุ์ : การพัฒนาเครื่องหมายติดภายในและการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำโดยวิธี FULL-SIB ANALYSIS (DEVELOPMENT OF INTERNAL TAG AND ESTIMATION OF HERITABILITY ON GROWTH OF BLACK TIGER SHRIMP *Penaeus monodon*, FABRICIUS, 1798 BY FULL-SIB ANALYSIS)อาจย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ดร. สุภัทรา อุไรวรรณ์,98 หน้า. ISBN 974-13-0441-2

ได้พัฒนาเครื่องหมายชนิดติดภายในตัวกุ้ง (internal tag) เพื่อเก็บข้อมูลในสภาพการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ เครื่องหมายที่พัฒนาขึ้นได้ผลิตจากวัสดุเหลือใช้8คือสายเคเบิ้ลโทรศัพท์ทำการติดเครื่องหมายลงไปในตัวกุ้งโดยใช้เข็มฉีดยาขนาดของรูเข็มเบอร์ 19 ใส่เครื่องเข้าไปที่ด้านท้องบริเวณกล้ามเนื้อระหว่างเส้นประสาทของขาว่ายน้ำคู่ที่ 5 ทำการทดสอบความเหมาะสมระหว่างเครื่องหมายกับขนาดของตัวกุ้งซึ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ในชุดที่ 1 ใช้กุ้ง 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีความยาวเฉลี่ย 5.53 เซนติเมตร และขนาดใหญ่ 9.02 เซนติเมตร กุ้งขนาดใหญ่ที่นำมาติดเครื่องหมายมีอัตราการรอดตายสูงกว่าที่มีขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การทดลองชุดที่ 2 ใช้กุ้งขนาดความยาวเฉลี่ย 10.41 เซนติเมตร นำมาติดเครื่องหมายแล้วเลี้ยงเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ติดเครื่องหมายพบว่าอัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครื่องหมายที่ติดภายในตัวกุ้งไม่มีผลต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งเมื่อใช้กับกุ้งที่มีขนาดความยาวประมาณ 9.00 เซนติเมตร ขึ้นไป

ในการศึกษาการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตวิธีการผสมพันธุ์แบบคู่ผสมเดี่ยวเพื่อผลิตลูกกุ้งทำการทดลอง 3 ชุด ชุดที่ 1 ผลิตลูกกุ้งจำนวน 40 ครอบครัว ในช่วง 2-4 พฤษภาคม 2541 การทดลองชุดที่ 2 ผลิตลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 30 ครอบครัวในช่วง 16-23 มกราคม 2542 และการทดลองชุดที่ 3 ผลิตลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 14 ครอบครัวในวันที่ 26 มกราคม 2543 ทำการเลี้ยงแยกแต่ละครอบครัวและเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม นำข้อมูลของน้ำหนักตัวและความยาวรวมมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบความแปรปรวนแล้วจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างหยาบที่ช่วงอายุต่าง ๆ พบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้มีค่าลดลง โดยกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้ของความยาวที่อายุ 30 ถึง 200 วัน อยู่ในช่วง 0.24 ± 0.059 ถึง 0.56 ± 0.99 และอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักที่อายุ 60 ถึง 200 วัน อยู่ในช่วง 0.24 ± 0.059 ถึง 0.56 ± 0.99 ในกุ้งชุดที่ 2 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่อายุ 45 และ 145 วัน มีค่าเท่ากับ 0.3 ± 0.075 และ 0.20 ± 0.056 และค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักที่อายุ 145 วันมีค่าเท่ากับ 0.09 ± 0.032 และในกุ้งชุดที่ 3 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่อายุ 40 ถึง 150 วัน อยู่ในช่วง 0.029 ± 0.037 ถึง 0.46 ± 0.162 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏของลักษณะความยาวและน้ำหนักในกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 และ 2 มีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันคืออยู่ในช่วง 0.63 ถึง 1.4 ดังนั้นเมื่อค่าอัตราการเติบโตของลักษณะความยาวเพิ่มขึ้นน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นด้วยและค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏที่เปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์ของกุ้งกุลาดำครอบครัวต่าง ๆ ที่อายุต่าง ๆ กันของกุ้งทั้ง 3 ชุด เมื่อวัดเป็นความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างกันไปตามสภาพของสิ่งแวดล้อมของการเลี้ยงแต่ละครั้งมีค่าอยู่ในช่วง –0.121 ถึง 0.856 ดังนั้นค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำทั้ง 3 กลุ่มได้นั้นแสดงให้เห็นถึงระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมในกุ้งแต่ละครอบครัว (full-sib family) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในส่วนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยการจัดให้มีโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ในลักษณะของการทำการคัดพันธุ์เพื่อเพิ่มอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำได้ โดยค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.24 เมื่อกุ้งอายุได้ 145 และ 150 วัน ซึ่งจัดได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับเดียวกันกับในสัตว์น้ำชนิดอื่นที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต…….

สาขาวิชา ชีววิทยาทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……..

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม……

4072210423 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEY WORD: *Penaeus monodon* / BLACK TIGER SHRIMP / Heritability / growth

Kumthorn Lertsumruaybhand : DEVELOPMENT OF INTERNAL TAG AND ESTIMATION OF HERITABILITY ON GROWTH OF BLACK TIGER SHRIMP *Penaeus monodon* FABRICIUS, 1798 BY FULL-SIB ANALYSIS.

Thesis Advisor : Assoc. Prof. Padermsak jarayabhand, Ph.D. , Co-Advisor : Supattra Uraiwan, Ph.D. 98 pp. ISBN 974-13-0441-2

The internal tag made form telephone cable was use to identify shrimp. The tag was injected between the intergument and the muscle on the ventral surface of the fifth pleopods with a syringe 19 gauge needle. Two groups of shrimp were used to test effect of tagging on growth and survival. Experiment one tested for fit size of shrimp to tagging. Small size average body length 5.53 cm. and large size average body length 9.02 cm. The large size of shrimp had significantly high survival rate than those of the small size . Experiment two the average body length at 10.41 cm of shrimp was used to compare tag and untag shrimp for growth rate and survival rate. No statistical difference was found between growth rate and survival rate.

Three experiments of estimation of heritabilities for growth in shrimps were conducted using single pair mating. Three groups of shrimp in each of experiment comprised of 40,30 and 14 famillies. They were produced during 2-4 May 1998, 16-23 January 1999 and 26 January 2000, respectively. Each full-sib family was randomly reared in separate units. Length and weight were recorded and analyzed for various variance components. The broad sense heritabilities were estimated at difference ages. The estimated heritabilities were low when the shrimp became old. In the first group, the heritabilities estimated for length at 30-200 day were 0.24$\pm$0.059 - 0.56$\pm$0.099 ; heritabilities estimates for weight at 30-200 day were 0.24$\pm$0.058 - 0.40$\pm$0.081. In the second group, the heritabilities estimates for length at 45and 145 day were 0.30$\pm$0.075 and 0.20$\pm$0.056, respectively, and for weight at 145 day was 0.09$\pm$0.032. In third group, the heritabilities estimates for length at 40-150 day were 0.029$\pm$0.037 - 0.46$\pm$0.162. Genetic correlations environmental correlations and phenotypic correlations between length and weight of experiments groups one and two were ranged 0.63 -1.4 and phenotypic correlations of growth at different ages was varied on different environment. In conclusion, this study shows the significant genetic controls growth in the black tiger shrimp. In addition, the heritability of body length were ranged 0.2 – 0.4 between at ages of 145 and150 days. These results was similarlySS to the estimated of heritabilities in other quatic animal. There fore, these investicated will be use in selective breeding program in black tiger shrimp to increase production efficiency.

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต…..……..

สาขาวิชา ชีววิทยาทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา…..……..

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม…..……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย โปรแกรมคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์กุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* Fabricius ระยะที่ 1 พันธุศาสตร์เชิงปริมาณและการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราการเติบโต โดยได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ BT-39-06-ATI-06-05

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เผดิมศักดิ์ จาระพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาชี้แนะและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ และเปิดโอกาสให้ทำงานวิทยานิพนธ์นี้ได้อย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และอาจารย์ รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในด้านแนวคิด รวมถึงช่วยกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง รองศาสตร์จารย์ ดร. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ์ อาจารย์ รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ผอ พิชิต ศรีมุกดา คุณ บังอร ศรีมุกดา ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี ที่ได้กรุณาให้ความสนับสนุนและเอื้อเฟื้อ ในด้านการใช้สถานที่ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำในบ่อดิน

ขอขอบคุณ ไพบูลย์ฟาร์ม ที่ได้เอื้อเฟื้อลูกพันธุ์กุ้งกุลาดำ

ขอขอบคุณ บริษัทลูกพันธุ์น้ำ จำกัด ที่สนับสนุนในด้านการใช้สถานที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ขอขอบคุณ ภาวิณี พัฒนจันทร์ และ คุณ วิโรจน์ หิรัญชัยพฤกษ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำ

ขอขอบคุณ คุณหมวย ประยูรศักดิ์ และครอบครัว คุณเดชา จันทะมาศ คุณวิชัย อินจันทร์ คุณเอกพล อ่วมนุช และทุกคนที่สถานีวิจัยสัตว์น้ำทะเลอ่างศิลาและบริษัทลูกพันธุ์น้ำ จำกัด ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ขอขอบคุณ ขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่และรุ่นน้อง ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงพี่น้อง ที่คอยเป็นกำลังใจโดยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……..….ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..….จ
กิตติกรรมประกาศ……..……...ฉ
สารบัญตาราง …… ช
สารบัญรูป……ญ

บทที่

1 บทนำ……..1
2 สำรวจเอกสาร……8
3 อุปกรณ์และวิธีศึกษา……...34
4 ผลการศึกษา……....50
5 วิจารณ์ผลการศึกษา……59
6 สรุปและข้อเสนอแนะ……64
รายการอ้างอิง…… 66
ภาคผนวก……72
ประวัติผู้เขียน……..96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 เปรียบเทียบความแตกต่างจากการ tag ต่อการรอดตายและอัตราพบ tag ของกุ้ง Lobsters *Homarus gammarus* ที่อายุต่าง ๆ 17

2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม (Falconer, 1989).....27

3 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในการวิเคราะห์แบบเครือญาติ (Falconer,1989).....28

4 ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้ง 30

5 จำนวนครอบครัวการผลิตลูกกุ้งกุลาดำและเวลาที่เพาะได้ชุดที่ 1 ตราด และชุดที่ 2 และ 3 สตูล-ตรัง.....39

6 การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำในถัง 500 ลิตร.....41

7 อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ติดเครื่องหมาย.....50

8 อัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายและไม่ติดเครื่องหมาย.....51

9 อัตรารอดของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายและไม่ติดเครื่องหมาย 51

10 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซ็นติเมตร) และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งชุดที่ 1 ที่อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน.....53

11 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งชุดที่ 2 ที่ที่อายุ 45 และ 145 วัน.....54

12 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 80 และ 150 วัน (ที่เลี้ยงในถังและในกระชัง) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3.....55

ตารางที่ หน้า

13 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability) คำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1……..55

14 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability) ของความยาวคำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2……..56

15 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability) ของความยาวคำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 ……..56

16 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_G) ทางสภาพแวดล้อม (r_E) ทางลักษณะปรากฏของ (r_P) ลักษณะปรากฏระหว่างความยาวและน้ำหนักตัวที่อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน ของกุ้งชุดที่ 1 และชุดที่ 2 อายุ 145 วัน ของกุ้งชุดที่ 2 ……..……57

17 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) ในส่วน ก. และน้ำหนักตัว (WT) ในส่วน ข. ที่ อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน ของกุ้งชุดที่ 1 โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์……58

18 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) และน้ำหนักตัว (WT) ที่อายุ 45 และ 145 ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2……..……58

19 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) ที่อายุ 40 วัน 80 วัน 150 วัน เลี้ยงในถัง (P) และ 150 วัน เลี้ยงในกระชัง (I) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์……...59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

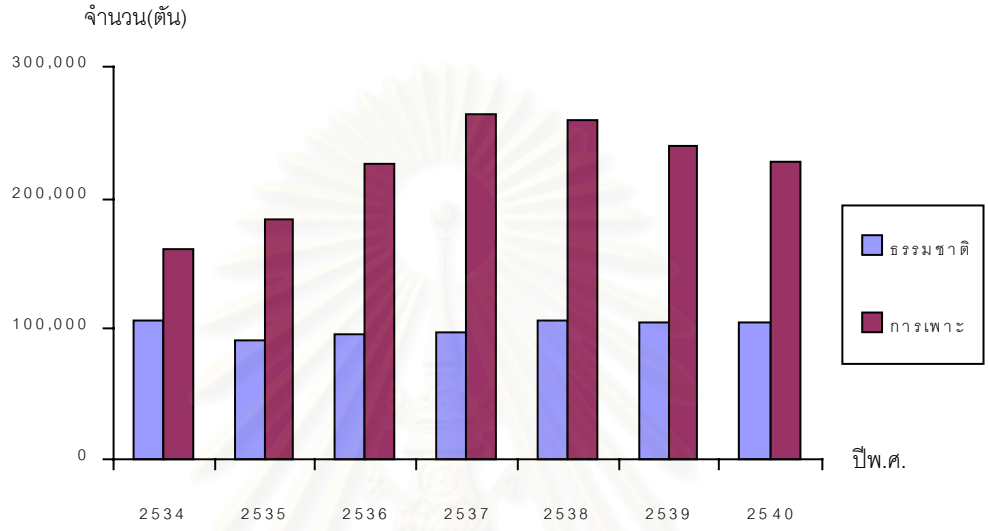
รูปที่		หน้า
1	ปริมาณการผลิตกุ้งทะเลของประเทศไทย	2
2	จำนวนฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย	2
3	รูปแบบของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่พบในประเทศไทย	3
4	ผลผลิตสัตว์น้ำภายใต้โปรแกรมการคัดพันธุ์	5
5	กายวิภาคทั่วไป และภาพแสดงอวัยวะเพศของกุ้งกุลาดำ	10
6	ขบวนการผสมพันธุ์กุ้งกุลาดำโดยวิธีธรรมชาติ	12
7	วงชีวิตของกุ้งกุลาดำ	15
8	แนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำโดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณ	16
9	แนวทางการปรับปรุงพันธุ์กุ้งกุลาดำ	18
10	เครื่องหมายที่ติดตัวกุ้งกุลาดำ	35
11	กุ้งกุลาดำที่นำมาติดเครื่องหมาย	35
12	แหล่งที่มาของพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่ใช้ในการทดลอง	37
13	แผนผังการผลิตลูกกุ้งกุลาดำโดยใช้การผสมแบบคู่ผสมเดี่ยว	39
14	ถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 500 ลิตร	42
15	แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 1	42
16	แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 2	44
17	บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร	44
18	แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 3	46
19	กระชังเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	46

บทที่ 1

บทนำ

กุ้งกุลาดำเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทยที่ส่งออกในรูปกุ้งสดแช่แข็งมีมูลค่าเป็นอันดับ 1 ของการส่งออกหมวดสินค้าอาหารของไทย ในช่วง 5 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2543 (ม.ค.-พ.ค.) ส่งออกได้มูลค่า 20,126 ล้านบาท (วริยา สรรคชา, 2543) ผลผลิตของกุ้งกุลาดำของประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยงมากกว่าการจับมาจากธรรมชาติในขณะเดียวกันปริมาณการจับจากธรรมชาติมีแนวโน้มลดลง ซึ่งในปี พ.ศ. 2534 และ 2540 มีอัตราการจับ 106,495 ตัน และ 105,737 ตัน ตามลำดับ (รูปที่ 1) และเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงจากจำนวนฟาร์มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในปี พ.ศ. 2534 และ 2540 มีจำนวนฟาร์ม 18,998 ฟาร์ม และ 23,723 ฟาร์ม ตามลำดับ (รูปที่ 2) (ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง, 2541) ในช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณผลผลิต 66,022 ตัน และประมาณการผลิตตลอดปีจากพื้นที่การเลี้ยงประมาณ 540,000 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 220,000 ตัน การผลิตกุ้งกุลาดำยังคงเป็นการเพาะเลี้ยงแบบระบบเปิด (รูปที่ 3) คือ นำพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติมาใช้ทุกครั้งที่มีการผลิตลูกกุ้งจากการขยายตัวของธุรกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำทำให้ความต้องการพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในธุรกิจการผลิตลูกพันธุ์เพื่อรองรับการขยายตัวของการเพาะเลี้ยงกุ้งเพิ่มตามทำให้การใช้พ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการ (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2543) จากการสำรวจของกองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง พบว่าการใช้พ่อแม่พันธุ์จากแหล่งน้ำธรรมชาติเพิ่มขึ้นจาก 37,200 ตัว เป็น 85,960 ตัว หรือ 2.3 เท่า ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2529-2530 ซึ่งแนวโน้มความต้องการจะเพิ่มขึ้นกว่า 5-6 เท่า ในทุก ๆ ปี (เรณู ยาชิโร และ สมิง ทรงถาวรทวี, 2539) ดังนั้นจึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงเพื่อเป็นแหล่งพ่อแม่พันธุ์เสริมจากแหล่งธรรมชาติที่ลดน้อยลง เช่น Aquacop (1983) ได้ศึกษาประสบความสำเร็จในการผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ โดยการย้ายบ่อ 3 ครั้ง ในเวลา 9 -12 เดือน โดยลดความหนาแน่นจากระยะโพสลาวาที่ขนาด 20 ตัวต่อตารางเมตร เหลือ 1-2 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อมีน้ำหนัก 60 กรัม ในประเทศไทยมีการศึกษาเพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงเช่นกัน โดยที่ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงชายฝั่งสตูลทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดินเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยใช้อัตราการปล่อย 25 ตัวต่อตารางเมตร ที่ระยะโพสลาวา 20 เลี้ยงจนอายุครบ 197 วัน จึงคัดแยกเพศ อย่างละ 2,000 ตัว แล้วปล่อยเลี้ยงรวมในอัตราปล่อย 1.4 ตัว

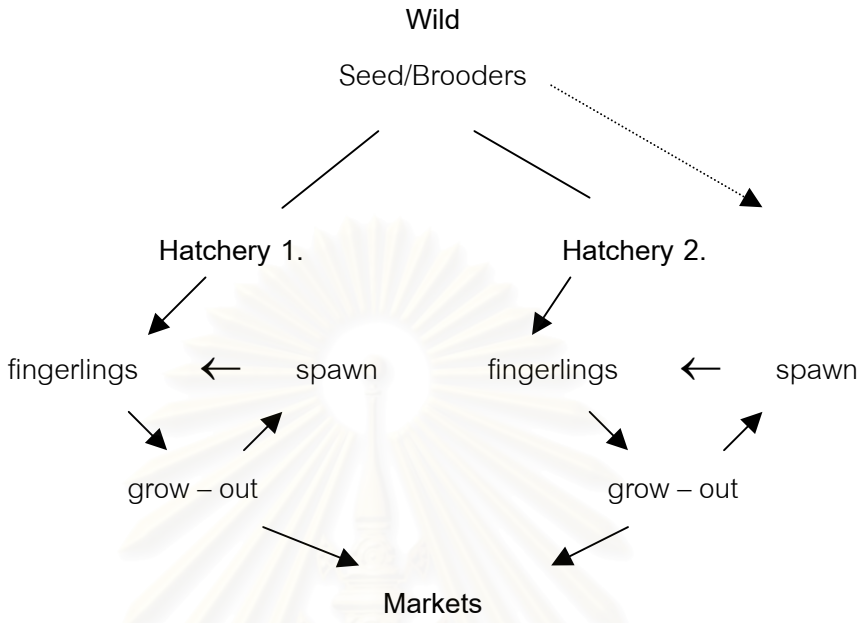
ต่อตารางเมตร จนอายุครบ 363 วัน จึงได้พ่อแม่พันธุ์สมบูรณ์เพศ เพศเมียมีขนาดเฉลี่ย 104.7 กรัม เพศผู้มีขนาดเฉลี่ย 73.02 กรัม (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2541)



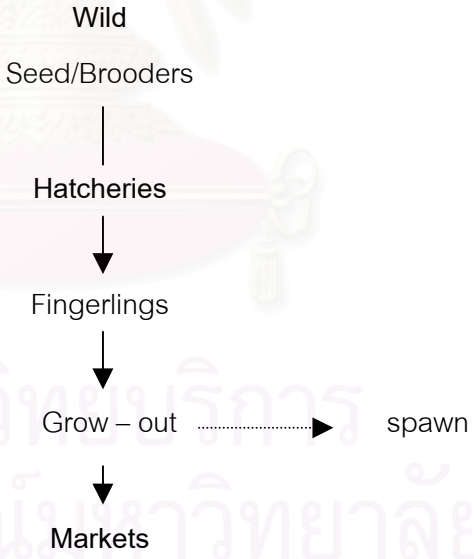
รูปที่ 1 ปริมาณการผลิตกุ้งทะเลของประเทศไทย

รูปที่ 2 จำนวนฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย

ก



ข



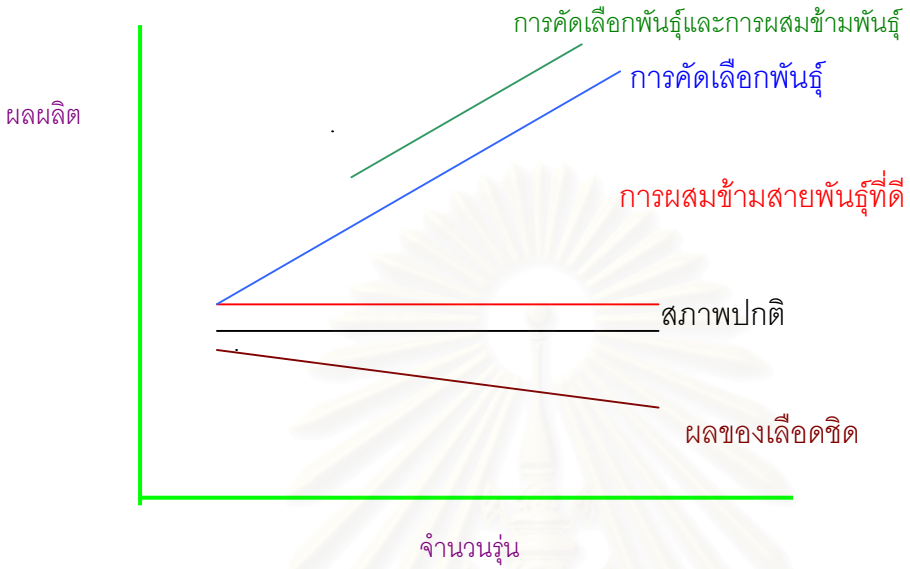
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 รูปแบบของการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทย

ก ระบบปิด (closed system) ข ระบบเปิด (open system)

(ที่มา : สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2543)

แนวทางการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำในอดีตได้มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงคุณภาพอาหารและน้ำ วิธีการเลี้ยง การจัดการฟาร์ม เป็นต้น ล้วนแต่เป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกของตัวสัตว์น้ำ ซึ่งการจัดการด้านสภาพแวดล้อมเพียงด้านเดียวมีขีดจำกัดเมื่อเทียบกับการจัดการด้านพันธุกรรมควบคู่ไปด้วย อธิบายได้ตามรูปที่ 4 คือผลผลิตสัตว์น้ำที่ได้ต่อรุ่นมีแนวโน้มลดลงเพราะการจัดการมุ่งเน้นไปด้านสิ่งแวดล้อมเพียงด้านเดียวหรือขาดการจัดการด้านพันธุกรรมที่เหมาะสมถ้าปล่อยไว้ในสภาพที่ปรกติ โดยไม่ต้องเข้าไปจัดการด้านต่าง ๆ แล้วผลผลิตที่ได้ต่อรุ่นจะคงที่ เพราะในขณะที่ทำการคัดสายพันธุ์ที่ดีที่สุดหรือทำการผสมข้ามพันธุ์พบว่าผลผลิตที่ได้เพิ่มสูงกว่าที่ได้ปรกติ แต่ทั้ง 3 กรณี คือ สภาพปรกติสายพันธุ์ที่ดีและการผสมข้ามพันธุ์นั้น พบว่าผลผลิตที่ได้ต่อรุ่นยังคงที่ แต่เมื่อใดก็ตามที่มีการนำโปรแกรมการคัดพันธุ์เข้ามาร่วมด้วยแล้วผลผลิตที่ได้ต่อรุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อทำการคัดเลือกพันธุ์ร่วมกับการผสมข้ามพันธุ์ สุภัทรา อุไรวรรณ์ (2533) กล่าวถึงการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ว่าเป็นการพัฒนาในด้านพันธุกรรมของสัตว์ให้ได้พันธุ์ที่มีลักษณะดี เช่น สัตว์น้ำที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีจะถูกคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะที่ดีไปสู่รุ่นลูกต่อไปจะทำให้เพิ่มผลผลิตขึ้นได้อีกในระดับหนึ่ง ทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการนำความรู้ด้านพันธุศาสตร์มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ประกอบด้วยความรู้ด้านการเพาะเลี้ยง เพื่อให้สามารถควบคุมทุกขั้นตอนของการผลิตได้เป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาหมายความว่ามีการจัดการควบคุมการผลิตในทุกส่วน การเพาะฟักในโรงเรือนแล้วนำลูกกุ้งมาอนุบาลและเลี้ยงต่อเป็นกุ้งที่ขนาดตลาดและเลี้ยงบางส่วนจนถึงขนาดพ่อแม่พันธุ์ที่สมบูรณ์เพศแล้วนำกลับมาเพาะพันธุ์นอกจากนี้ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์เชิงโมเลกุลก็นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นเพราะพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติเพื่อเป็นแหล่งของการคัดเลือกพันธุ์ควรมีความแปรปรวนของจีนสูงเพื่อให้ได้ลักษณะตามต้องการ ในการคัดเลือกพันธุ์ภายใต้โปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ประกอบการเพาะเลี้ยงนั้นมีหลายวิธี ซึ่ง Doyle (1983) ได้กล่าวถึงเทคนิคในการคัดเลือกพันธุ์ว่าสามารถศึกษาได้โดยใช้ลักษณะการเติบโตที่ระดับอาหารต่าง ๆ อายุการเก็บผลผลิตหรือการเติบโตอันเนื่องมาจากผลของพันธุกรรมต่อสภาพการเลี้ยงต่าง ๆ กัน เป็นต้น ในขณะที่ Gjedrem (1983) กล่าวว่าก่อนจะทำโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์นั้นต้องมีจุดประสงค์ที่แน่นอน ซึ่งจุดประสงค์ของลักษณะที่ต้องการปรับปรุงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์น้ำและความก้าวหน้าของแต่ละประเทศ (Mahon, 1983) สำหรับในกลุ่มพวกกุ้งลักษณะที่ต้องการทำการปรับปรุงส่วนใหญ่ได้แก่อัตราการเติบโต คุณภาพเนื้อ อัตราการตายในระยะวัยอ่อนและวัยรุ่น



รูปที่ 4 ผลผลิตสัตว์น้ำภายใต้โปรแกรมการคัดพันธุ์ (ดัดแปลงจาก Tave, 1993)

ในโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์สัตว์น้ำใด ๆ ก็ตามค่าอัตราพันธุกรรมจัดได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณ สำหรับการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณความแปรปรวนทางพันธุกรรมเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นและใช้ในการทำนายความก้าวหน้าหรือการตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์จะตั้งอยู่บนพื้นฐานคุณค่าของพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว การคัดเลือกพันธุ์สามารถแบ่งออกตามวิธีดำเนินการดังนี้ Gall, (1990) และ Falconer, (1989)

(1) Individual Selection หรือ Mass Selection เป็นการการคัดเลือกพันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏของสัตว์น้ำนั้นๆ (phenotypic value) โดยเลือกตัวหรือกลุ่มที่มีลักษณะปรากฏตามต้องการมากที่สุดจะถูกคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ วิธีการนี้จัดเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดและได้ผลดีในลักษณะที่มักมีการถ่ายทอดสูง (h^2 สูง) เช่น รูปร่าง สีสัน ข้อมูลรายตัวของลักษณะปรากฏที่สนใจมีความจำเป็นการคัดเลือกพันธุ์

(2) Family Selection เป็นการคัดเลือกพันธุ์โดยพิจารณาสัตว์ทั้งครอกหรือครอบครัว โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏของครอบครัว ซึ่งครอบครัวไหนเด่นจะเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ การคัดพันธุ์วิธีจำเป็นต้องใช้สถานที่มากเนื่องจากจะต้องเลี้ยงแยกในแต่ละครอบครัว และ

เริ่มจากจำนวนครอบครัวมากๆ เป็นวิธีการที่ได้ผลดีในลักษณะที่มีการถ่ายทอดต่ำ (h^2 ต่ำ) หรือลักษณะที่ต้องทำการฆ่าสัตว์ทดลอง เช่น ลักษณะปริมาณไขมัน ปริมาณเนื้อ เป็นต้น

(3) Within-Family Selection เป็นการคัดพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะปรากฏของสัตว์ภายในครอบครัว ซึ่งจะคัดเฉพาะสัตว์ที่มีลักษณะต้องการจากทุกครอบครัวเป็นพ่อแม่พันธุ์ วิธีการนี้เหมาะสำหรับลักษณะที่มีการถ่ายทอดต่ำ หรือมีการผสมพันธุ์ไม่พร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างระหว่างครอบครัวมีมากและไม่สามารถใช้วิธีการคัดเลือกพันธุ์แบบ Family Selection ได้ การคัดพันธุ์แบบ Within-Family Selection ยังใช้เนื้อที่น้อยกว่าอีกด้วย

(4) Combined Selection เป็นการรวมการคัดพันธุ์แบบที่ 2 และ 3 ไว้ด้วยกันโดยพิจารณาคัดพ่อแม่พันธุ์จากสัตว์ที่มีลักษณะปรากฏที่น่าสนใจ เด่นที่สุดในแต่ละครอบครัวของกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะดีด้วย เป็นที่คาดหวังว่าวิธีการนี้จะให้ผลดีที่สุด แต่ในการดำเนินการนั้นใช้เนื้อที่มากเช่นเดียวกับ Family Selection

(5) Progeny testing เป็นการคัดพันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏในรุ่นลูก เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก แต่อาศัยระยะเวลาและการเก็บข้อมูลประวัติที่ดีถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกมีค่าสูงก็อาจใช้วิธีการคัดเลือกโดยตรงได้ เช่น การคัดพันธุ์โดยดูลักษณะพ่อแม่พันธุ์เอง (individual selection) อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจทำให้มีโอกาสเกิดการผสมเลือดชิดได้ ซึ่งก็อาจแก้ไขได้โดยการใช้วิธีการคัดเลือกโดยดูลักษณะของครอบครัว (family selection) หรือใช้ทั้งสองแบบร่วมกัน แต่ในบางครั้งลักษณะภายนอกที่ต้องการคัดเป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ เช่น ลักษณะที่แสดงออกในเพศใดเพศหนึ่ง หรือ ลักษณะที่ต้องฆ่าสัตว์เพื่อวัดลักษณะ เราอาจจะใช้การคัดพันธุ์โดยดูจากบันทึกของลูก (progeny selection) ซึ่งเป็นการคัดพันธุ์ที่ใช้ลักษณะของลูกในการตัดสินใจเลือกพ่อแม่พันธุ์

ดังนั้นโปรแกรมคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ของกุ้งกุลาดำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการเลี้ยงกุ้ง นอกจากจะส่งผลให้ได้ลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพดีแล้ว ยังจะช่วยให้ธุรกิจการทำฟาร์มกุ้งกุลาดำสามารถดำเนินการไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติช่วยลดความแปรปรวนของคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ อย่างไรก็ตามการจัดโปรแกรมคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์จำเป็นจะต้องหาวิธีการติดเครื่องหมายเพื่อติดตามรายตัวกุ้งในแต่ละครอบครัวและหาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการรวมถึงค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏต่าง ๆ เพื่อนำผลที่ได้เหล่านี้นี้มาใช้ประกอบกัน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสายพันธุ์กุ้งกุลาดำของไทยให้มีประสิทธิภาพและความยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1 พัฒนารูปแบบของเครื่องหมายเพื่อใช้ในการติดตามข้อมูลสำหรับการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้งกุลาดำ

2 ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของการเติบโตกุ้งกุลาดำที่อายุต่าง ๆ จนถึงอายุที่ขนาดตลาด

3 ประมาณค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของกุ้งกุลาดำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สำรวจเอกสาร

2.1 อนุกรมวิธานและชีววิทยาบางประการของกุ้งกุลาดำ

2.1.1 อนุกรมวิธาน

Phylum Arthropoda

Class Crustacea

Subclass Malacostraca

Superorder Eucarida

Order Decapod

Suborder Natantia

Family Penacidae

Genus Penaeus

Penaeus monodon Fabricius, 1798

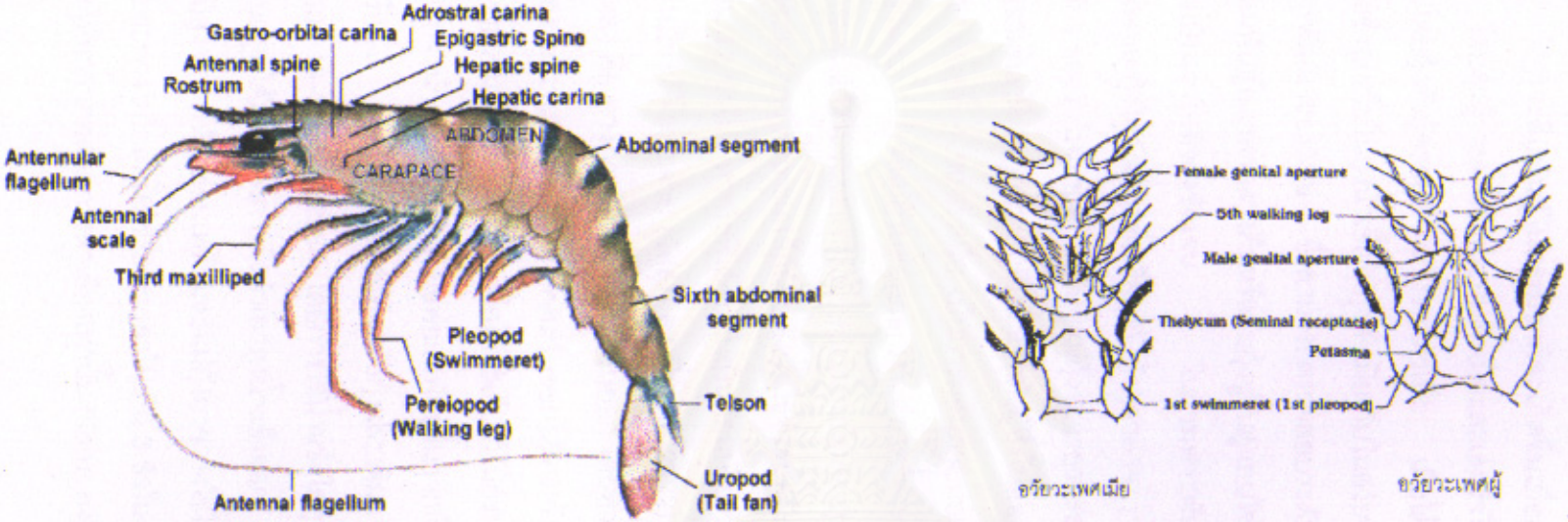
ชื่อสามัญ (common name) กุ้งกุลาดำ , BLACK TIGER SHRIMP

2.1.2 การกระจาย

กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งทะเลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในสกุล Penaeus มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในน่านน้ำแถบอินโด-แปซิฟิกตะวันตก ได้แก่ ประเทศอัฟริกาใต้ ทรานซาเนีย เคนย่า โซมาเลีย มาดากัสการ์ ซาอุดิอาระเบีย โอมาร์ ปากีสถาน อินเดีย บังคลาเทศ ศรีลังกา อินโดนีเซีย ไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ ฮ่องกง ไต้หวัน เกาหลี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี (Motoh, 1985) ในประเทศไทยพบได้ทั้งในแถบอ่าวไทยและอันดามัน เพราะกุ้งกุลาดำสามารถอยู่อาศัยได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความเค็มต่ำ ดังนั้นในบางครั้งจึงพบได้ในบริเวณป่าชายเลนหรือปากแม่น้ำ (Anderson, 1993) ตัวเต็มวัยส่วนใหญ่มักอาศัยในน้ำลึกห่างชายฝั่งและชอบพื้นทะเลที่เป็นดินทรายหรือดินโคลน (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2532)

2.1.3 ลักษณะโดยทั่วไป

โดยทั่วไปผิวนอกของลำตัวกุ้งปกคลุมด้วย cuticle ซึ่งประกอบด้วย chitin ทำให้เปลือกแข็งยกเว้นบริเวณข้อต่อ เปลือกหุ้มตัวซึ่งเป็นโครงร่างภายนอก เรียกว่า exoskeleton แบ่งออกเป็นส่วน ๆ คือ เปลือกตอนที่คลุมส่วนหัว-อกทั้งหมด เรียก carapace เปลือกที่คลุมส่วนท้องแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่คลุมด้านหลัง เรียก tergum ส่วนที่คลุมส่วนท้อง เรียก sternum ลำตัวกุ้งแบ่งได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัว-อก (cephalothorax) มี 13 ปล้อง (ส่วนหัวมี 5 ปล้อง ส่วนอกมี 8 ปล้อง) และส่วนท้อง (abdomen) มี 6 ปล้อง ตอนหน้าสุดของส่วน cephalothorax มีลักษณะเป็นฟันแหลมยื่นไปด้านหน้า เรียก กรี (rostrum) ใต้กรีลงมามีตารวม (compound eye) ข้างละ 1 ตา ซึ่งติดอยู่กับก้านตา (eye stalk) ทำให้ตากุ้งเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง ปากอยู่ระหว่างขากรรไกร เหงือกทั้งสองข้างมีเปลือกที่ค่อนข้างใสและนิ่มปกคลุม เรียก branchiostegite ระยางค์ในส่วนต่าง ๆ มีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน หน้าที่ของระยางค์เรียงจากส่วนหน้าสุดไปถึงส่วนหลังสุด คือ ส่วนหนวด (antennules, antennae) ทำหน้าที่ในการสัมผัสและรับความรู้สึกจากภายนอก ขากรรไกรล่าง (mandible) ใช้ในการฉีกอาหาร ขณะที่ขากรรไกรบน (maxillae) และระยางค์ตอนอก (maxilliped) ใช้ในการจับเหยื่อ ก้าม (chelipeds) ทำหน้าที่ป้องกันและจับเหยื่อ ขาเดิน (pereiopod) ใช้ในการเคลื่อนที่ จับอาหารและทำความสะอาดลำตัว ขาว่ายน้ำ (pleopods) ใช้ในการว่ายน้ำและเป็นที่เก็บไข่ในกุ้งเพศเมียบางชนิดส่วนของทวาร (anus) จะเป็นช่องเปิดเล็ก ๆ อยู่ด้านล่างของหาง (telson) และหางซึ่งอยู่บริเวณปลายสุดของส่วนท้องมีจะลักษณะแหลมขนาบข้างด้วยแพนหาง (uropods) ทั้งสองส่วนนี้ร่วมกันทำหน้าที่ในการบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ จากการที่ระยางค์ ท้อง แพนหางสามารถยืดหดได้กุ้งจึงสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ทั้ง ด้านหน้า-หลัง ด้านข้าง-ทแยง (รูปที่ 5ก) (Anderson, 1993) กุ้งกุลาดำจะมีลำตัวสีน้ำเงินเข้มปนสีม่วงและมีแถบสีม่วงเข้มหรือสีดำพาดขวางลำตัวสลับกับแถบสีจาง ดังนั้นจึงเห็นลักษณะสีลำตัวเป็นปล้องตามแถบสี เปลือกตัวเกลี้ยงไม่มีขน โคนและปลายกรีเชิดขึ้นเล็กน้อยหรือค่อนข้างตรง ด้านบนของกรีมีฟัน 6-8 ซี่ ด้านล่างมี 2-4 ซี่ ช่องข้างกรีทั้งสองด้านแคบและยาวไม่ถึงฟัน กรีซี่สุดท้าย hepatic carina อยู่ในแนวระดับ gastro-orbital carina อยู่ค่อนไปทางด้านหลังประมาณครึ่งหนึ่งของระยะทางระหว่าง hepatic spine กับ post-orbital region ของเปลือกหัว รอบปลายหางและขาว่ายน้ำมีขนสีแดง ขาเดินคู่ที่ 5 ไม่มี exopodite (ระยางค์ด้านนอก) กุ้งตัวเมียมีอวัยวะเพศ เรียกว่า thelycum อยู่บริเวณส่วนอก ระหว่างขาเดินคู่ที่ 4-5 มีลักษณะกลมหรือค่อนข้างกลม ส่วนอวัยวะเพศผู้ เรียกว่า petasma มีลักษณะคล้ายผ้าบาง ๆ จึงซ้อนกันเป็นท่อติดอยู่กับโคนขาว่ายน้ำ คู่ที่ 1 (รูปที่ 5ข) (กรมประมง, 2530; Anderson, 1993)



ก ข

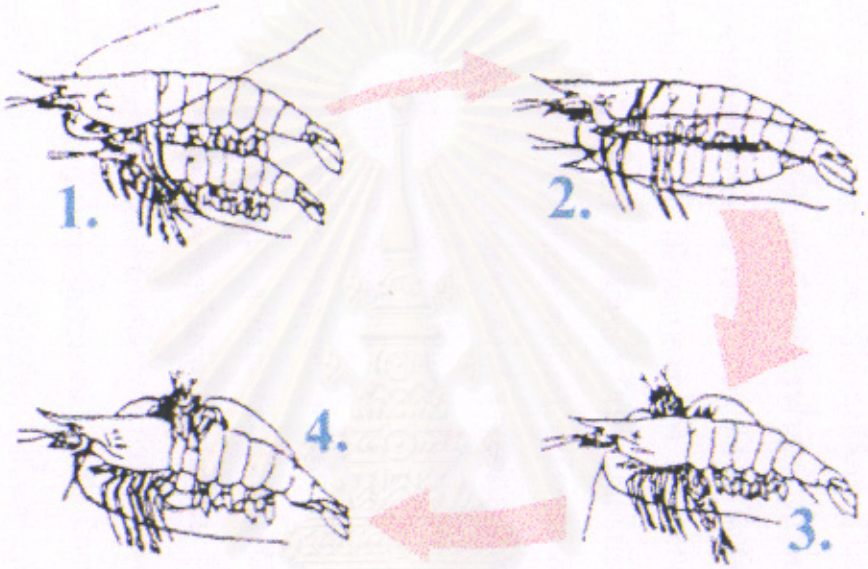
รูปที่ 5 กายวิภาคทั่วไป (ก) และภาพแสดงอวัยวะเพศเมียและเพศผู้ (ข) ของกุ้งกุลาดำ

(ดัดแปลงมาจาก Umer Barry Publication Inc., internet)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 การสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์ในธรรมชาติจะเกิดขึ้นเมื่อตัวเมียลอกคราบและอวัยวะเพศเมียยังอ่อนตัวอยู่ โดยตัวผู้ว่ายน้ำเข้าประกบตัวเมียและเร่งเร้าให้ตัวเมียว่ายน้ำไปด้วยกัน ทั้งคู่ว่ายน้ำขนานกันไปโดยกุ้งตัวผู้จะอยู่ด้านล่างของตัวเมีย เมื่อได้จังหวะตัวผู้จะหงายท้องรัดตัวเมียพร้อมปล่อยน้ำเชื้อซึ่งถูกเก็บในถุงน้ำเชื้อให้กุ้งตัวเมียเก็บในอวัยวะเพศเมีย (รูปที่ 6) ตัวเมียที่ได้รับการผสมจะมีการพัฒนาของรังไข่ ซึ่งสามารถตรวจสอบระดับการเจริญของรังไข่ได้โดยการใช้ไฟฉายส่องใต้ท้องแม่พันธุ์ในเวลากลางคืนหรือจับกุ้งชูขึ้นดูแถบไข่ทางด้านหลัง หากมีการพัฒนาของรังไข่จะเห็นรังไข่เป็นเงาในตัวกุ้งชัดเจน ในการเพาะพันธุ์เมื่อแม่กุ้งมีการเจริญของรังไข่ในระยะที่ 3-4 จึงแยกแม่กุ้งใส่ถังเพาะที่เตรียมไว้ กุ้งกุลาดำจะวางไข่ในเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 20.00–04.00 นาฬิกา ของวันใหม่ ขณะที่วางไข่แม่กุ้งจะว่ายวนรอบ ๆ ไข่จะถูกขับออกมาจากบริเวณทางเปิดตรงโคนขาเดินคู่ที่ 3 และผสมกับน้ำเชื้อตัวผู้ซึ่งไหลออกจากถุงเก็บน้ำเชื้อทางรูเปิดเล็ก ๆ ที่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 4 ของตัวเมีย เป็นการผสมภายนอก ไข่จะมีโอกาสผสมกับน้ำเชื้อเท่าใดขึ้นกับปริมาณไข่และน้ำเชื้อที่แม่กุ้งปล่อยออกมาแต่ละครั้ง แม่กุ้งใช้เวลาในการไข่ครั้งหนึ่ง 3-5 นาที ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วในระยะแรกมีลักษณะกลมมีเมือกหุ้มต่อมาจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นรูปผลึก โดยทั่วไปไข่จะหนักกว่าน้ำทะเลเล็กน้อยดังนั้นไข่จึงจมสู่ก้นถัง ไข่จะฟักเป็นตัวภายหลังการผสมแล้วประมาณ 12 ชั่วโมง หากไข่ที่ได้จับกันเป็นก้อนหรือรวมกลุ่มกันจะทำให้อัตราฟักต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการกวนไข่ให้ฟุ้งกระจาย (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2532) สำหรับในประเทศไทยแหล่งพ่อแม่พันธุ์แบ่งได้ 2 แหล่ง คือ ทางภาคใต้และภาคตะวันออก โดยทางภาคใต้ได้จากจังหวัด ภูเก็ต พังงา ตรัง กระบี่ ระนอง และสตูล ส่วนทางภาคตะวันออกได้จากจังหวัด จันทบุรี และตราด (กรมประมง, 2530) เมื่อรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ขึ้นบนเรือได้จะเก็บไว้ในถังน้ำและให้อากาศอยู่ตลอดเวลา หากพบว่ากุ้งตัวใดตายจะนำออกทันที เมื่อพ่อแม่พันธุ์ขึ้นจากเรือจะลำเลียงยังโรงเพาะฟักโดยนำกุ้งใส่กล่องโฟมหรือถัง เติมน้ำทะเลพอท่วมตัวกุ้งและเติมอากาศจากนั้นลดอุณหภูมิของน้ำทะเลลงเหลือประมาณ 18–20 องศาเซียส โดยการใช้น้ำแข็งใส่ถุงพลาสติกผูกปากลอยในภาชนะที่บรรจุกุ้ง เมื่ออุณหภูมิได้ตามต้องการจึงนำเอาถุงน้ำแข็งออก ปิดภาชนะเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ หากอุณหภูมิสูงจะทำให้กุ้งอ่อนเพลียและแม่กุ้งอาจวางไข่ในขณะลำเลียงได้ แต่ถ้าหากการลำเลียงใช้ระยะทางไม่ไกลหรือใช้ระยะเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง ก็ไม่จำเป็นต้องลดอุณหภูมิเพียงแต่ใส่น้ำทะเลและให้อากาศตลอดการลำเลียงเท่านั้น (วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2532)



รูปที่ 6 ขบวนการผสมพันธุ์กุ้งกุลาดำโดยวิธีธรรมชาติ

(ที่มา : Primavera, 1979)

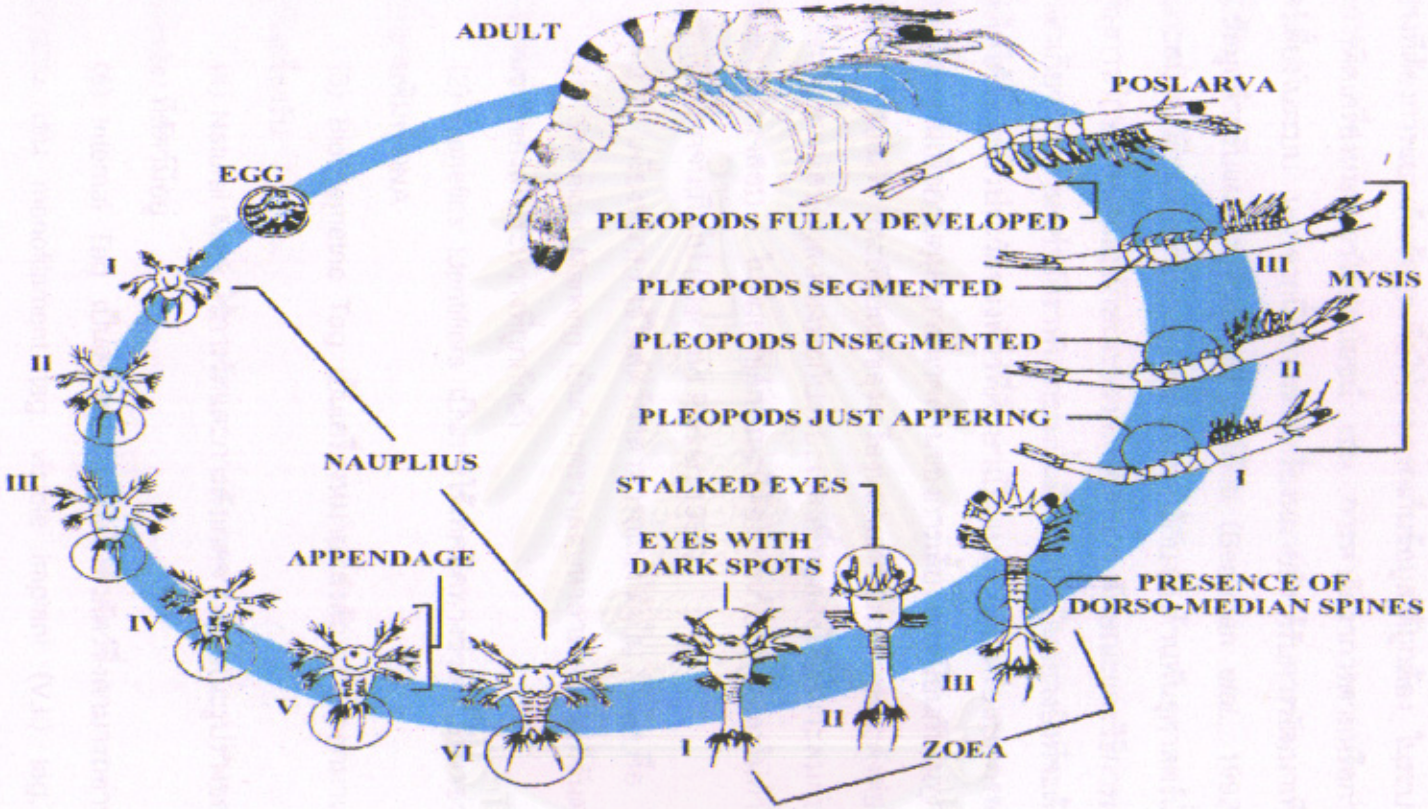
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5 การเจริญเติบโต

ลูกกุ้งจะมีพัฒนาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายหลังการฟัก (รูปที่ 7) ดังนี้ ตัวอ่อนระยะที่ 1 (nauplius) ลูกกุ้งวัยนี้จะมีลักษณะลำตัวประกอบด้วยระยางค์ 3 คู่ คู่แรกด้านหัวเป็นระยางค์ที่ไม่มีกิ่งก้านแยกออกมา ระยางค์คู่ที่ 2-3 อยู่ต่ำถัดลงไปตามลำดับ ปลายระยางค์แยกเป็น 2 แฉก ตัวอ่อนระยะนี้มีการลอกคราบ 6 ครั้งและมีการเจริญเติบโตทุกครั้งที่มีการลอกคราบจึงมีขนาดตั้งแต่ 0.3-0.5 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาประมาณ 40-50 ชั่วโมง (2 วัน) จึงเปลี่ยนแปลงรูปร่างเข้าสู่ระยะที่ 2 ตัวอ่อนระยะที่ 1 จะใช้ไข่แดงที่ติดตัวเป็นอาหารดังนั้นจึงยังไม่กินอาหาร ตัวอ่อนระยะที่ 2 (zoea) ระยะนี้ตัวอ่อนมีลำตัวยาวขึ้นรูปร่างเปลี่ยนไปจากตัวอ่อนระยะที่ 1 คือ ส่วนหัวและอกแยกจากกันอย่างชัดเจน ใช้ระยะเวลา 3-4 วัน จึงพัฒนาการเข้าสู่ตัวอ่อนระยะที่ 3 ซึ่งจะใช้การลอกคราบ 3 ครั้ง เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปร่าง คือ ลอกคราบครั้งที่ 1 (zoea 1) ขนาดลำตัวประมาณ 0.85-1 มิลลิเมตร ตามีลักษณะเป็นรอยนูนอยู่บริเวณหัว ลอกคราบครั้งที่ 2 (zoea 2) ลำตัวยาวประมาณ 1.2-1.4 มิลลิเมตร ตาโผล่พ้นเปลือกหัวและมีก้านตา มีกรีแหลมยื่นไปด้านหน้า มีหนาม 1 คู่ อยู่ระหว่างตา ลอกคราบครั้งที่ 3 (zoea 3) ลำตัวยาวประมาณ 1.5-2 มิลลิเมตร เริ่มมีแพนหางโดยแพนหางชั้นนอกมีขนาดใหญ่กว่าชั้นใน รอบ ๆ แพนหางมีขน มีระยางค์ว่ายน้ำเกิดขึ้นที่ปล้องอกทั้ง 5 สำหรับอาหารของตัวอ่อนในระยะนี้ได้แก่ สาหร่ายเซลล์เดียว เช่น คีโตเซอรอสและสเกลลีโตนีมา นอกจากนี้ในการอนุบาลบางครั้งมีการให้อาหารเสริมโดยการละลายอาหารผ่านผ้ากรองขนาด 50-70 ไมครอน ลูกกุ้งในระยะนี้ไม่ควรได้รับแสงสว่างมากนักเพราะลูกกุ้งอาจเกิดความเครียดทำให้ตัวคดงอและตายในที่สุด ตัวอ่อนระยะที่ 3 (mysis) ระยะนี้ลูกกุ้งเริ่มมีลักษณะรูปร่างคล้ายกุ้งวัยรุ่นมองเห็นได้ชัดแต่ลักษณะการว่ายน้ำต่างกัน คือ ว่ายน้ำโดยใช้หัวทิ่มลงและดีดตัวขึ้นลง ลูกกุ้งจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 3-4 วัน มีการเปลี่ยนแปลงโดยการลอกคราบ 3 ครั้ง ลอกคราบครั้งที่ 1 (mysis 1) ยังไม่มีขาว่ายน้ำแต่จะเห็นลักษณะเป็นปุ่มยื่นออกมาจึงยังใช้ระยางค์จากอกในการว่ายน้ำ ส่วนหัวและอกเริ่มเชื่อมติดกัน การลอกคราบครั้งที่ 2 (mysis 2) ส่วนหัวและอกเชื่อมติดกันโดยสมบูรณ์ ระยางค์คู่ที่ 1-3 ตรงปลายเปลี่ยนเป็นก้ามหนีบ ปล้องแรกของขาว่ายน้ำปรากฏชัดเจน ลอกคราบครั้งที่ 3 (mysis 3) ขาว่ายน้ำปรากฏให้เห็นชัดเจน ลำตัวมีความยาวประมาณ 4.04-4.50 มิลลิเมตร ตัวอ่อนระยะนี้สามารถจับแพลงค์ตอนสัตว์เล็ก ๆ กินได้ ตัวอ่อนระยะที่ 4 (postlarva) ลูกกุ้งระยะนี้มีระยางค์ครบเหมือนกุ้งวัยรุ่น การว่ายน้ำของลูกกุ้งจะขนาดในแนวระดับและเริ่มเปลี่ยนแปลงนิสัยจากการว่ายน้ำมาเกาะนิ่งตามพื้น หลังการลอกคราบแต่ละครั้งรูปร่างลักษณะจะเปลี่ยนแปลงไปสมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีสีและลายเกิดขึ้น ในธรรมชาติลูกกุ้งระยะนี้จะอยู่ตามป่าชายเลนหรือแหล่งน้ำกร่อยประมาณ 3-4 เดือน เมื่อเติบโตเป็นกุ้งวัยรุ่นจะเดิน

ทางลงสู่ทะเลลึกเพื่อเติบโตและผสมพันธุ์ต่อไป (บังอร ศรีมุกดา และ เตรียม ธิสาเวทย์, 2527; กรมประมง, 2530; วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2532; อนันต์ ตันสุตะพานิช และคณะ, 2538)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7 วงชีวิตของกุ้งกุลาดำ

(ดัดแปลงจาก Motoh, 1985)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การติดเครื่องหมาย

การติดเครื่องหมายหรือการติดรหัส (tagging) เป็นขบวนการติดวัสดุติดตามลงในสัตว์ตัวอย่างที่ต้องการแยกเก็บข้อมูลเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก็นำการติดเครื่องหมายมาใช้ประโยชน์ เช่น การหาอัตราการตายหรือการหาอัตราการเติบโตของสัตว์เลี้ยงในระบบ นอกจากนี้วิธีการติดเครื่องหมายยังได้รับการพัฒนาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลสำหรับแผนงานทางพันธุศาสตร์ด้วย (Bergman *etal*., 1992) การพิจารณาถึงความเหมาะสมของวิธีการติดเครื่องหมายที่จะนำมาใช้กับงานด้านพันธุศาสตร์นั้นควรคำนึงถึง ลักษณะที่ต้องการศึกษา ชนิดและลักษณะของสัตว์ตัวอย่าง ลักษณะและวิธีการเก็บข้อมูล สำหรับในการศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าอัตราพันธุกรรมนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้การติดเครื่องหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลชีวประวัติของสัตว์ที่ศึกษาเป็นแบบรายตัวหรือแบบครอบครัวและทำให้สามารถเลี้ยง รวมกันเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงให้เหมือนกันในทุก ๆ หน่วยทดลองได้ (Nielsen, 1992) และลักษณะของเครื่องหมายที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ ราคาไม่แพง สามารถรักษารหัสข้อมูลเพียงพอกับระยะเวลาที่ทดลองได้เหมาะสมกับขนาดของสัตว์ตัวอย่าง ง่ายต่อการตรวจสอบ ไม่มีผลต่อลักษณะที่ต้องการเก็บข้อมูลและไม่ทำให้เกิดการตายเนื่องจากการติดรหัสมากจนเกินไป (Klar and Parker, 1986)

2.2.1 เครื่องหมายที่ใช้ในสัตว์น้ำสามารถแบ่งได้เป็น 7 ชนิด คือ

(1) Chemical Marking เป็นการตรวจสอบหาสารเคมีที่ไม่มีอันตรายและมีการเก็บสะสมโดยธรรมชาติของสัตว์ระหว่างที่ถูกกักขัง

(2) Genetics Identifiers เป็นการใช้เทคนิคทางชีวเคมีเข้ามาช่วยในการแยก เช่น การตรวจลายพิมพ์ DNA

(3) Biotelemetric Tag เป็นเครื่องหมายที่ส่งสัญญาณออกมาและสามารถตรวจวัดโดยอาศัยเครื่องรับ

(4) Natural Mark ใช้การวัดและการสังเกตจากลักษณะรูปร่างของสัตว์รวมไปถึงตัวเบียน (Parasite) ที่สัตว์มีอยู่

(5) Internal Tag เป็นเครื่องหมายที่ฝังในตัวสัตว์ซึ่งสามารถอ่านเบอร์หรือรหัสได้โดยใช้เครื่องอ่าน เช่น monofilament tag, visible implant (V.I.) tag, passive integrated transponder (PIT) tag, code wire tag เป็นต้น

(6) External Mark เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะบางอย่างของสัตว์เพื่อให้สามารถสังเกตได้ เช่น การใช้สีป้าย การคลิบครีบ ซึ่งมักจะใช้ในกรณีที่ระยะเวลาการศึกษาสั้นเพราะใช้งานง่ายและมีผลต่อสรีระของสัตว์น้อย

(7) External Tag เป็นเครื่องหมายที่ติดภายนอกตัวสัตว์โดยมีส่วนหนึ่งติดอยู่ในผิวหรือเนื้อเยื่ออีกส่วนหนึ่งยื่นออกมาซึ่งเป็นส่วนที่มีเบอร์หรือรหัส สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเครื่องหมายชนิดนี้เป็นเครื่องหมายชนิดที่เก่าแก่ที่สุดและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างของเครื่องหมายชนิดนี้ได้แก่ floy tag, streamer tag

2.2.2 เครื่องหมายที่ใช้ในสัตว์น้ำกลุ่มครัสเตรเซีย

การติดเครื่องหมายในสัตว์กลุ่มครัสเตรเซียสิ่งที่ต้องพิจารณาคือการลอกคราบซึ่ง Linnane and Mercer (1998) ได้เปรียบเทียบผลของ tag 5 ชนิดต่ออัตราการรอดตายและอัตราพบของ tag ในกุ้ง lobter *Homarus gammarus* ที่อายุต่าง ๆ กันโดยเก็บข้อมูลจากการลอกคราบมากกว่า 3 ครั้ง ดังตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างจากการ tag ต่อการรอดตายและอัตราพบ tag ของกุ้ง lobsters *Homarus gammarus* ในแต่ละช่วงอายุ

Tag system	Numbers	Mean CL±SD(mm)	%Survival	%Tag retention
1.5 month juveniles				
Microtag	150	6.3±0.4	82	97
Elastomer	150	6.3±0.4	68	100
Rostrum	150	6.2±0.4	80	0
Control	150	6.2±0.4	94	-
7 month juveniles				
Microtag	150	14.8±0.9	97	97
Elastomer	150	13.7±0.8	100	100
Rostrum	150	13.7±0.8	99	0
Brand	150	12.2±0.9	57	0
Control	150	13.6±0.9	98	-
7 month juveniles				
Streamer	30	20.5±2.6	97	100
Brand	30	17.7±1.0	90	0
Control	30	14.9±1.3	100	-

การติดเครื่องหมายภายนอกลำตัวสามารถจัดทำง่ายราคาถูกแต่มีระยะเวลาในการตรวจวัดสั้น,ขนาดของเครื่องหมายมีขนาดตายตัวจึงเหมาะสมกับกุ้งขนาดเฉพาะที่เครื่องหมายได้รับการออกแบบมาเท่านั้น ซึ่ง Benzie *et al.* (1995) ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องหมายติดข้างตัวต่ออัตรารอดในกุ้งกุลาดำโดยใช้ streamer tag no.12 ขนาดส่วนกว้างเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร X 42.2 มิลลิเมตร X 0.016 มิลลิเมตร และส่วนเว้าขนาด 1.2 มิลลิเมตร X 12.4 มิลลิเมตร โดยใช้กุ้งขนาดความยาวเปลือกหัวไม่รวมกรี (carapace length excluding rostrum, CL) ขนาดเท่ากับ 15 มิลลิเมตร และ 18 มิลลิเมตร เลี้ยงในสองสภาพแวดล้อม คือ บ่อขนาด 0.32 เฮกเตอร์และแทงค์ขนาด 12 ตัน เป็นระยะเวลา 5-6 เดือน พบว่าในทั้งสองสภาพแวดล้อมกุ้งที่ติดเครื่องหมายที่ CL ขนาดเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีอัตราการตายมากกว่ากุ้งที่ติดเครื่องหมาย CL ขนาดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร และกุ้งที่ขนาด CL เท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีอัตรารอดเมื่อเลี้ยงในแทงค์เท่ากันทั้งที่ติดและไม่ติดเครื่องหมาย (ประมาณ 40-50%) แต่สภาพที่เลี้ยงในบ่อกุ้งที่ติดเครื่องหมายมีอัตรารอดเท่ากับ 50% ส่วนอัตรารอดของกุ้งไม่ติดเครื่องหมายเท่ากับ 70% ดังนั้นการติดเครื่องหมายมีผลต่ออัตรารอดในกุ้งขนาดเล็ก (CL=15 มิลลิเมตร) และกุ้งขนาดเล็กที่สุดที่เหมาะสำหรับ streamer tag no. 12 เพื่อการศึกษาในระยะยาวคือที่ความยาวเปลือกหัว 18 มิลลิเมตร

สมภพ รุ่งสุภา (2534) ได้พัฒนาและประดิษฐ์เครื่องหมายแบบติดข้างตัวกุ้งขึ้นใช้เองโดยยึดหลักของความสะดวกในการจัดทำ สามารถใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับเครื่องหมายชนิดเดียวกันกับที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและวัสดุในการจัดทำตลอดจนขั้นตอนในการจัดทำต้องสามารถกระทำได้ภายในประเทศโดยได้พัฒนาเครื่องหมายสองแบบและทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการซึ่งเครื่องหมายทั้งสองแบบมีลักษณะดังนี้ แบบที่ 1 ลักษณะเป็นแถบยาวทำจากเชือกพลาสติกปลายด้านหนึ่งเรียบทาด้วยน้ำยาลบคำผิด (liquid paper) สีขาวเขียนเครื่องหมายเลขหรืออักษรอีกด้านตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายแหลมใช้สำหรับสอดเข้ารูเข็มเย็บผ้า ซึ่งความยาวรวมที่ไม่รวมความยาวของเข็มประมาณ 4-5 เซ็นติเมตร และกว้างประมาณ 0.5 เซ็นติเมตร แบบที่ 2 พัฒนาขึ้นหลังจากทดลองแบบที่ 1 แล้วเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้น ลักษณะของเครื่องหมายแบบที่ 2 มีส่วนที่แตกต่างจากแบบที่ 1 คือ วัสดุที่ใช้เปลี่ยนจากเชือกพลาสติกซึ่งมีความอ่อนนิ่มมากเกินไป ทำให้รหัสที่บันทึกบนน้ำยาลบคำผิดแปลกออกไปไม่สามารถอ่านรหัสได้มาเป็นผ้าพลาสติกชนิดที่ใช้สำหรับปูโต๊ะ และจัดทำช่องเว้าตรงกลางเครื่องหมายเพื่อเป็นตัวล็อคไม่ให้เครื่องหมายหลุดออกขณะที่กุ้งว่ายน้ำ ความยาวรวมของเครื่องหมายทีไม่รวมความยาวเข็มประมาณ 4-5 เซ็นติเมตร กว้างประมาณ 0.5 เซ็นติเมตร ซึ่งพบว่าเครื่องหมายแบบที่ 2 นี้เหมาะสมสำหรับกุ้งกุลาดำขนาดความยาวรวมตั้งแต่ 4.0 เซ็นติเมตร ขึ้นไป

ทรงชัย สหวัชรินทร์ และ ประชิต พงศ์สุพรรณ (2519) ได้ทำการติดเครื่องหมายชนิดติดภายนอกในกุ้งก้ามกรามโดยใช้วัสดุทำเครื่องหมายคือ แผ่นเซลลูลอยด์บาง ขนาด 0.5 เซ็นติเมตร X 2.0 เซ็นติเมตร ทาสีแดง อักษรและตัวเลขปรากฏอยู่ทีปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านเจาะรูร้อยเอ็นขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เซ็นติเมตร ติดเครื่องหมายโดยใช้เข็มแทงลำตัวกุ้งแล้วทำบ่วงคล้องด้านหลัง ปล่อยกุ้งลงในทะเลสาบสงขลาพบว่าสามารถจับกลับคืนได้ทั้งหมด 13.6% และความคงทนของเครื่องหมายที่นานที่สุดคือ 186 วัน

ภาวิณี พัฒนจันทร์ (2541) ได้ทำการปรับปรุงเครื่องหมายที่เป็น external tag แบ่งเป็นเครื่องหมายติดข้างตัวและชนิดติดก้านตา โดยใช้เครื่องหมายที่จัดทำขึ้นเองจำนวน 7 แบบและเครื่องหมายชนิดติดข้างตัวที่จัดซื้อจากต่างประเทศ พบว่า เครื่องหมายชนิดที่ติดข้างตัวแบบที่จัดทำขึ้นเองมีประสิทธิภาพเท่ากับแบบที่จัดซื้อจากต่างประเทศ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างอัตราพบของเครื่องหมายทั้ง 2 แบบและอัตราพบของเครื่องหมายชนิดติดข้างตัวเท่ากับ 75% ซึ่งมีค่าสูงกว่าชนิดติดก้านตา (20%) และวัสดุที่มีความคงทนที่สุดในการทดลองนี้ได้แก่แผ่นโพลีไวนิลคลอไรด์และพลาสติกกดอักษรนูน แต่เครื่องหมายที่จัดทำขึ้นไม่สามารถเก็บรักษาเลขรหัสไว้ได้นาน

Godin *et al.* (1996) ทดสอบ elastomer tag กับกุ้ง *P. vannamei* สองกลุ่มคือ ลูกกุ้ง (น้ำหนัก 1.63 กรัม) และกุ้งวัยรุ่น (น้ำหนัก 38.22 กรัม) ฉีด tag เข้าไปบริเวณหางซึ่งเป็นด้านท้องปล้องที่ 6 โดย tag มี 5 สี (แดง ,ส้ม,น้ำเงิน,เขียว,และเหลืองอ่อน) แล้วนำไปเลี้ยงในไฟเบอร์กลาสกลางแจ้ง ตรวจพบ tag ในลูกกุ้ง 99.9% และ 100% ในกุ้งวัยรุ่น tag สีแดงสามารถสังเกตได้ง่ายที่สุด

Schmalbach *et al*. (1994) ใช้ nylon filament tag กับกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* พบว่า tag ไม่ไปรบกวนการลอกคราบและการเติบเมื่อทดสอบเป็นเวลา 17 เดือน ตรวจพบ tag 100% ในบ่อขนาดเล็กที่ทำการเลี้ยงหลังจากติด tag แล้ว 3 เดือนและตรวจพบ tag 78% ในบ่อขนาดใหญ่

2.3 พันธุศาสตร์กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำจะต้องทำความเข้าใจกับธรรมชาติของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประชากรสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงอยู่ว่ากำลังเผชิญอยู่กับปัญหาอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้ใช้ปัญหาเหล่านั้นเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องและมีเป้าหมายแน่นอนและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีการวางแนวทางในการปฏิบัติงานปรับปรุงพันธุ์ตามแผนภูมิใน รูปที่ 8

รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำโดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณ (ที่มา : สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2543)

2.3.1. การวิเคราะห์ปัญหา

ต้องมีการจำแนกปัญหาที่เกิดขึ้นอันเกี่ยวเนื่องกับพันธุกรรมของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ ว่ามีปัญหาอย่างไรและปัญหานั้นเกิดจากอะไร ทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อจะได้ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้นให้ถูกต้อง ซึ่งโดยทั่วไปในสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงจะมักประสบกับปัญหาดังต่อไปนี้คือ

2.3.1.1 การเสื่อมโทรมของลักษณะทางเศรษฐกิจ เช่นการลดลงของการเจริญเติบโต ความต้านทานโรค ผู้เพาะเลี้ยงมีความเข้าใจว่าสาเหตุของเสื่อมโทรมของลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจนี้มาจากสาเหตุของการผสมเลือดชิด แต่จากการที่ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการพ่อแม่พันธุ์ในฟาร์มเกษตรกรที่เลี้ยงกุ้งก้ามกราม ปลานิล และปลาไน ทำให้ได้ข้อสรุปว่า การเกิดปัญหาดังกล่าวนี้น่าจะมาจากสาเหตุขาดการจัดการพ่อแม่พันธุ์ตามหลักพันธุกรรมโดยเกิดการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แบบตรงข้ามกับจุดประสงค์ (reverse selection) ดังรายงานของ (Wongsaengchan, 1985; Sirputinibondh, 1988; Doyle *et al*., 1983) อย่างไรก็ตามในทางทฤษฎีแล้วการผสมเลือดชิดมีผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตลดลงแต่ยังไม่มีมีรายงานผลการวิจัยในประเทศไทยเกี่ยวกับผลของการผสมเลือดชิดในฟาร์มของเกษตรกร มีเพียงรายงานในปลา Rohu และปลา Catla ในฟาร์มของประเทศอินเดียโดยศึกษาผลจากการจัดการพ่อแม่พันธุ์และประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของการผสมเลือดชิดจากการใช้จำนวนพ่อแม่พันธุ์ตามการจัดการของฟาร์มเกษตรกรทำให้มีโอกาสเกิดเลือดชิด ถึง 1-3% ต่อปี (Eknath and Doyle, 1985)

2.3.1.2 พ่อแม่พันธุ์ที่ “ตัวโต” ไม่สามารถให้ลูก “ตัวโต” ได้ เนื่องจากข้อมูลของการเก็บประวัติบรรพบุรุษของพ่อแม่พันธุ์ ตลอดจนขาดการประมาณอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะที่สนใจเช่นการเจริญเติบโต ทำให้ไม่ทราบว่าสัตว์น้ำที่เห็นว่าตัวโตนั้นเป็นสาเหตุมาจากพันธุกรรมหรือไม่อย่างไร หรือเป็นเพราะเกิดก่อน หรือแย่งอาหารจากตัวอื่นดีกว่า เป็นต้น

2.3.1.3.การเปรียบเทียบพ่อแม่พันธุ์ระหว่างฟาร์มทำให้ยากเมื่อต้องการเริ่มสายพันธุ์ (strain/stock) จากพ่อแม่พันธุที่มีอยู่ตามฟาร์มหรือสถานีประมงต่าง ๆ นั้นมีสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกัน การบริหารสัตว์น้ำแตกต่างกันและไม่มีการเก็บข้อมูลในแต่ละฟาร์มอีกด้วย

2.3.1.4.การใช้พ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติในสัตว์น้ำบางชนิดทำให้ไม่สามารถจัดการพ่อแม่พันธุ์ในเชิงพันธุกรรมได้เช่นในกรณี กุ้งทะเลเกษตรกรยังนิยมจับพ่อแม่พันธุ์หรือรวบรวมลูกจากธรรมชาติ แล้วนำมาเลี้ยงจนขนาดตลาด จึงทำให้สัตว์น้ำนี้ไม่เป็นสายพันธุ์เพาะเลี้ยงอย่างสมบูรณ์และไม่สามารถดำเนินการการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีคัดเลือกได้ กล่าวคือไม่สามารถกำหนดตัวที่จะเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกรุ่นต่อไปได้ หากต้องการทำการปรับปรุงให้เป็นสายพันธุ์เพาะ

เลี้ยงซึ่งง่ายต่อการบริหารให้ได้ลักษณะตามต้องการและควบคุมผลผลิตได้จะต้องทำให้สายพันธุ์ที่เลี้ยงเป็นระบบปิดหรือสายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงให้ได้

2.3.2 ตั้งเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์

เมื่อทราบถึงปัญหาในการเพาะเลี้ยงขั้นตอนต่อไปคือ การตั้งเป้าหมาย เจาะจงชนิด/สายพันธุ์และลักษณะที่ต้องการจะดำเนินการปรับปรุง เพื่อให้การดำเนินการมีทิศทางที่แน่นอน เนื่องจากวิธีดำเนินการปรับปรุงโดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ปริมาณนี้ใช้ระยะเวลานานในการวิจัย อีกทั้งแต่ละวิธีดำเนินการแบบต่าง ๆ ไม่สามารถจะใช้เป็นมาตราฐานสำหรับสัตว์และลักษณะทุกชนิดได้ แต่ละวิธีการก็มีข้อจำกัดเฉพาะสำหรับ ชนิด และลักษณะแตกต่างกันไป ดังนั้นในทางปฏิบัติจะต้องตั้งชนิดและลักษณะเป้าหมายให้แน่นอนเสียก่อนการดำเนินการ เพื่อไม่ให้เกิดการสับสนระหว่างการดำเนินการวิจัย เนื่องจากจะต้องใช้ระยะเวลาในการวิจัยที่ยาวนานอาจจะทำให้ผู้วิจัยหลงประเด็นระหว่างเผชิญหน้ากับปัญหาระหว่างการดำเนินการวิจัยได้ โดยทั่ว ๆ ไป สัตว์น้ำที่เป็นเป้าหมายคือสัตว์ที่มีมูลค่าสูงทางเศรษฐกิจ เช่น ปลานิล ปลาไน ปลาตะเพียน กุ้งกุลาดำ กุ้งก้ามกราม เป็นต้น และลักษณะที่ใช้เป็นเป้าหมายหลัก คือการเจริญเติบโต การต้านทางโรค ฯลฯ ซึ่งเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 แนวทางการปรับปรุงพันธุ์กุ้งกุลาดำ (ดัดแปลงจาก; เผดิมศักดิ์ จาระยะพันธุ์และคณะ, 2543)

2.3.3 วิธีดำเนินการทางพันธุศาสตร์ปริมาณ

เมื่อทราบถึงปัญหาและมีเป้าหมายทั้งชนิดและลักษณะที่ต้องการปรับปรุงแล้ว จะต้องมีการวางแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ตามแนวทางพันธุศาสตร์ ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะพันธุศาสตร์ปริมาณเป็นหลักซึ่งประกอบด้วยสองวิธีการกว้าง ๆ คือ การคัดเลือก (selection) และ ระบบการผสม (mating system) ถึงแม้ว่าวิธีนี้เป็นวิธีการที่ใช้เวลานานกว่าจะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้แต่ด้วยวิธีการคัดเลือก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านพันธุกรรมในประชากร และประชากรที่ได้ รับการดำเนินการคัดเลือกนั้นจะมีคุณสมบัติที่ต้องการ และสามารถสืบทอดคุณสมบัติเหล่านี้สู่ประชากรรุ่นต่อ ๆ ไปได้ ประชากรรุ่นต่อไปจะมีการคัดเลือกให้ดีขึ้นกว่าประชากรเดิม แต่อย่างไรก็ตามสาขาพันธุศาสตร์อีกสองสาขาคือ พันธุศาสตร์ประชากร และพันธุวิศวกรรม ก็สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์เพิ่มเติมจากสาขาพันธุ์ศาสตร์ปริมาณ การเกี่ยวข้องของสาขาพันธุศาสตร์ทั้งสามกล่าวคือ เริ่มต้นจาก population genetics จะจำแนกสายพันธุ์สัตว์น้ำ ว่าประชากรสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่สนใจนั้นมีกี่สายพันธุ์ และมีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในแต่ละสายพันธ์เช่นไร ต่อไปขบวนการ selection และ mating system จะเป็นวิธีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ สายพันธุ์ต่าง ๆ โดยอาศัย population genetics เป็นตัวชี้นำ เมื่อปรับปรุงพันธุ์จนได้พันธุ์แท้ที่ดีแล้วจึงส่งสายพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงนั้นให้ genetic engineering ทำการปรับปรุงในลักษณะที่การปรับปรุงโดย selection และ mating system ดำเนินการไม่สะดวก (เช่นความต้านทานโรค การเปลี่ยนเพศ) หรือลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยเฉพาะและใช้ประชากรที่ได้จาก selection/mating system เป็นประชากรพื้นฐานสำหรับ genetic engineering ตามวิธีดังกล่าวนี้จะทำให้สัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงมีการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพแบบยั่งยืน ซึ่งในกลุ่มครัสเตเซียที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์น้อยกว่า 1% เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาทางด้านนี้ในกลุ่มของครัสเตเซียทั้งหมด (Malecha, 1983)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3.1 หลักพันธุศาสตร์ปริมาณ

ลักษณะปรากฏต่าง ๆ เป็นผลมาจากผลร่วมกันของจีน (genes) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทตามจำนวนจีนที่ควบคุมคือลักษณะที่ควบคุมด้วยจีนน้อยคู่หรือเพียงคู่เดียวเรียกว่าลักษณะทางคุณภาพ (qualitative traits) ซึ่งการแสดงออกของลักษณะปรากฏขึ้นกับปฏิกริยาระหว่าง (allele) หรืออาจกล่าวได้ว่าจีนมีอิทธิพลมากต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏ เช่น สีผิวของสัตว์น้ำ เป็นต้น และลักษณะที่ควบคุมด้วยจีนจำนวนมากเรียกว่าลักษณะทางปริมาณ (quantitative traits) ซึ่งจีนแต่ละคู่จะมีอิทธิพลต่ำต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏนั่นคือมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมามีผลต่อลักษณะปรากฏ ลักษณะปริมาณส่วนใหญ่เป็นลักษณะเศรษฐกิจในแง่ของการผลิต เช่น การเติบโต ความต้านทานโรค ความสามารถในการอยู่รอดและความทนทาน เป็นต้น ซึ่งลักษณะทางปริมาณไม่สามารถจำแนกได้ด้วยสายตาเพียงอย่างเดียวต้องอาศัยวิธีการชั่ง-ตวง-วัด ในการบันทึกจึงเรียกว่าลักษณะเมตริก (matric traits) หรือลักษณะต่อเนื่อง (continuous traits) ลักษณะปรากฏเป็นผลที่เกิดจากการกระทำร่วมของจีนและสิ่งแวดล้อม ซึ่งความสัมพันธ์สามารถเขียนแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

$P = G+E$ (Falconer, 1989)

P = ค่าลักษณะปรากฏ (phenotypic value)

G = ค่าพันธุกรรม (genotypic value)

E = ความแปรปรวนที่เกิดจากลิ่งแวดล้อม (environmental variation)

แต่ในการคำนวณลักษณะพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมในสัตว์แต่ละตัวเป็นไปโดยยาก เนื่องจากความแปรปรวนหรือความแตกต่างของลักษณะปรากฏมีค่าต่อเนื่องไม่อาจจัดเป็นพวกได้ (continuous variation) ดังนั้นการศึกษาจึงจำเป็นต้องใช้ค่าทางสถิติ คือ ค่าความแปรปรวน ในการพิจารณาค่าต่าง ๆ ของลักษณะที่ต้องการในประชากรโดยความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (phenotypic variation) ของประชากรแจกแจงออกได้เป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรม (genotypic variation) ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$V_P = V_G + V_E + 2cov_{G-E}$ (Falconer, 1989)

โดยที่ V_P = ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

V_G = ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรม

V_E = ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อม

$2cov_{G-E}$ = ความแปรปรวนร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

ซึ่งความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากพันธุกรรม (V_P) สามารถจำแนกออกตามผลจากอำนาจของจีน ได้เป็น ความแปรปรวนอันเกิดจากผลของจีนแต่ละอัลลิลหรือจีนบวกสะสม (additive genetic variation,V_A)ความแปรปรวนที่เกิดจากปฏิกิริยาของจีนที่ตำแหน่งเดียวกันหรือจีนข่ม (dominance genetic variation, V_D) และความแปรปรวนอันเกิดจากปฏิกิริยาร่วมของจีนต่างตำแหน่ง (epistatic genetic variation, V_I) ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $V_G = V_A + V_D + V_I$ ดังนั้นสมการแสดงส่วนประกอบของความแปรปรวนของลักษณะปรากฏเมื่อจำแนกความแปรปรวนทางพันธุกรรมออกแล้วจึงเขียนสมการได้เป็น $V_P = V_A + V_D + V_I + V_E + 2cov_{G-E}$ ซึ่งค่าความแปรปรวนของจีนบวกสะสมสามารถถ่ายทอดไปสู่ประชากรรุ่นต่อไปได้ เพราะในขบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (meiosis) จีนซึ่งปรากฏอยู่เป็นคู่ในแต่ละจีโนไทป์จะแยกออกจากกันและไปรวมกันใหม่โดยอิสระ เมื่อเกิดการปฏิสนธิและผลที่เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของจีนบวกสะสมของจีนในอัลลิลนั้น ๆ จะแสดงออกเหมือนในพ่อหรือแม่ ถึงแม้ว่าการจับคู่ที่ปรากฏอยู่ในจีโนไทป์ใหม่จะไม่เหมือนเดิมดังนั้นค่า V_A จึงเป็นค่าที่มีความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือก ส่วนความแปรปรวนของจีนข่มและความแปรปรวนอันเกิดจากปฏิกิริยาร่วมของจีนต่างตำแหน่งนั้นมีโอกาสถ่ายทอดไปสู่ประชากรรุ่นลูกได้น้อยมาก เนื่องจากในขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จีนมีการแยกตัวออกจากกันโดยขบวนการ meiosis ซึ่งจะลดจำนวนชุดโครโมโซมลงครึ่งหนึ่งจึงมีผลกระทบต่อค่า V_D เพราะปฏิกิริยาระหว่างอัลลิลในจีโนไทป์ใหม่จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกิดการปฏิสนธิ ดังนั้นเทคนิคการทำไฮบริดจึงนำมาใช้ในการปรับปรุงลักษณะทางปริมาณที่มีค่า V_D สูง ส่วน V_I นั้นเกิดจากปฏิกิริยาร่วมของจีนต่างตำแหน่งดังนั้นจึงมีโอกาสถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกได้น้อยเช่นเดียวกับ V_D (Falconer, 1989; Tave, 1993; อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538) และในการประมาณค่า V_I นั้นจะต้องอาศัยการวางแผนการทดลองที่ซับซ้อน ดังนั้นนักพันธุศาตร์ปริมาณจึงมุ่งสนใจเฉพาะค่า V_A และ V_D เท่านั้น (สุภัทรา อุไรวรรณ์, 2533)

2.3.3.2 อัตราพันธุกรรม (heritability, h^2)

อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวนซึ่งมีผลเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ดังนั้นค่าอัตราพันธุกรรมจึงเป็นลักษณะเฉพาะตัวของประชากรหนึ่ง ๆ ที่จะบอกให้ทราบว่าลักษณะนั้น ๆ จะสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้มากน้อยเท่าใด เนื่องจากประชากรที่ต่างกันจะก็มีองค์ประกอบทางพันธุกรรมต่างกัน ทั้งยังตกอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกันด้วย โดยทางทฤษฎีแล้วค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่ง ๆ จะมีค่าตั้งแต่ 0-1 ค่าอัตราพันธุกรรมที่ใกล้เคียง 1 แสดงว่าลักษณะนั้นมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง สภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะน้อย หากค่าอัตราพันธุกรรมมี

ค่าใกล้เคียง 0 แสดงว่าลักษณะนั้นมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลมากและมีปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมาก ซึ่งมีผลให้ค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมน้อย (Rice, 1970) ค่าอัตราพันธุกรรมที่มีค่าต่ำคือมีค่าน้อยกว่า 0.15 ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมปานกลางอยู่ระหว่าง 0.15–0.3 และถ้ามีค่ามากกว่า 0.3 จัดเป็นค่าอัตราพันธุกรรมที่สูง (Tave, 1993) ในการคัดเลือกลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการนั้นในการปรับปรุงพันธุ์นั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องทราบค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปรากฏนั้น ๆ ก่อน ซึ่ง Falconer (1989) แบ่งค่าอัตราพันธุกรรมออกได้เป็น 2 ประเภท คืออัตราพันธุกรรมทางกว้าง (heritability in the broad sense) คิดจากสัดส่วนความแปรปรวนของจีนทั้งหมดเทียบกับความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ ($h^2 = V_G/V_G+V_E$) และอัตราพันธุกรรมทางแคบ (heritability in the narrow sense) คิดโดยแยกความแปรปรวนของพันธุกรรมออกเป็นผลเนื่องจากความแปรปรวนของจีนแบบต่าง ๆ แล้ววัดผลของความแปรปรวนของจีนแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ ($h^2=V_A/V_A+V_D+V_I+V_E$) ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมทางแคบจะมีประโยชน์มากกว่าค่าอัตราพันธุกรรมทางกว้าง เนื่องจากเป็นการคำนวณผลจากจีนที่สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกได้โดยตรงการคำนวณอัตราพันธุกรรมที่รวมเอาผลของความแปรปรวนจากจีนแบบอื่น ๆ เข้าไปด้วยจะทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง (over estimated)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมมี 3 วิธีคือ การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ (sib analysis) การวิเคราะห์รีเกรซชั่นของลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อ-แม่ (parent-offspring regression) และการวิเคราะห์จากผลการตอบสนองของการคัดเลือก (response to selection) ซึ่งรายละเอียดในส่วนของการคำนวณหาค่าอัตราพันธุกรรมนั้นอ่านได้จาก Becker (1992)

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเครือญาติ เมื่อทำการผสมพันธุ์ตามแบบแผนการผสมพันธุ์แบบต่าง ๆ แล้วจะสามารถแยกความแปรปรวนของลักษณะได้ตามสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวน เช่น หากใช้แผนการผสมแบบร่วมพ่อโดยกำหนดให้พ่อพันธุ์แต่ละตัวผสมกับแม่พันธุ์หลายตัวโดยการเลือกพ่อ-แม่พันธุ์และการจับคู่ผสมแบบสุ่ม ดังนั้นความแปรปรวนของลักษณะปรากฏในกลุ่มของลูกที่เกิดจากพ่อ-แม่เดียวกัน (full sib famillies) ซึ่งมีพันธุกรรมเหมือนกันมากที่สุด ถือว่าเป็นผลจากสิ่งแวดล้อมหรือความผิดพลาด และในกลุ่มของลูกที่เกิดจากพ่อเดียวกันแต่ต่างแม่ (half sib famillies) จะมีพันธุกรรมเหมือนกันครึ่งหนึ่ง ความแปรปรวนของลักษณะที่เกิดขึ้นในกลุ่มจึงเป็นผลมาจากความแตกต่างของพันธุกรรมของแม่และสิ่งแวดล้อม ส่วนในกลุ่มลูกที่เกิดจากคนละพ่อจะมีพันธุกรรมแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นผลจากพันธุกรรมของพ่อแต่ละตัวที่แตกต่างกัน และความแตกต่างระหว่างพันธุกรรม

ของแม่รวมกับผลจากสิ่งแวดล้อม (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538) ซึ่งจากความสัมพันธ์ของครอบครัวแบบต่าง ๆ จะสามารถแยกและประมาณค่าความแปรปรวนที่มีผลเนื่องจากอำนาจของจีนแต่ละแบบได้โดยคิดในรูปของความแปรปรวนร่วมในลักษณะปรากฏระหว่างสมาชิกในครอบครัวแบบต่าง ๆ นำไปคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม (Falconer, 1989)

Famillies		estimates of heritability
half sibs	sire-component :	$h^2_s = 4cov_{(hf)} = 4\sigma^2_s / \sigma^2_t$
	dam-component :	$h^2_d = 4(cov_{(fs)} - cov_{(hf)}) = 4\sigma^2_d/\sigma^2_t$
full sibs	dam+sire :	$h^2_{s+d} = 2cov_{(fs)} = \{2(\sigma^2_s + \sigma^2_d)\}/\sigma^2_t$

ซึ่งจะพบว่าความแปรปรวนในลักษณะปรากฏของครอบครัวแบบร่วมพ่อแต่ต่างแม่ ($cov_{(hf)}$) จะมีค่าเท่ากับ 1/4 ของความแปรปรวนอันเกิดจากจีนบวกสะสม ($cov_{(hf)} = 1/4V_A$) ในขณะที่ความแปรปรวนร่วมในลักษณะปรากฏของครอบครัวแบบร่วมพ่อแม่เดียวกัน ($cov_{(fs)}$) จะมีค่าเท่ากับ 1/2 ของความแปรปรวนอันเกิดจากจีนบวกสะสมรวมกับ 1/4 ของความแปรปรวนอันเกิดจากจีนข่มและบวกด้วยความแปรปรวนอันเกิดจากสิ่งแวดล้อมร่วม (V_{EC}) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $cov_{(fs)} = 1/2V_A+1/4V_D+V_{EC}$ (Falconer, 1989; สมชัย จันทร์สว่าง, 2530) เมื่อค่าความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (V_P) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนอันเกิดจากจีนบวกสะสม (V_A) จีนข่ม (V_D) และสิ่งแวดล้อม (V_E) เกิดจากความแปรปรวนเนื่องจากพ่อ (σ^2_S) รวมกับความแปรปรวนเนื่องจากแม่ (σ^2_d) และความแปรปรวนของลูกภายในครอบครัว (σ^2_w) ดังนั้น $V_A+V_D+V_{EC}+V_{EW} = \sigma^2_S+\sigma^2_d+\sigma^2_w$ และพบว่าค่า σ^2_S คือความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของครอบครัวแบบร่วมพ่อแต่ต่างแม่ ดังนั้นจึงเท่ากับ $cov_{(hf)}$ และเนื่องจากค่าความแปรปรวนของพ่อและแม่รวมกัน ($\sigma^2_S+\sigma^2_d$) มีค่าเท่ากับ $cov_{(fs)}$ ดังนั้น σ^2_w จึงเท่ากับความแปรปรวนของลักษณะปรากฏลบด้วยความแปรปรวนร่วมในลักษณะปรากฏของครอบครัวแบบร่วมพ่อแม่ ($V_P-cov_{(fs)}$) และมีค่า σ^2_d เท่ากับ ค่าความแปรปรวนของลักษณะปรากฏลบด้วยความแปรปรวนเนื่องจากพ่อและความแปรปรวนของลูกภายในครอบครัว ($\sigma^2_t-\sigma^2_s-\sigma^2_w$) จึงมีค่าเท่ากับ $cov_{(fs)}- cov_{(hf)}$ ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวความแปรปรวนแต่ล่ะค่าจึงประกอบด้วยองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมดังตารางที่ 3 (Falconer, 1989) และเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของ V_A ในการ

ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเป็น 1 ดังนั้นในการคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมเมื่อคิดจากความแปรปรวนของพ่อ (h^2_s) และความแปรปรวนเนื่องจากแม่ (h^2_d) จึงเท่ากับ $4cov_{(hf)}$ และ $4[cov_{(fs)} - cov_{(hf)}]$ และค่าอัตราพันธุกรรมเนื่องจากความแปรปรวนของพ่อและแม่รวมกัน (h^2_{s+d}) จึงเท่ากับ $2 cov_{(fs)}$ (Becker, 1992)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมในการวิเคราะห์แบบเครือญาติ (Falconer, 1989)

Observational component	Covariance and causal components estimated	
Sires : พ่อ	$\sigma_S^2 = cov_{(hf)}$	$= (1/4)V_A$
Dams : แม่	$\sigma_D^2 = cov_{(fS)} - cov_{(hf)}$	$= (1/4)V_A$
Progenies : รุ่นลูก	$\sigma_W^2 = V_P - cov_{(fs)}$	$= (1/2)V_A + (3/4)V_D + V_{EC}$
Total : $\sigma_T^2 = \sigma_S^2 + \sigma_D^2 + \sigma_W^2 = \sigma^2_p = V_P$		$= V_A + V_D + V_{EC} + V_{EW}$
Sires + Dams :	$\sigma_S^2 + \sigma_D^2 = cov_{(fs)}$	$= (1/2)V_A + (1/4)V_D + V_{EC}$

(2) การวิเคราะห์รีเกรซชั่นของลักษณะในลูกต่อลักษณะในพ่อ-แม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยการบันทึกลักษณะจากพ่อแม่และลูก แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณสมการเส้นตรงโดยกำหนดให้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable, X) และข้อมูลของลูกเป็นตัวแปรตาม (dependent variable, Y) ตามสมการ $Y=a+bX$ ค่าอัตราพันธุกรรมจะเท่ากับ b แต่ในกรณีที่ใช้ข้อมูลจากพ่อหรือแม่อย่างเดียวค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 2b ซึ่งการศึกษาโดยวิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ต้องเลี้ยงพ่อแม่และลูกจำนวนมากในสภาพทดลองที่เหมือนกันมากที่สุดและเวลาที่ใช้วัดลักษณะรุ่นลูกต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ใช้ในรุ่นพ่อแม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) การวิเคราะห์จากผลตอบสนองของการคัดเลือกเป็นการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยใช้ผลตอบสนองของการคัดพันธุ์ (selection response, R) และความแตกต่างจากการคัดพันธุ์ (selection differential, S) เป็นค่าหลักในการคำนวณ ซึ่งอัตราพันธุกรรมจะเกิดจากอัตราส่วนของ R:S ตามสูตรดังนี้ h^2 = R/S ดังนั้นในขบวนการคัดพันธุ์สามารถศึกษาค่าตอบสนองต่อการคัดพันธุ์ได้โดยการเพาะเลี้ยงประชากรที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกและประชากรที่พ่อแม่พันธุ์ผ่านการคัดเลือก เลี้ยงเปรียบเทียบประชากรทั้งสองกลุ่มซึ่งความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้งสองประชากรคือ ค่า R ส่วนค่า S คำนวณได้โดยนำค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นที่คัดเลือกไว้หักลบกับค่าเฉลี่ยของประชากรก่อนการคัดเลือก ซึ่งอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้โดยวิธีนี้เรียกว่า อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability, h^2_R) การคำนวณโดยวิธีนี้สามารถดำเนินควบคู่ไปกับโปรแกรมการคัดพันธุ์ แต่ค่าที่ได้อาจไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องของประชากรพื้นฐานในการคัดพันธุ์ เพราะในระหว่างดำเนินการอาจเกิดการผสมเลือดชิดหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาในสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ พอจะสรุปแนวทางได้ว่า ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น จำนวนไข่ อายุเมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ ฯลฯ มีอัตราพันธุกรรมต่ำ เช่นเดียวกับที่ในสัตว์บกอื่น ๆ ลักษณะที่เกี่ยวกับการผลิต เช่น น้ำหนักตัว ความยาว อัตราแลกเนื้อ ฯลฯ มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลาง ลักษณะทางคุณภาพเช่น จำนวนก้านครีบ มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง (Tave,1993) ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งแสดงในตารางที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้ง

ชนิดกุ้ง	ลักษณะ	อัตราพันธุกรรม	เอกสารอ้างอิง
กุ้งกุลาดำ	ความยาวเมื่ออายุ 6 สัปดาห์	h^2_D= 0.59±0.3	(Benzie *et al*., 1997)
(*P. monodon*)	ความยาวเมื่ออายุ 10 สัปดาห์	h^2_D= 0.3±0.11	(Benzie *et al*., 1997)
	น้ำหนักเมื่ออายุ 6 สัปดาห์	h^2_D= 0.56±0.03	(Benzie *et al*., 1997)
	น้ำหนักเมื่ออายุ 10 สัปดาห์	h^2_D= 0.39±0.04	(Benzie *et al*., 1997)
	ความยาวเมื่ออายุ 25 วัน	h^2_{S+D}= 0.154±0.057	(ภาวิณี พัฒนจันทร์, 2541)
	ความยาวเมื่ออายุ 65 วัน	h^2_{S+D}= 0.010±0.014	(ภาวิณี พัฒนจันทร์, 2541)
	น้ำหนักเมื่ออายุ 65 วัน	h^2_{S+D}= -0.016±0.04	(ภาวิณี พัฒนจันทร์, 2541)
กุ้งก้ามกราม	น้ำหนักเมื่ออายุ 199 วัน		(Malecha *et al*., 1984)
(Marcrobrachium	เพศผู้	h^2_S= -0.0236±0.11	
rosenbergii)	เพศเมีย	h^2_S= 0.34±0.239	
	น้ำหนักเมื่ออายุ 311 วัน		(Malecha *et. al* , 1984)
	เพศผู้	h^2_S= -0.143±0.25	
	เพศเมีย	h^2_S= 0.348±0.297	
	น้ำหนักเมื่ออายุ 161 วัน	h^2_D= 0.20±0.14	(Meewan, 1993)
		h^2_S= 0.15±0.09	
	ความยาวเมื่ออายุ 150 วัน		(สุภัทรา อุไรวรรณ์
	เพศผู้	h^2_{S+D}= 0.32±0.016	และคณะ, 2543)
	เพศเมีย	h^2_{S+D}= 0.06±0.054	
	น้ำหนักเมื่ออายุ 150 วัน		(สุภัทรา อุไรวรรณ์
	เพศผู้	h^2_{S+D}= 0.122±0.074	และคณะ, 2543)
	เพศผู้	h^2_{S+D}= 0.122±0.074	
	เพศเมีย	h^2_{S+D}= 0.06±0.041	

h^2 = อัตราพันธุกรรมที่ประมาณจากการคัดเลือก (selection)

h^2_S = อัตราพันธุกรรมที่ประมาณจากความแปรปรวนระหว่างพ่อพันธุ์

h^2_D = อัตราพันธุกรรมที่ประมาณจากความแปรปรวนระหว่างแม่พันธุ์

h^2_{S+D}= อัตราพันธุกรรมที่ประมาณจากความแปรปรวนระหว่างพ่อและแม่พันธุ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3.3 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏ (genetic, environmental and phenotypic correlations ; r_G , r_E และ r_P)

Tave (1993).ให้ความหมายของสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมหมายถึงความสัมพันธ์ร่วมในทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะสองลักษณะอาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

(1) การที่จีนตำแหน่งหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากว่าหนึ่งลักษณะ (pleiotrophy) ซึ่งถ้ากลุ่มของจีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) จะถ่ายทอดไปด้วยกันและจะแยกจากกันก็ต่อเมื่อ เกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซม (crossing over) เท่านั้น

(2) เกิดจากการคัดเลือกพันธุ์กล่าวคือการคัดเลือกโดยเน้นแต่ในลักษณะหนึ่งอาจมีผลทำให้ลักษณะหนึ่งดีด้วยหรือแบบสนับสนุนซึ่งกันและกัน (synergistic effect) บางครั้งอาจเป็นแบบตรงกันข้าม (antagonistic effect) นั้นคือการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะหนึ่งจะมีผลทำให้อีกลักษณะหนึ่งเลวลง

(3) เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection) โดยความสัมพันธ์กันระหว่างลักษณะทางคุณภาพและความอยู่รอดจะเป็นตัวกำหนดสัดส่วนของจีนในสภาพตามธรรมชาติ

ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีวิธีการประเมินคล้ายกับการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม แต่ต่างกันตรงที่การประเมินค่าสหสัมพันธ์เป็นการวิเคราะห์วาเหรียนซ์และโควา-เหรียนซ์ของ 2 ลักษณะพร้อมกัน (ลักษณะ X และ ลักษณะ Y เป็นลักษณะที่ต้องการศึกษา) ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่าตั้งแต่ +1 ถึง –1 ถ้าลักษณะสองลักษณะมีค่าสหสัมพันธ์เป็นค่าบวกหมายถึงเมื่อลักษณะหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นอีกลักษณะหนึ่งก็จะเพิ่มตามไปด้วย ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับค่าสหสัมพันธ์ ถ้าค่าสหสัมพันธ์เป็นลบหมายถึงเมื่อลักษณะหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นแต่อีกลักษณะหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามการประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี sib analysis สามารถคำนวณได้จากส่วนประกอบของวาเหรียนซ์และโควาเหรียนซ์ของพ่อพันธุ์ จากส่วนประกอบของวาเหรียนซ์และโควาเหรียนซ์ของแม่พันธุ์และคำนวณจากผลรวมของส่วนประกอบวาเหรียนซ์และโควาเหรียนซ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณค่าสหสัมพันธ์ทางสภาพแวดล้อมจากผลรวมของส่วนประกอบวาเหรียนซ์และโควาเหรียนซ์ของพ่อพันธุ์ จากผลรวมของส่วนประกอบวาเหรียนซ์ของพ่อพันธุ์ (รายละเอียดเพิ่มเติมใน Becker, 1992) ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏระหว่างลักษณะ X และลักษณะ Y มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$r_P = \frac{cov_W + cov_S + cov_D}{\sqrt{\sigma^2_{W(X)} + \sigma^2_{S(X)} + \sigma^2_{D(X)}}\ \sqrt{\sigma^2_{W(Y)} + \sigma^2_{S(Y)} + \sigma^2_{D(Y)}}}$$

ลักษณะที่ปรากฏนอกจากขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของสัตว์น้ำแล้วสภาพแวดล้อมก็มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ปรากฏด้วย (genotype-environment interaction) ซึ่งในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ สามารถพบได้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น บ่อดิน บ่อซีเมนต์ กระชังหรือฟาร์มต่าง ๆ ชนิดของ genotype ต่าง ๆ หรือสายพันธุ์ต่าง ๆ ถูกนำไปเลี้ยงในสภาพแวดล้อมเหล่านั้นและการแสดงออกของ genotype หรือสายพันธุ์ หนึ่ง ๆ ในสภาพแวดล้อมเหล่านั้นให้ผลที่แตกต่างกัน เช่น สายพันธุ์ปลาที่นำไปเลี้ยงแล้วได้ผลดีในสภาพแวดล้อมแบบหนึ่ง อาจแสดงผลตรงข้ามในสภาพแวดล้อมอีกแบบหนึ่ง ปรากฏการที่เกิดขึ้นเช่นนี้เรียกว่า ปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์/ลักษณะพันธุกรรม กับสภาพแวดล้อม (genotype-environment interactions) ซึ่งมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเนื่องจากสัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็น สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการดำรงชีพโดยเฉพาะการแสดงออกของการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์เป็นอย่างมาก (Brett, 1979) ดังนั้นในการผลิตหรือพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ในสภาพแวดล้อมหนึ่งแล้วได้ผลดีควรที่จะมีการตรวจคุณสมบัติของสายพันธุ์นั้นในสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพแวดล้อมที่สายพันธุ์นั้น ๆ จะถูกนำไปเพาะเลี้ยงอีกด้วย เพื่อเป็นการใช้สายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด. Falconer (1989) กล่าวถึงการปรับปรุงสายพันธุ์สัตว์ที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมว่า การผลิตสายพันธุ์ที่ปรับปรุงแล้ว หากสามารถนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ก็จะถือว่าเป็นสายพันธุ์ทั่วไป (generalized ability) และหากใช้ได้ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกับสภาพแวดล้อมที่สายพันธุ์ได้ผ่านการพัฒนามาถือว่าสายพันธุ์นั้นเป็นสายพันธุ์เฉพาะถิ่น (specific ability) ปรากฏการณ์ของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมนี้เป็นสาเหตุให้นักปรับปรุงพันธุ์ต้องดำเนินการพัฒนาสายพันธุ์ไปในแนวทางหาคุณสมบัติเฉพาะถิ่นนั่นเอง ดังนั้นในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในการเติบโตของสัตว์น้ำนั้น ก็ควรที่จะประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางสภาพแวดล้อมและค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏด้วย เนื่องจากค่าต่าง ๆ เหล่านี้ช่วยอธิบายผลของการคัดเลือกพันธุ์รวมถึงแนวโน้มว่าจะมีผลกระทบหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของในการคัดเลือกรุ่นต่อไป

2.4 การประเมินผลและการนำไปใช้ในฟาร์ม

การประเมินผลงานวิจัย (evaluation) และ การนำงานวิจัยที่ปรับปรุงพันธุ์มาใช้ในสภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของเกษตรกรจริง (implementation) ซึ่งการทดสอบและประเมินผลงานวิจัยทางพันธุกรรมในสภาพแวดล้อมจริงระดับฟาร์ม มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากลักษณะที่ต้องการปรับปรุงส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมค่อนข้างมาก และนอกจากนี้การประเมินผลในด้าน เศรษฐกิจและสังคมต่อสายพันธุ์สัตว์ที่ปรับปรุงแล้ว หรือ สายพันธุ์แนะนำ จะนำไปสู่การพัฒนาสายพันธุ์สัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงแบบยั่งยืน เช่น ในกรณีของการผลิตสายพันธุ์แนะนำ ปลานิลและปลาตะเพียน เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

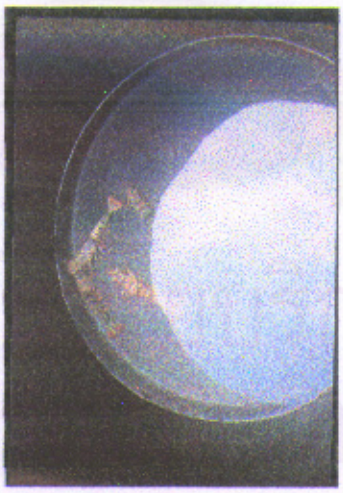
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 การพัฒนาเครื่องหมายติดภายในตัวกุ้งกุลาดำ

เครื่องหมายติดตัวกุ้งกุลาดำในงานวิจัยนี้ทำจากสายเคเบิ้ลโทรศัพท์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มีลักษณะเป็นสายไฟพลาสติกหุ้มลวดทองแดงขนาดเล็กมีหลายสี (สีที่นำมาใช้ คือ แดง,ส้ม,เหลือง, เขียว,น้ำเงิน,ม่วง) นำลวดทองแดงที่อยู่ในสายไฟออกให้เหลือแต่พลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาตัดเป็นชิ้น ๆ ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร (รูปที่ 10) การติดเครื่องหมายลงไปในตัวกุ้งจะใช้เข็มฉีดยาขนาดของรูเข็มเบอร์ 19 นำมาดัดแปลงให้ด้านในมีก้านส่งเพื่อดัน tag (สายไฟที่ตัดเป็นชิ้น) ออกจากรูเข็ม โดยจะฉีด tag เข้าไปที่ด้านท้องบริเวณขาว่ายน้ำคู่ที่ 5 ตรงกล้ามเนื้อระหว่างเส้นประสาท (รูปที่ 11)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 10 เครื่องหมายที่ติดตัวกุ้งกุลาดำ



รูปที่ 11 กุ้งกุลาดำที่นำมาติดเครื่องหมาย

การทดสอบเครื่องหมายจะทำไปพร้อมกับการเลี้ยงกุ้งเพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรม โดยใช้กุ้งที่มีขนาดตัวเหมาะสมที่จะทำการทดสอบได้ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง คือ

3.1.1 การทดสอบเครื่องหมายกับขนาดที่เหมาะสมของกุ้งกุลาดำ

กุ้งที่ใช้ทดสอบเป็นกุ้งชุดที่ 1 (ข้อ 3.2.3.1) สุ่มกุ้งอายุ 140 วัน มา 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 ตัว ที่มีความยาวเฉลี่ย 5.53 เซนติเมตร (ขนาดเล็ก) และ 9.02 เซนติเมตร (ขนาดใหญ่) นำมาติดเครื่องหมายแล้วนำไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ปริมาตร 1.5 ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 60 วัน บันทึกอัตราการตายและอัตราการพบเครื่องหมาย

$$\text{อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่เหลือ} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้น}}$$

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายหว่างกลุ่มดังแบบหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

$Y_{ijk} = \mu+\alpha_i+\varepsilon_{ij}$ (ดัดแปลงจาก Sokal and Rohlf, 1981)

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าอัตราการรอดตายที่แปลงเป็น arcsine ของกุ้งบ่อที่ j ในกลุ่มที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

α_i = อิทธิพลที่เกิดจากการติดเครื่องหมาย/ขนาดของกุ้ง

ε_{ij} = อิทธิพลสุ่มที่ค่าสังเกตทุกค่าได้รับ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Student's t-test แบบทางเดียววิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SYSTAT version 5.0 (Wilkinson, 1987)

3.1.2 การทดสอบผลของเครื่องหมายต่อกุ้งกุลาดำ

กุ้งที่ใช้ทดสอบเป็นกุ้งชุดที่ 2 (ข้อ 3.2.3.2) สุ่มกุ้งอายุ 145 วัน มา 360 ตัว ความยาวเฉลี่ย 10.41 เซนติเมตร แบ่งเป็นสองกลุ่ม ๆ ละ 180 ตัว โดยนำมาติดเครื่องหมายและอีกกลุ่มไม่ติดเครื่องหมายและนำไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร บ่อละ 60 ตัว เป็นเวลา 60 วัน บันทึกข้อมูลการเติบโตและอัตราการตาย เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Student's t-test แบบทางเดียววิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SYSTAT version 5.0 (Wilkinson, 1987)

3.2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

กุ้งกุลาดำที่ใช้ในการทดลองพ่อแม่พันธุ์ที่นำเข้ามาจาก 2 แหล่งแบ่งออกเป็น 3 ชุด โดยชุดที่หนึ่งเป็นพ่อแม่พันธุ์มาจากทางอ่าวไทยด้านฝั่งตะวันออก (ตราด) และชุดที่สองและสาม เป็นพ่อแม่พันธุ์จากประชากรฝั่งทะเลอันดามัน (สตูล-ตรัง) (รูปที่ 12) พ่อแม่พันธุ์ดังกล่าวจับโดยอวนลากจากนั้นลำเลียงเข้ามาในโรงเพาะฟักของเอกชน (ไพบูลย์ฟาร์ม)

รูปที่ 12 แหล่งที่มาของพ่อแม่พันธุ์กุ้งที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1 การเพาะพันธุ์

พ่อแม่จะถูกเลี้ยงแยกไว้ต่างหากในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุ 50 ลูกบาศก์เมตร โดยมีน้ำทะเลที่สะอาดโดยการฆ่าเชื้อโดยการใช้คลอรีนที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน และอุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ตรวจสอบการพัฒนาของรังไข่โดยการลดระดับน้ำในบ่อเลี้ยงแม่พันธุ์ให้เหลือประมาณ 10-20 เซ็นติเมตร ใช้ไฟฉายส่องใต้ท้องแม่พันธุ์ หากแม่พันธุ์ตัวใดมีการพัฒนาของรังไข่ในระยะที่ 3-4 จึงทำการแยกแม่พันธุ์มาใส่ถังพลาสติกทรงกลมสีดำขนาด 500 ลิตร ซึ่งบรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อและการกรอง มีความเค็มอยู่ในช่วง 28-30 ส่วนในพันส่วน และให้อากาศเบา ๆ การวางไข่ของแม่พันธุ์จะเกิดในเวลากลางคืนสังเกตได้จากการที่แม่พันธุ์จะว่ายวนไปรอบ ๆ ถังและลักษณะลำตัวงอโดยเฉพาะส่วนหาง ไข่จะถูกปล่อยออกมาเพื่อผสมกับน้ำอสุจิซึ่งถูกปล่อยออกจากถุงอสุจิที่เก็บอยู่ใน thelycum ของแม่พันธุ์ เมื่อแม่พันธุ์วางไข่เสร็จจะหยุดว่ายน้ำ ในตอนเช้าถ้าแม่พันธุ์วางไข่จะสังเกตเห็นไข่ลอยอยู่ในน้ำและคราบไขมันติดบริเวณขอบถัง เช็ดทำความสะอาดขอบถังและนำแม่พันธุ์ออกจากถังวางไข่ให้อากาศเบา ๆ และกวนไข่ให้ฟุ้งกระจายเพื่อป้องกันไม่ให้ไข่แตกและจมอยู่ก้นถังนานเกินไปจนไข่เน่าเสียไข่ที่ได้รับการผสมจะฟักเป็นตัวภายใน 12 ชั่วโมง ทำการเพาะพันธุ์ลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 3 ชุด โดยชุดที่ 1 ผลิตลูกกุ้งจำนวน 40 ครอบครัวชุดที่ 2 จำนวน 37 ครอบครัวและชุดที่ 3 จำนวน 14 ครอบครัว แต่เนื่องจากจำนวนแม่พันธุ์ที่วางไข่ในแต่ละวันแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้ระยะเวลาในการรวบรวมลูกกุ้งให้ได้ตามจำนวนที่กำหนดในแต่ละชุด การผลิตลูกกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดจึงแบ่งตามระยะเวลาที่วางไข่ของแม่พันธุ์ โดยการผลิตลูกกุ้งชุดที่ 1 และ 2 แบ่งตามระยะการวางไข่ออกเป็นส่วน ๆ และชุดที่ 3 เป็นลูกกุ้งที่เกิดจากการวางไข่ในวันเดียวกัน ดังตารางที่ 5 และรูปที่ 13 เมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อนจึงย้ายมาอนุบาลในถังพลาสติกสีดำทรงกลมขนาด 500 ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 จำนวนครอบครัวการผลิตลูกกุ้งกุลาดำและเวลาที่เพาะได้ชุดที่ 1 ตราด ชุดที่ 2 และ 3 สตูล-ตรัง

ชุดที่	ส่วนที่	วัน-เดือน-ปี ที่ผลิต	จำนวน ครอบครัว	จำนวนรวม (ในแต่ละชุด)
1	1	3 พ.ค. 2541	10	
	2	4 พ.ค. 2541	15	
	3	5 พ.ค. 2541	15	40
2	1	16 มค. 2542	10	
	2	17มค. 2542	6	
	3	18มค. 2542	5	
	4	20 มค. 2542	2	
	5	21 มค. 2542	1	
	6	22 มค. 2542	2	
	7	23 มค. 2542	1	37
3	1	26 ม.ค.2543	14	14

รูปที่ 13 แผนผังการผลิตลูกกุ้งกุลาดำโดยใช้การผสมแบบคู่ผสมเดี่ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ

เมื่อไข่ฟักเป็นตัวแล้วทำการรวบรวมลูกกุ้งในระยะนอเพลียสจากถังเพาะฟักทำได้โดยการดับอากาศและใช้ไฟล่อให้ลูกกุ้งมารวมกันเป็นกลุ่ม จากนั้นใช้สวิงตักลูกกุ้งใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้และทำการสุ่มนับจำนวนลูกกุ้งเพื่อนำไปปล่อยเลี้ยงในถังอนุบาลซึ่งเป็นถังแบบเดียวกับถังเพาะฟัก โดยถังจะบรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อและการกรองแล้วปริมาตร 250 ลิตร โดยใช้อัตราปล่อย 15,000 ตัวต่อถังต่อครอบครัว (รูปที่ 14) และแก้ปัญหาโดยมีการสุ่มลูกกุ้งแต่ละครอบครัวลงในแต่ละบ่อเลี้ยงประกอบกับทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงจะมีการย้ายสลับลูกกุ้งแต่ละครอบครัวอยู่ด้วยเพื่อเป็นการกระจายความผิดพลาดที่เกิดจากถัง (tank effect)

เมื่อลูกกุ้งเริ่มเข้าสู่ระยะซูเอียจึงให้อาหารโดยการกรองผ่านผ้ากรองขนาด 50-70 ไมครอน สำหรับอาหารที่ให้ลูกกุ้งในระยะนี้ได้แก่สาหร่ายเซลล์เดียวชนิด *Chaetoceros sp.* และสาหร่ายผง (algae-100) ให้อาหารทุก ๆ 4 ชั่วโมงและสังเกตปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละมื้อว่าเพียงพอหรือไม่เพื่อใช้ในการปรับการให้อาหารในมื้อต่อไป และเมื่อลูกกุ้งอยู่ในช่วงปลายระยะซูเอีย 3 จึงเริ่มให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนลวกน้ำร้อนเป็นอาหารเสริม ลูกกุ้งในระยะนี้หากได้รับอาหารเพียงพอจะเห็นได้จากขี้กุ้งที่อยู่ส่วนหางมีขนาดยาวและสีของลูกกุ้งมีสีน้ำตาล เมื่อตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบเส้นสีน้ำตาลเข้มยาวสม่ำเสมอตลอดลำตัวไปจนถึงส่วนกลางของหาง แต่ในถังไม่ควรมีปริมาณสาหร่ายมากจนเกินไปเพราะอาจทำให้สภาพความเป็นกรดด่างเปลี่ยนไป คือมีค่า pH สูงขึ้น ซึ่งอาจทำให้ลูกกุ้งตายได้ เติมน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อและการกรองเพื่อป้องกันไม่ให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นจนเป็นอันตรายต่อลูกกุ้ง กวนตะกอนที่พื้นถังเบา ๆ เพื่อไม่ให้ตะกอนสะสมอยู่ที่พื้นถังเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% และทำความสะอาดถังเมื่อลูกกุ้งอยู่ในช่วงระยะซูเอีย 2-3 เมื่อลูกกุ้งเข้าสู่ระยะไมซิสจะเริ่มจับแพลงค์ตอนสัตว์เล็ก ๆ กินเป็นอาหารได้ ดังนั้นจึงเริ่มให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนลวกน้ำร้อนและอาร์ทีเมียวัยอ่อนแช่เย็นเป็นอาหารอีกด้วย โดยให้อาร์ทีเมียครั้งละน้อย ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารเหลือตกค้างและเน่าเสียอยู่ในถัง ในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ ลดปริมาณสาหร่ายลงจนในที่สุดเหลือเพียงการให้อาร์ทีเมียเท่านั้น การเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดถังจะทำเมื่อลูกกุ้งอยู่ในระยะไมซิส 1 และเมื่อลูกกุ้งเข้าสู่ระยะโพสลาวา จึงให้อาร์ทีเมียวัยอ่อนแช่เย็นปนกับอาร์ทีเมียสดจนลูกกุ้งเข้าสู่ระยะโพสลาวา 3 จึงให้อาร์ทีเมียสดเพียงอย่างเดียว การทำความสะอาดถังและเปลี่ยนถ่ายน้ำในระยะนี้จะทำทุก ๆ 3 วัน จนกระทั่งลูกกุ้งเข้าสู่ระยะโพสลาวา 15 อายุประมาณ 25-30 วัน วิธีอนุบาลแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำในถัง 500 ลิตร

ระยะ	อายุ (วัน)	อาหารที่ให้	การดูแล
Nauplius	0	-	ใส่น้ำ 250 ลิตร
Zoea I	1	ch, alg	เพิ่มน้ำ 100 ลิตร
Zoea II	2-3	ch, alg, ar-h	เปลี่ยนน้ำ 250 ลิตร
Zoea III	4-5	alg, ar-h	เพิ่มน้ำ 100 ลิตร
Mysis I	6	alg, ar-h, ar-c	เปลี่ยนน้ำ 250 ลิตร
Mysis II	7	ar-c	เพิ่มน้ำ 50 ลิตร
Mysis III	8	ar-c	-
Poslarva 1-2	9-10	ar-c	เปลี่ยนน้ำ 250 ลิตร
Poslarva 3-15	11-25	ar	เปลี่ยนน้ำ 250 ลิตร ทุก ๆ 3 วัน และดูดตะกอนพื้นถัง

ch = คีโตเซอรอส, alg = สาหร่ายผง (Algae-100), ar-h = อาร์ทีเมียลวก
ar-c = อาร์ทีเมียแช่เย็น, ar = อาร์ทีเมีย

3.2.3 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

3.2.3.1. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

เมื่อลูกกุ้งเข้าสู่ระยะโพสลาวา 15 อายุ 30 วันจะทำการปรับความหนาแน่นของลูกกุ้งในถัง 500 ลิตร (ถังอนุบาล) ให้อยู่ที่ความหนานแน่น 200 ตัวต่อถังต่อครอบครัว ให้อาหารอาหารสำเร็จรูป 3 มื้อต่อวัน (08.00, 15.00 และ 21.00 นาฬิกา) โดยปรับปริมาณและขนาดของเม็ดอาหารที่ให้เป็นเบอร์ 0,1,2,3,4S และ 4 ตามการเติบโต และทำความสะอาดถังเลี้ยงและเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลใหม่ที่ฆ่าเชื้อแล้วด้วยคลอรีนประมาณ 80% ทุก ๆ สามวัน รวมเวลาตั้งแต่เริ่มอนุบาลจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 200 วัน ซึ่งแผนผังการเลี้ยงแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 14 ถังเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 500 ลิตร

ครอบครัวที่ 1-40 : ถังขนาด 500 ลิตร

1 ครอบครัว : 1 ถัง (ถังละ 15,000 ตัว)

↓

อายุที่ 30 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวม

↓

ปรับความหนาแน่นเหลือ

200 ตัว : ครอบครัว : ถัง

↓

อายุที่ 60, 90,120,150 และ 200 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวมและน้ำหนัก

รูปที่ 15 แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

3.2.3.2 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดที่ 2

เมื่อลูกกุ้งอายุ 30 วันจะทำการย้ายลูกกุ้งในถัง 500 ลิตร ไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร (รูปที่ 16) บ่อละ 1 ครอบครัวเลี้ยงที่ความหนาแน่น 3,000 ตัวต่อบ่อต่อครอบครัว ให้อาหารอาหารสำเร็จรูป 4 มื้อต่อวัน (7.00, 12.00, 17.00 และ 22.00 นาฬิกา) โดยปรับปริมาณและขนาดของเม็ดอาหารที่ให้เป็นเบอร์ 0,1,2,3 และ 4S ตามการเติบโต ทำความสะอาดพื้นบ่อเลี้ยงและเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลใหม่ 50% ทุกเจ็ดวันจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 145 วัน ซึ่งแผนผังการเลี้ยงแสดงในรูปที่ 17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครอบครัวที่ 1-30 : ถังขนาด 500 ลิตร

1 ครอบครัว : 1 ถัง

↓

อายุที่ 45 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวม

↓

ย้ายไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร

ปรับความหนาแน่น 3,000 ตัว : ครอบครัว : บ่อ

↓

อายุที่ 145 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวมและน้ำหนัก

รูปที่ 16 แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 2

รูปที่ 17 บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร

3.2.3.3. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำชุดที่ 3

เมื่อลูกกุ้งอายุ 40 วันจะทำการย้ายลูกกุ้งในถัง 500 ลิตร ไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร บ่อละ 1 ครอบครัวเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1,000 ตัวต่อบ่อต่อครอบครัว ให้อาหารอาหารสำเร็จรูป 4 มื้อต่อวัน (7.00, 12.00, 17.00 และ 22.00 นาฬิกา) โดยปรับปริมาณและขนาดของเม็ดอาหารที่ให้เป็นเบอร์ 0,1 และ 2 ตามการเติบโต ทำความสะอาดพื้นบ่อเลี้ยงและเปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ 50% ทุก ๆ เจ็ดวันจนกระทั่งอายุ 80 วัน จึงแยกนำไปเลี้ยงไปเลี้ยงในถัง 500 ลิตรครอบครัวละ 1 ถัง และเลี้ยงในกระชังขนาด 15x15x15 เซนติเมตร กระชังละ 1 ตัว ครอบครัวละ 30 กระชัง ซึ่งแผนผังการเลี้ยงแสดงในรูปที่ 18 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.3.1 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในถัง 500 ลิตร

นำกุ้งอายุ 80 วัน ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์จากข้อ 3.3.3 ไปเลี้ยงในถัง 500 ลิตร ครอบครัวละ 1 ถังความหนาแน่น 100 ตัวต่อถังต่อครอบครัว ให้อาหารสำเร็จรูป 4 มื้อต่อวัน (7.00, 12.00, 17.00 และ 22.00 นาฬิกา) โดยปรับปริมาณและขนาดของเม็ดอาหารที่ให้เป็นเบอร์ 2 และ 3 ตามการเติบโตและทำความสะอาดพื้นถังและเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลใหม่ 50% ทุกสองวันและย้ายถังทุก ๆ เจ็ดวัน จนกระทั่งอายุ 150 วัน

3.3.3.2. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในกระชัง

นำกุ้งอายุ 80 วัน ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์จากข้อ 3 ไปเลี้ยงในกระชังขนาด 15x15x15 เซ็นติเมตร กระชังละ 1 ตัวครอบครัวละ 30 กระชัง ๆ ที่เลี้ยงอยู่ในบ่อซีเมนต์ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตรโดยเปิดน้ำทะเลไหลผ่านตลอดเวลา (รูปที่ 19) ให้อาหารสำเร็จรูป 2 มื้อต่อวัน (7.00 และ 17.00 นาฬิกา) โดยปรับปริมาณและขนาดของเม็ดอาหารที่ให้เป็นเบอร์ 2 และ 3 ตามการเติบโต และทำความสะอาดพื้นกระชังทุกวันจนกระทั่งอายุ 150 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครอบครัวที่ 1-14 : ถังขนาด 500 ลิตร

1 ครอบครัว : 1 ถัง

↓

อายุที่ 40 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวม

↓

ย้ายไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร

ปรับความหนาแน่น 1,000 ตัว : ครอบครัว : บ่อ

↓

อายุที่ 80 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวม

↙ ↘

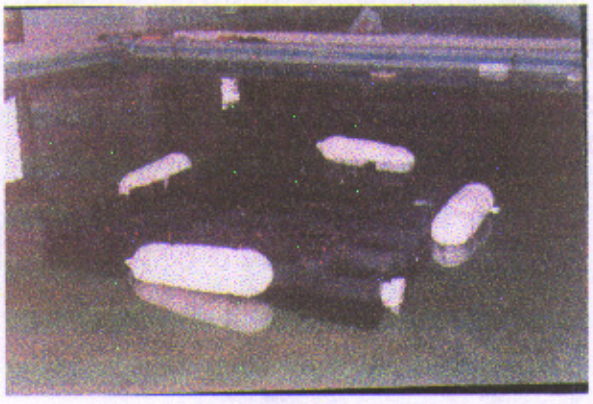
เลี้ยงในถัง 500 ลิตร — เลี้ยงในกระชัง (กระชังละ 1 ตัว)

ความหนาแน่น 100 ตัว : ครอบครัว : ถัง — ครอบครัวละ 30 กระชัง

↓

อายุที่ 150 วัน : เก็บข้อมูลความยาวรวม

รูปที่ 18 แผนผังการเลี้ยงและเก็บข้อมูลในกุ้งกุลาดำชุดที่ 3



รูปที่ 19 กระชังเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

3.3.4 การเก็บข้อมูล

บันทึกข้อมูลลักษณะของกุ้งกุลาดำที่ช่วงอายุต่าง ๆ ตลอดการทดลองแบ่งได้ดังนี้

3.3.4.1 การเก็บข้อมูลของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 : เก็บตัวอย่างกุ้งโดยวิธีการสุ่มที่อายุ 30 วัน วัดความยาวรวมของลูกกุ้งโดยวัดความยาวจากปลายกรีจนถึงปลายหางของลูกกุ้ง และสุ่มตัวอย่างลูกกุ้งที่อายุ 60,90,120,150 และ 200 วัน เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวรวมเพื่อศึกษาการเติบโตและใช้ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสำหรับการคำนวณหาค่าอัตราพันธุกรรมและค่าอัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวัน

3.2.4.2. การเก็บข้อมูลของกุ้งชุดที่ 2 : เก็บตัวอย่างกุ้งโดยวิธีการสุ่มที่อายุ 45 วัน วัดความยาวรวมของลูกกุ้งโดยและสุ่มตัวอย่างลูกกุ้งที่อายุ 145 วัน เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวรวมเพื่อศึกษาการเติบโตและใช้ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสำหรับการคำนวณหาค่าอัตราพันธุกรรมและค่าอัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวัน

3.2.4.3. การเก็บข้อมูลของกุ้งชุดที่ 3 : เก็บตัวอย่างกุ้งโดยวิธีการสุ่ม วัดความยาวรวมของลูกกุ้งที่อายุ 40,80 และ 150 วัน ที่เลี้ยงในถังพลาสติก 500 ลิตร (ข้อ 3.3.3.1) และที่เลี้ยงในกระชัง (ข้อ 3.3.3.2) เพื่อศึกษาการเติบโตและใช้ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสำหรับการคำนวณหาค่าอัตราพันธุกรรม ค่าอัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวันและค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.5.1 คำนวณค่าอัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวัน (average daily growth, ADG) : น้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัมต่อวัน สำหรับน้ำหนักและมีหน่วยเป็น เซ็นติเมตรต่อวัน สำหรับความยาว ซึ่งมีสูตรดังนี้

ADG ของน้ำหนัก $= (W_{t+1}-W_t)/ T$

ADG ของความยาว $= (L_{t+1}-L_t)/ T$

เมื่อ ADG = อัตราการเติบโตโดยเฉลี่ยต่อวัน

t = ครั้งที่ทำการชั่งวัดกุ้งกุลาดำ

T = ระยะเวลา(วัน)ที่ห่างกันแต่ละครั้งของการชั่งวัด

W_t และ W_{t+1} = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อชั่งครั้งที่ t และ t+1 (กรัม)

Lt_t และ Lt_{t+1} = ความยาวเฉลี่ยเมื่อวัดครั้งที่ t และ t+1 (เซ็นติเมตร)

3.2.5.2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม (heritability, h^2) โดยใช้ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษาโดยมีแบบหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งดัดแปลงมาจาก Sokal and Rohlf (1969) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลูกกุ้งกุลาดำแต่ละชุด เป็นไปดังภาคผนวก ข ในการวิเคราะห์ใช้โปรแกรม SYSTAT Version 5.0 (Wilkinson, 1987) เพื่อใช้ในการแยกองค์ประกอบความแปรปรวนแล้วนำมาประมาณอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตของความยาวรวมและน้ำหนักตัวของกุ้งกุลาดำทั้งสามชุดที่อายุต่าง ๆ รวมทั้งคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐานตามวิธีของ Becker (1992) และ Falconer (1989)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏ

3.3.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏของลักษณะความยาวและน้ำหนักในกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 และ 2 วิธีการวิเคราห์จะเป็นการวิเคราะห์ variance และ covariance ของสองลักษณะพร้อมกัน คือ ความยาวและน้ำหนักในกุ้งกุลาดำ การวิเคราะห์เป็นไปตามภาคผนวก จ

3.3.2 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะความยาวในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในถังและในกระชัง คำนวณค่าสหสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม SYSTAT Version 5.0 (Wilkinson, 1987) ซึ่งสรุปเป็นสมการที่ดัดแปลงมาจาก Sokal and Rohlf (1981)

$$r_{E_{1(x)}E_{2(x)}} = \frac{\sum E_{1(x)}E_{2(x)}}{\sqrt{E^{2}_{1(x)}E^{2}_{2(x)}}}$$

เมื่อ $r_{E1(x)\ E2(x)}$ คือ ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะความยาวในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในถังและในกระชัง

$E_{1(x)}$ คือ ลักษณะที่ปรากฏของลักษณะความยาวในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในถัง

$E_{2(x)}$ คือ ลักษณะที่ปรากฏของลักษณะความยาวในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในกระชัง

ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏที่ต่างกันสามารถคำนวณจากสมการที่ดัดแปลงมาจาก Sokal and Rohlf (1981)

$$S.E._{E_1E_2} = \sqrt{(1-r^{2})/(n-2)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การทดสอบเครื่องหมายติดตัวกุ้ง

4.1.1 การทดสอบเครื่องหมายกับขนาดที่เหมาะสมของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำที่ใช้ทดสอบเป็นกุ้งชุดที่ 1 (ข้อ 3.2.3.1) สุ่มกุ้งอายุ 140 วัน มา 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 ตัว ที่มีความยาวเฉลี่ย 5.53 เซนติเมตร (ขนาดเล็ก) และ 9.02 เซนติเมตร (ขนาดใหญ่) นำมาติดเครื่องหมายแล้วนำไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ปริมาตร 1.5 ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 60 วัน อัตราการรอดตายตามตารางที่ 7 พบว่ากุ้งกุลาดำที่มีขนาดใหญ่มีอัตราการรอดตาย 55.00±15.00 % สูงกว่ากุ้งขนาดเล็กมีอัตราการรอดตาย 23.33±12.583 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ติดเครื่องหมาย

ขนาดของกุ้ง	บ่อ	จำนวนเริ่มต้น (ตัว)	จำนวนที่รอดตาย(ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
กุ้งขนาดเล็ก	1	20	2	10
	2	20	7	35
	3	20	5	25
Mean±S.D.	-	20	4.67	23.33±12.583
กุ้งขนาดใหญ่	1	20	8	40
	2	20	14	70
	3	20	11	55
Mean±S.D.	-	20	11.00	55.00±15.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 การทดสอบผลของเครื่องหมายต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำที่นำมาใช้ทดสอบเป็นกุ้งชุดที่ 2 สุ่มกุ้งอายุ 145 วัน มา 360 ตัว ความยาวเฉลี่ย 10.41 เซนติเมตร แบ่งเป็นสองกลุ่มๆ ละ 180 ตัว โดยนำมาติดเครื่องหมายและอีกกลุ่มไม่ติดเครื่องหมายและนำไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร บ่อละ 60 ตัว เป็นเวลา 60 วัน อัตราการเติบโตตามตารางที่ 8 พบว่าอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายมีความยาวเฉลี่ย 15.11±1.44 เซ็นติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกุ้งที่ไม่ติดเครื่องหมายมีความยาวเฉลี่ย 15.46±1.56 เซ็นติเมตร และอัตราการรอดตายตามตารางที่ 9 พบว่าอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายมีอัตราการรอดตาย 32.22±10.18 % ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกุ้งไม่ติดเครื่องหมายที่มีอัตราการรอดตาย 33.89±5.09 %

ตารางที่ 8 อัตราการเติบโตวัดเป็นความยาว (เซ็นติเมตร) ของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายและไม่ติดเครื่องหมาย

ระยะเวลา (วัน)	อัตราการเติบโต (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน)					
	กุ้งติดเครื่องหมาย			กุ้งไม่ติดเครื่องหมาย		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
-	10.26±1.24	10.94±1.22	10.47±1.16	10.32±1.27	10.73±1.44	9.77±0.96
60	15.64±1.66	14.54±1.37	15.53±1.07	15.74±1.65	15.41±1.83	15.15±1.01

ตารางที่ 9 อัตรารอดตายของกุ้งกุลาดำที่ติดเครื่องหมายและไม่ติดเครื่องหมาย

กลุ่มของกุ้ง	บ่อ	จำนวนเริ่มต้น (ตัว)	จำนวนที่รอดตาย(ตัว)	อัตราการรอดตาย (%)
กุ้งที่ติดเครื่องหมาย	1	60	14	23.33
	2	60	26	43.33
	3	60	18	30
Mean±S.D.	-	60	19.33	32.22±10.18
กุ้งที่ไม่ติดเครื่องหมาย	1	60	23	38.33
	2	60	21	35
	3	60	17	28.33
Mean±S.D.	-	60	20.33	33.89±5.09

4.2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

4.2.1 การเติบโตของกุ้งกุลาดำ

ข้อมูลของผลการศึกษาแบ่งเป็นกลุ่มตามระยะเวลาที่ผลิตกุ้งกุลาดำดังที่แสดงไว้แล้วในตารางที่ 5 ซึ่งผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1.1 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 จากการผลิตลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 40 ครอบครัว มีอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่ผลิตจากพ่อแม่พันธุ์ที่มาจากกลุ่มประชากรทางฝั่งอ่าวไทยที่อายุ 30 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 1.27±1.48 เซ็นติเมตร ที่อายุ 60 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 2.98±0.61 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 0.14±0.10 กรัม ที่อายุ 90 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 5.06±0.90 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 0.78±0.47 กรัม ที่อายุ 120 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 6.57±1.15 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 2.32±1.31 กรัม ที่อายุ 150 มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 8.53±1.40 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 5.34±2.72 กรัม และที่อายุ 200 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 10.07±1.51 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 8.48±3.77 กรัม ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานตามตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของความยาวของกุ้งที่อายุต่าง ๆ โดยแยกในแต่ละครอบครัวตามตารางผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวของกุ้งที่อายุต่าง ๆ โดยแยกในแต่ละครอบครัวตามตารางผนวกที่ 4 ค่าอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily growth, ADG) ตามตารางผนวกที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซ็นติเมตร) และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งชุดที่ 1 ที่อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน

	ความยาว						น้ำหนัก				
	อายุ (วัน)						อายุ(วัน)				
	30	60	90	120	150	200	60	90	120	150	200
Max.	1.80	6.00	9.40	11.0	13.0	13.7	1.17	4.89	10.4	19.0	21.02
Min.	1.00	1.50	2.50	0.10	4.50	5.00	0.01	0.06	0.19	0.62	0.77
Mean	1.27	2.98	5.06	6.57	8.53	10.07	0.14	0.78	2.32	5.34	8.48
S.D.	1.48	0.61	0.90	1.15	1.40	1.51	0.10	0.47	1.31	2.72	3.77
C.V.	0.11	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.75	0.61	0.56	0.51	0.44
N	2000	2000	2000	2000	1845	1070	2000	2000	2000	1845	1070

4.2.1.2 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 จากการผลิตลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 30 ครอบครัวมีอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่ผลิตจากพ่อแม่พันธุ์ที่มาจากกลุ่มประชากรทางฝั่งอันดามันที่อายุ 45 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 1.19±0.17 เซ็นติเมตร และที่อายุ 145 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 4.63±1.67 เซ็นติเมตร ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 1.10±1.80 กรัม ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานตามตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่อายุต่าง ๆ กันโดยแยกในแต่ละครอบครัวตามตารางผนวกที่ 6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งชุดที่ 2 ที่ที่อายุ 45 และ 145 วัน

	ความยาว		น้ำหนัก
	อายุ 45 วัน	อายุ 145 วัน	อายุ 145 วัน
Max.	1.90	16.90	16.00
Min.	0.70	1.00	0.01
Mean	1.19	4.63	1.10
S.D.	0.17	1.67	1.80
C.V.	0.144	0.362	1.636
N	1500	1502	1502

4.2.1.3 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 จากการผลิตลูกกุ้งกุลาดำจำนวน 14 ครอบครัวมีอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่ผลิตจากพ่อแม่พันธุ์ที่มาจากกลุ่มประชากรทางฝั่งอันดามันที่อายุ 40 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 1.16$\pm$0.17 เซ็นติเมตร ที่อายุ 80 วัน มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 4.02$\pm$0.67 เซ็นติเมตร ที่อายุ 150 วัน (ที่เลี้ยงในถัง) มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 5.19$\pm$0.83 เซ็นติเมตร และที่อายุ 150 วัน (ที่เลี้ยงในกระชัง) มีค่าเฉลี่ยของความยาวเท่ากับ 6.61$\pm$0.91 เซ็นติเมตร มีค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ตามตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่อายุต่าง ๆ กันโดยแยกในแต่ละครอบครัวตามตารางผนวกที่ 7 ค่าอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily growth, ADG) ตามตารางผนวกที่ 8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ค่าสูงสุด (Max.) ค่าต่ำสุด (Min.) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) และจำนวนกุ้ง (n) มีความยาว (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 80 และ 150 วัน (ที่เลี้ยงในถังและในกระชัง) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3

	อายุ			
	40 วัน	80 วัน	150 วัน (เลี้ยงในถัง)	150 วัน (เลี้ยงในกระชัง)
Max.	1.7	6.3	8.0	9.2
Min.	0.7	2.4	3.0	4.6
Mean	1.16	4.02	5.19	6.61
S.D.	0.17	0.67	0.83	0.91
C.V.	0.151	0.168	0.160	0.137
N	700	420	420	304

4.2.2 ค่าอัตราพันธุกรรม

ข้อมูลของผลการศึกษาแบ่งเป็นกลุ่มตามระยะเวลาที่ผลิตกุ้งกุลาดำดังที่แสดงไว้แล้วในตารางที่ 5 ซึ่งผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

ตารางที่ 13 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability)คำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

อายุ (วัน)	จำนวนครอบครัว	จำนวนตัว	Heritability ± S.E.	
			ความยาว	น้ำหนักตัว
30	40	2000	0.56±0.099	_
60	40	2000	0.38±0.078	0.40±0.081
90	40	2000	0.25±0.059	0.31±0.068
120	40	2000	0.23±0.055	0.25±0.058
150	40	1845	0.24±0.059	0.24±0.058
200	40	1070	0.36±0.085	0.35±0.083

4.2.2.2 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 2

ตารางที่ 14 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability) คำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2

อายุ (วัน)	จำนวนครอบครัว	จำนวนตัวทั้งหมด	Heritability ± S.E.	
			ความยาว	น้ำหนักตัว
45	30	1,500	0.30±0.075	_
145	30	1,502	0.20±0.056	0.09±0.032

4.2.2.3 ประชากรกุ้งกุลาดำชุดที่ 3

ตารางที่ 15 ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability) ของความยาวคำนวณโดยวิธี full-sib analysis และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (S.E.) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3

อายุ (วัน)	จำนวนครอบครัว	จำนวนตัวทั้งหมด	Heritability ± S.E.
40	14	700	0.320±0.118
80	14	420	0.029±0.037
150 (เลี้ยงในถัง)	14	420	0.247±0.107
150 (เลี้ยงในกระชัง)	14	304	0.486±0.162

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม ทางลักษณะปรากฏ

ข้อมูลของผลการศึกษาแบ่งเป็นกลุ่มตามระยะเวลาที่ผลิตกุ้งกุลาดำดังที่แสดงไว้แล้วในตารางที่ 5 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม ทางลักษณะปรากฏระหว่างความยาวและน้ำหนักและค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาวและน้ำหนักตัวที่อายุต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์ผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 16 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_G) ทางสภาพแวดล้อม (r_E) ทางลักษณะปรากฏของ (r_P) ลักษณะปรากฏระหว่างความยาวและน้ำหนักตัวที่อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน ของกุ้งชุดที่ 1 และชุดที่ 2 อายุ 145 วัน

	อายุ(วัน)					
	60	90	120	150	200	145
r_G	1.20	1.10	1.2	1.14	1.12	0.63
r_E	1.4	0.904	0.89	0.99	0.81	0.88
r_P	0.932	0.942	0.955	0.960	0.953	0.851

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) ในส่วน ก และน้ำหนักตัว (WT) ในส่วน ข ที่ อายุ 30,60,90,120,150 และ 200 วัน ของกุ้งชุดที่ 1 โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์

ส่วน ก	LT30	LT60	LT90	LT120	LT150	LT200
LT30	-					
LT60	0.419	-				
LT90	0.082	0.576	-			
LT120	0.181	0.517	0.768	-		
LT150	0.196	0.387	0.636	0.800	-	
LT200	0.274	0.246	0.342	0.375	0.598	-
ส่วน ข		WT60	WT90	WT120	WT150	WT200
WT60		-				
WT90		0.735	-			
WT120		0.645	0.841	-		
WT150		0.425	0.705	0.809	-	
WT200		0.247	0.330	0.338	0.584	-

ตารางที่ 18 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) และน้ำหนักตัว (WT) ที่อายุ 45 และ 145 ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์

	LT45	LT145	WT145
LT45	-		
LT145	-0.121	-	
WT145	-0.350	0.856	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาว (LT) ที่อายุ 40 วัน 80 วัน 150 วัน เลี้ยงในถัง (P) และ 150 วัน เลี้ยงในกระชัง (I) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 โดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์

	LT40	LT80	LT150(P)	LT150(I)
LT45	-			
LT80	-0.064	-		
LT150(P)	0.241	-0.072	-	
LT150(I)	0.508	0.153	-0.304	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 การทดสอบเครื่องหมายติดตัวกุ้งกุลาดำ

5.1.1 กุ้งกุลาดำชุดที่ 1

จากผลการทดลองตามตารางที่ 7 พบว่ากุ้งกุลาดำที่นำมาติดเครื่องหมายมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยของกุ้งขนาดเล็กต่ำกว่ากุ้งขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่แตกต่างจากการทดลองของ Teboul (1993) ที่ใช้กุ้งกุลาดำ 2 ขนาด (ขนาดเล็ก 0.36-1.04 กรัม และขนาดใหญ่ 1.66-2.60 กรัม) กลุ่มละ 21 ตัว ทำการติดเครื่องหมายที่ทำจากเอ็นเบ็ดตกปลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร ยาว 3-4 มิลลิเมตร โดยฉีดเครื่องหมายเข้าไปบริเวณด้านท้องปล้องที่ 6 ทำการทดลอง 40 วัน กุ้งขนาดเล็กมีอัตราการรอดตาย 90.50% กุ้งขนาดใหญ่มีอัตราการรอดตาย 95.24% ซึ่งกุ้งขนาดใหญ่มีอัตราการรอดตายสูงกว่า เนื่องจากบริเวณที่ติดเครื่องหมายใกล้เส้นประสาท centeral nerve gantlion ทำให้เครื่องหมายที่ติดลงในกุ้งขนาดเล็กมีโอกาสที่ถูกเส้นประสาททำให้กุ้งบาดเจ็บและมีอัตราการตายสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่กล้ามเนื้อมากกว่า จึงทำให้ได้รับบาดเจ็บน้อยกว่าในการติดเครื่องหมายทั้งนี้ในรายงานของ Holt (1982), Howe and Hoyt (1982) และ Hill and Wassenberg (1985) ได้อธิบายถึงอิทธิพลที่มีต่ออัตราการตายเนื่องจากเครื่องหมายว่าอิทธิพลที่มีผลอย่างมากต่อการตายเนื่องจากเครื่องหมายและระดับความเสียหายของเครื่องหมาย คือ ความชำนาญของผู้ทดลองและเทคนิคที่เลือกใช้ คุณภาพของเครื่องมือวิธีการติดเครื่องหมาย สภาวะของสัตว์ทดลอง ตลอดจนสภาพการทดลอง

5.1.2 กุ้งกุลาดำชุดที่ 2

จากการทดลองตามตารางที่ 8 และ 9 พบว่ากุ้งที่ติดเครื่องหมายมีอัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายไม่แตกต่างจากกุ้งกลุ่มที่ไม่ได้ติดเครื่องหมาย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Teboul (1993) ที่ทำการทดลองกับกุ้งกุลาดำ 2 ขนาด นำมาติดเครื่องหมายที่ทำจากสายเอ็นเบ็ดตกปลา โดยเปรียบเทียบอัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายกับกลุ่มที่ไม่ติดเครื่อง

หมาย พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติและยังสองคล้องกับรายงานของ Schmalbach *et al.* (1994) ทำการทดลองกับกุ้งก้ามกาม *M.rosenbergii* โดยติดเครื่องหมายที่ทำจากแผ่นเซลลูลอยด์หรือพลาสติกขนาดความยาว 10-15 มิลลิเมตร กว้าง 0.2-0.5 มิลลิเมตร โดยฉีดเครื่องหมายเข้าไปที่บริเวณขาเดินคู่ที่ 4 และ 5 พบว่ากุ้งที่ติดเครื่องหมายมีอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกุ้งที่ไม่ได้ติดเครื่องหมาย เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเครื่องหมายที่ทำจากวัสดุที่เป็นพลาสติกหรือไนลอนที่มีขนาดเล็กไม่มีผลต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งเมื่อติดเครื่องหมายเข้าไปในลำตัวกุ้ง

5.2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

5.2.1 การเติบโตของกุ้งกุลาดำ

จากผลการศึกษาการเติบโตของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1,2 และ 3 ตามตารางที่ 10,11และ 12 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเติบโตในกุ้งทั้ง 3 ชุด พบว่ากุ้งชุดที่ 2 และ 3 มีค่าการเติบโตต่ำกว่ากุ้งชุดที่ 1 (45.72% และ 39.52%) เนื่องจากการเปลี่ยนสภาพการเลี้ยงจากถัง 500 ลิตร เป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 24 ลูกบาศก์เมตร จึงทำให้กุ้งมีขนาดแตกต่างกันมากเพราะบ่อมีขนาดใหญ่ขึ้นกุ้งที่มีขนาดเล็กสามารถมีชีวิตอยู่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยของการเติบโตต่ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเติบโตของกุ้งกุลาดำจากการศึกษาของ คณิต ไชยาคำ และคณะ (2541) ที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อดิน อัตราความหนาแน่น 25 ตัวต่อตารางเมตร ที่ขนาดเริ่มต้น 1.31 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.008 กรัม (เริ่มเลี้ยงที่ระยะโพสลาวา 20) ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 197 วัน มีความยาวเฉลี่ย 2.77, 6.23, 10.35, 11.05, 11.35 และ 11.72 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.258, 2.099, 8.350, 11.082, 12.882 และ 14.508 กรัม ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 24,57,93,135,176 และ 197 วัน ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวได้ขนาดกุ้งที่มีขนาดใหญ่กว่ากุ้งที่ได้จากการศึกษา เนื่องจากสภาพการเลี้ยงมีความแตกต่างกันโดยการเลี้ยงในบ่อดินทำให้กุ้งเติบโตดีเนื่องจากมีอาหารจากธรรมชาติจำพวกสัตว์หน้าดินที่อาจเป็นอาหารเสริมสำหรับกุ้งช่วยในการเติบโตของกุ้งในบ่อดิน นอกจากนี้ความหนาแน่นในการเลี้ยงยังมีผลต่อการเติบโตด้วยดังรายงานการศึกษาของ นิเวศน์ เรืองพานิช และคณะ (2534) ที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อซีเมนต์ขนาด 300 ตารางเมตร เริ่มเลี้ยงที่ระยะโพสลาวา 27 ในอัตราความหนาแน่น 75 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเติบโตของน้ำหนักเฉลี่ย 27.40 กรัม ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 110-112 วัน

5.2.2 ค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1,2 และ 3 ตามตารางที่ 13,14 และ 15 ตามลำดับ โดยค่าอัตราพันธุกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Benzie *et al.* (1997) ที่พบว่าค่าอัตราพันธุกรรม (h^2_d) ของลักษณะความยาวรวมและน้ำหนักในกุ้งกุลาดำมีค่าลดลงจาก 0.5-0.6 ที่อายุ 6 สัปดาห์ เป็น 0.3-0.4 ที่อายุ 10 สัปดาห์ และการศึกษาของ ภาวิณี พัฒนจันทร์ (2541) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวในกุ้งกุลาดำมีค่าลดลงจาก 0.15$\pm$0.057 ที่อายุ 25 วัน เป็น 0.01$\pm$0.014 ที่อายุ 65 วัน แนวโน้มลดลงของค่าอัตราพันธุกรรมเนื่องจากในระยะแรกมีผลของ mathernal effect เช่นปริมาณไข่แดงที่ตัวอ่อนได้รับแตกต่างกันตามขนาดของแม่ที่แตกต่างกัน เป็นต้น แต่เมื่ออายุเพิ่มขึ้นผลของสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณอาหารและความหนาแน่นในแต่ละถัง จึงทำให้ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมสูงมีผลให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้มีค่าลดลง เมื่อพิจารณาที่อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 ที่อายุ 145 วัน มีค่าเท่ากับ 0.09$\pm$0.032 และอัตราพันธุกรรมของความยาวของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 ที่อายุ 80 วัน มีค่าเท่ากับ 0.03$\pm$0.037 ซึ่งมีค่าต่ำมากและผิดไปจากค่าอื่น ๆ ที่ได้โดยการน่าจะมาจากการการปรับขนาดของบ่อที่ใช้เลี้ยงจากถัง 500 ลิตรเป็นบ่อขนาดความจุประมาณ 24 ลูกบาศก์เมตร ทำให้กุ้งขนาดเล็กยังคงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้อันเป็นผลทำให้ค่าความแปรปรวนรวมซึ่งเมื่อวัดเป็นน้ำหนักและความยาวรวมของค่าดังกล่าวจะเพิ่มในรูปยกกำลังสามอันเป็นผลทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้โดยตัวแปรนี้ลดลงและแตกต่างไปจากค่าอื่น ๆ ที่ได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของน้ำหนักและความยาวที่อายุต่าง ๆ ระหว่างกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 และ 2 พบว่าค่า C.V. ของน้ำหนักมีค่าสูงกว่าค่า C.V. ของความยาว 46.7% และ 56.1% ในกุ้งทั้งสองชุดตามลำดับ ซึ่งค่า C.V. ที่สูงจะส่งผลดีต่อการคัดเลือกพันธุ์ เนื่องจากค่า C.V. ที่สูงอาจหมายถึงกุ้งจะสามารถมีค่าส่วนต่างของการคัดเลือกได้มาก (selection differential) โอกาสที่จะพบส่วนต่างของการคัดเลือกก็มีสูงตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อความก้าวหน้าในการคัดเลือกให้เพิ่มขึ้น และค่า C.V. ที่สูงจะสะท้อนถึงความเป็นไปได้สูงสำหรับความสำเร็จของการจัดทำโปรแกรมการคัดเลือกเช่นกัน

5.3 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏ

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏระหว่างความยาวและน้ำหนักของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 และ 2 แสดงในตารางที่ 16 ซึ่งมีค่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อมที่สูงและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นถ้าจะคัดเลือกลักษณะปรากฏของความยาวลักษณะปรากฏของน้ำหนักก็จะถูกคัดเลือกไปด้วยและเป็นเช่นนี้ในทุกอายุของกุ้งที่ทดลองและค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาวและน้ำหนักโดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1,2 และ 3 ที่อายุต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 17,18 และ 19 ตามลำดับ มีค่าแต่งต่างกันไปตามอายุและสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงที่แต่ต่างกันดังนั้นการพิจารณาลักษณะที่ต้องจะนำไปใช้ในการคัดพันธุ์ก็ให้ใช้ลักษณะที่อายุและสภาพการเลี้ยงนั้น ๆ เลย เช่น ในการคัดเลือกกุ้งในกุ้งชุดที่ 1 ที่อายุ 60 วันจะให้ผลเช่นเดียวกับที่อายุ 150 วัน หรือไม่ให้ดูที่ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาวคือ 0.39 และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักคือ 0.43 เมื่อคิดเป็นค่า r^2 (corelation determination) ของความยาวได้ประมาณ 15% และของน้ำหนักได้ประมาณ 18% ซึ่งสามารถคาดเดาได้ว่ากุ้งที่อายุ 60 วันจะมีความยาวและน้ำหนักเหมือนกุ้งที่อายุ 150 วัน 15% และ 18% ของความยาวและน้ำหนักโดยความสัมพันธ์ของค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากไม่มีจำนวนซ้ำของการทดลองและพบว่าสภาพการแก่งแย่งของกุ้งมีผลต่อการเติบโตของกุ้ง โดยกุ้งที่มีขนาดใหญ่จะคอยรบกวนการกินอาหารของกุ้งที่มีขนาดเล็กกว่าจึงทำให้กุ้งขนาดเล็กได้รับอาหารไม่เต็มที่ทำให้การเติบโตช้า จากการศึกษาของ ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง และคณะ (2532) พบว่าอัตราความหนาแน่นมีผลต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำในการเลี้ยงในกระชังขนาด 2x2x1.5 เมตร ปล่อยกุ้งน้ำหนักเฉลี่ย 0.845 กรัม ในอัตราความหนาแน่น 50,150 และ 250 ตัวต่อตารางเมตร เลี้ยง 111 วัน การเติบโตของน้ำหนักเฉลี่ยทั้ง 3 อัตราเลี้ยงเท่ากับ 24.14$\pm$1.43, 22.21$\pm$1.02 และ 15.81$\pm$0.33 กรัมตามลำดับ ซึ่งการเติบโตมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่อายุ 150 วันของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในถังและในกระชังของกุ้งชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.247$\pm$0.107 และ 0.486$\pm$0.162 โดยการเลี้ยงในกระชังเป็นการเลี้ยงแบบแยกเลี้ยง 1 ตัวต่อกระชัง ซึ่งเป็นสภาพการเลี้ยงที่ไม่มีการแก่งแย่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jarayabhand (1989) ศึกษาสภาพการแก่งแย่งที่มีผลต่อค่าอัตราพันธุกรรมในการเติบโตของหอยนางรม *Ostrea edulis* โดยวิธี Fullsib analysis พบว่าในสภาพที่ไม่มีการแก่งแย่งนั้นจะมีค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงกว่าในสภาพที่มีการแก่งแย่งคือ เท่ากับ 0.274$\pm$0.143 และ 0.152$\pm$0.099 ตามลำดับ สำหรับในฤดูกาลเติบโตที่ 1 และ 0.229$\pm$0.0130 และ 0.060$\pm$0.086 ตามลำดับ สำหรับในฤดูกาลเติบโตที่ 2 และสอดคล้องกับการ

ศึกษาของมณฑิรา ถาวรยุติการต์ (2537) ศึกษาในหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cucullata* พบว่ามีอัตราพันธุกรรมประจักษ์ต่อการเติบโตของน้ำหนักที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อถุงอวน มีค่าสูงกว่าที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 150 ตัวต่อถุงอวน คือ เท่ากับ 0.185 และ 0.148 ตามลำดับ เมื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยรวมต่อการเติบโตของความกว้างเปลือกหอยตะโกรมกรามดำที่เลี้ยงในระบบรางน้ำไหลที่อายุ 150,180 และ 210 วัน มีค่าเท่ากับ 0.34$\pm$0.115, 0.39$\pm$0.121 และ 0.36$\pm$0.171 ตามลำดับ ส่วนของความยาวเปลือกเท่ากับ 0.26$\pm$0.079, 0.34$\pm$0.100 และ 0.33$\pm$0.100 ตามลำดับ

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในกุ้งกุลาดำแบบ full-sib ใช้ได้ดีในระดับหนึ่งแต่ก็ยังคงมีประเด็นที่ยังคงจะต้องมีการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีค่าอัตราพันธุกรรมของอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำทั้งกลุ่มประชากรทางฝั่งอ่าวไทย (กุ้งชุดที่ 1) และฝั่งอันดามัน (ชุดที่ 2 และ 3) ที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมในกุ้งแต่ละครอบครัว (full-sib family) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4,5 และ 6) โดยเฉพาะในส่วนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยการจัดให้มีโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ในลักษณะของการทำการคัดพันธุ์เพื่อเพิ่มอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำได้ โดยค่าที่ได้จะอยู่ที่ประมาณ 0.2-0.24 เมื่อกุ้งอายุได้ 145-150 วันโดยใช้ความยาวซึ่งก็จัดได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับเดียวกันกับในสัตว์น้ำโดยทั่วไป แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกุ้งกุลาดำของไทยได้โดยการจัดให้มีโปรแกรมการคัดเลือกเพื่อการผสมพันธุ์ที่เหมาะสมต่อไป สำหรับค่าอัตราพันธุกรรมเมื่อวัดเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มประชากรจากฝั่งอันดามันที่มีค่าต่ำมากและผิดไปจากค่าที่ได้โดยการใช้ความยาว น่าจะมาจากการที่มีความพยายามในการปรับขนาดของบ่อที่ใช้เลี้ยงจาก 500 ลิตรเป็นบ่อขนาดความจุประมาณ 24 ลูกบาศก์เมตร ทำให้กุ้งขนาดเล็กยังคงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้อันเป็นผลทำให้ค่าความแปรปรวนรวมซึ่งเมื่อวัดเป็นน้ำหนักค่าดังกล่าวจะเพิ่มในรูปยกกำลังสามอันเป็นผลทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้โดยตัวแปรนี้ลดลงและแตกต่างไปจากค่าอื่น ๆ ที่ได้ เมื่อพิจารณาถึงค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของกุ้งกุลาดำครอบครัวต่าง ๆ ที่อายุต่าง ๆ กัน สำหรับประชากรกุ้งจากฝั่งอ่าวไทยทำให้สรุปได้ว่าลักษณะปรากฏเมื่อวัดเป็นความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่อายุต่าง ๆ กันจะมีค่าสหสัมพันธ์ลดลงเมื่อกุ้งมีอายุเพิ่มขึ้น ซึ่งก็หมายความว่าลักษณะปรากฏที่ใช้ได้ดีที่สุดในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมควรเป็นที่เป็นขนาดตลาด ได้แก่ ขนาดของกุ้งเมื่อมีอายุได้ 145-150 วัน จะเห็นได้ว่ามีขนาดที่เล็กมากเมื่อเทียบกับขนาดที่ได้ในระบบการผลิตจริงซึ่งเป็นสิ่งที่ควรมีการแก้ไขในระบบการเลี้ยงต่อไป

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

6.1 การติดเครื่องหมายกุ้งกุลาดำ

จากผลการศึกษาถึงผลของวัสดุที่ทำจากสายเคเบิลโทรศัพท์นำมาใช้ในการจัดทำเครื่องหมายเพื่อใช้สำหรับวางแผนการเก็บข้อมูลและการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าเครื่องหมายมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งที่มีขนาดแตกต่างกันในการศึกษากับกุ้งชุดที่ 1 โดยกุ้งที่มีความยาวเฉลี่ย 5.53 เซนติเมตร (ขนาดเล็ก) มีอัตราการรอดตาย 23.33% และกุ้งที่มีความยาวเฉี่ย 9.02 เซนติเมตร (ขนาดใหญ่) มีอัตราการรอดตาย 55% แต่ในการศึกษาในกุ้งชุดที่ 2 นำกุ้งที่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 10.41 เซนติเมตร มาติดเครื่องหมายและเลี้ยงเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ติดเครื่องหมาย มีอัตราการเติบโตของความยาว 15.095$\pm$1.412 เซนติเมตร ของกลุ่มที่ติดเครื่องหมาย และ 15.36$\pm$1.571 เซนติเมตร ของกุ้งกลุ่มที่ไม่ติดเครื่องหมาย มีอัตราการรอดตาย 32.22% ของกลุ่มที่ติดเครื่องหมาย และ 33.89% ของกุ้งกลุ่มที่ไม่ติดเครื่องหมายซึ่งไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องหมายไม่มีผลต่อการเติบโตและอัตราการรอดตาย

6.2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

จากการศึกษาการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำโดยวิธี full-sib analysis สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

6.2.1 ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 เป็นค่าที่เป็นไปตามทฤษฎีคือเมื่ออายุมากขึ้นค่าอัตราพันธุกรรมลดลงเนื่องจากความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมสูงมีผลให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่คำนวณได้ลดลง

6.2.2 ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 มีค่าอัตราพันธุกรรมของความยาว 0.30$\pm$0.075 และ 0.20$\pm$0.056 ที่อายุ 45 และ 145 วัน และอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว 0.09$\pm$0.032 ที่อายุ 145 วัน โดยอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 145 วัน สำหรับค่าอัตราพันธุกรรมเมื่อวัดเป็นน้ำหนักที่อายุ 145 วันมีค่าต่ำมากและผิดไปจากค่าที่ได้โดยการใช้ความยาวน่าจะมาจากการการปรับขนาดของบ่อที่ใช้เลี้ยงจากถัง 500 ลิตรเป็นบ่อขนาดความจุประมาณ 24 ลูกบาศก์

เมตร ทำให้กุ้งขนาดเล็กยังคงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้อันเป็นผลทำให้ค่าความแปรปรวนรวมซึ่งเมื่อวัดเป็นน้ำหนักค่าดังกล่าวจะเพิ่มในรูปยกกำลังสามอันเป็นผลทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้โดยตัวแปรนี้ลดลงและแตกต่างไปจากค่าอื่น ๆ ที่ได้

6.2.3 ค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวเท่ากับ 0.32±0.118, 0.03±0.037, 0.25±0.107 และ 0.49±0.162 เซนติเมตร ที่อายุ 40 วัน, 80 วัน 150 วัน (เลี้ยงในถัง) และ 150 วัน (เลี้ยงในกระชัง) ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมของความยาวที่อายุ 150 วัน ของกุ้งที่เลี้ยงในถังมีค่าต่ำกว่าการเลี้ยงในกระชังเพราะสภาพการแก่งแย่งที่มีผลต่อค่าอัตราพันธุกรรม

6.3 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏ

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏระหว่างความยาวและน้ำหนักมีค่าสูงและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นถ้าจะคัดเลือกลักษณะปรากฏของความยาว ลักษณะปรากฏของน้ำหนักก็จะถูกคัดเลือกไปด้วยและค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของความยาวและน้ำหนักโดยเปรียบเทียบในทุกตัวแปรโดยสมบูรณ์มีค่าแต่งต่างกันไปตามอายุและสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงที่แต่ต่างกันดังนั้นการพิจารณาลักษณะที่ต้องจะนำไปใช้ในการคัดพันธุ์ก็ให้ชี้ลักษณะที่อายุและสภาพการเลี้ยงนั้น ๆ

ข้อเสนอแนะ

1 จากการศึกษาเครื่องหมายชนิดติดภายในจะพบว่ามีข้อจำกัดสำหรับขนาดของกุ้งที่เหมาะสมจึงควรปรับขนาดของเครื่องหมายและวัสดุอื่นมาใช้เพื่อให้การติดเครื่องหมายสามารถใช้ได้กับกุ้งที่มีขนาดเล็กได้

2 การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมเพื่อใช้ในการปรับปรุงการเติบโตของกุ้งกุลาดำน่าจะมีการนำไปใช้กับระบบการเลี้ยงกุ้งที่ทำกันอยู่โดยเกษตรทั่วไป (การเลี้ยงในบ่อดิน) เนื่องจากอัตราการเติบโตในการในสภาพที่ศึกษาแตกต่างจากสภาพการเลี้ยงในบ่อดินมาก ดังนั้นจึงมีผลต่ออัตราพันธุกรรมที่ประมาณได้และจะส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองต่อการคัดเลือกด้วย

3 ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจากขนาดตลาด(อายุประมาณ 4 เดือน) ไปเป็นกุ้งขนาดที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์และการทำให้แม่พันธุ์มีไข่แก่โดยไม่ต้องตัดก้านตา ยังมีการศึกษาน้อยเพราะใช้ระยะเวลานานและใช้ต้นทุนสูง จึงควรทำการศึกษาเรื่องนี้ไปพร้อมกับการปรับปรุงพันธุ์

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมประมง. 2530. การเพาะขยายพันธุ์กุ้งทะเล. กรุงเทพมหานคร:กรมประมง. 43 หน้า.

คณิต ไชยาคำ, ก่อเกียรติ กูลแก้ว, นาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง, วาลุกา กฤตรัชตนันต์ และ ธวัชชัย ทองน้อย. 2541. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินที่จังหวัดสตูล. สตูล:ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสตูล กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 22 หน้า.

ทรงชัย สหวัชรินทร์ และประชิต พงศ์สุวรรณ. 2519. การศึกษา ชีววิทยาบางประการของกุ้งก้ามกรามในทะเลสาบสงขลาโดยการติดเครื่องหมาย. การประชุมปฏิบัติการระบบนิเวศวิทยาของทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน ครั้งที่ 1, 10–5 ม.ค. หน้า 507–513 : ศูนย์ชีววิทยาทางทะเล,ภูเก็ต.

ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง, ปิยะ จุฬาวิทยานุกูล, สมบูรณ์ หลาวประเสริฐ, อัมพร โพธิยา. 2532. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในกระชังด้วยอัตราหนาแน่นต่าง ๆ กันในคลองตากใบ จังหวัดนราธิวาส. เอกสารวิชาการ. ฉบับที่ 1/2532. นราธิวาส:สถานีประมงน้ำกร่อย,กรมประมง. 22 หน้า.

นิเวศน์ เรืองพานิช, สุพจน์ จึงแย้มปิ่น,เจนจิตต์ คงกำเนิด และ เรณู ยาชิโร. 2534. การทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อซีเมนต์. เอกสารวิชาการ, ฉบับที่ 4/2534. สงขลา:สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 20 หน้า

บังอร ศรีมุกดา และ เตรียม ธิสาเวทย์. 2527. เทคนิคการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ, ฉบับที่ 3/2527. กรุงเทพมหานคร:สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 20 หน้า

เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์, อัญชลี ทัศนาขจร, ศิราวุธ กลิ่นบุหงา และ เปี่ยมศักดิ์ เมนะศเวต. 2543. ทำเนียบธุรกิจสัตว์น้ำ อาหารสัตว์น้ำ และอุปกรณ์สำหรับสัตว์น้ำ. กรุงเทพมหานคร, สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 26.

ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง. 2541. สถิติผลผลิตกุ้งทะเลของประเทศไทยปีพ.ศ. 2540. กองเศรษฐกิจการประมง. 37 หน้า.

ภาวิณี พัฒนจันทร์. 2541. การประมาณค่าถ่ายทอดพันธุกรรมในอัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำ *penaeus monodon* Fabricius, 1798. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มณฑิรา ถาวรยุติการต์. 2537. การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ต่อการเติบโตของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรณู ยาชิโร และ สมิง ทรงถาวรทวี. 2539. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สำหรับเป็นพ่อแม่พันธุ์โดยวิธีลดความหนาแน่นและย้ายบ่อ. เอกสารวิชาการ. ฉบับที่ 14/2539. สงขลา:สถานีวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง,กรมประมง. 9 หน้า.

วริยา สรรคชา. 2543. ข่าวเกาะสถานการณ์. นิตยสารประมงธุรกิจ. 2(13):11-13.

วัลลภ คงเพิ่มพูน, 2532. กุ้งกุลาดำ . โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. 136 หน้า.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2530. กรมปรับปรุงพันธุ์สัตว์. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 512 หน้า.

สมภพ รุ่งสภา. 2534. การพัฒนาเครื่องหมายสำหรับติดตามกุ้งทะเลจากวัสดุราคาถูก ใน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และคณะ (บรรณาธิการ), ประมาณประชุมวิชาการเรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 3, 17–18 ม.ค. หน้า 494–505. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; กรุงเทพมหานคร.

สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2533. พันธุศาสตร์ปริมาณกับการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ. วารสารการประมง 43 (4):187–195.

สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2543. แนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทย โดยวิธีทางพันธุศาสตร์ปริมาณ. ปทุมธานี: สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 111 หน้า.

อนันต์ ตันสุตะพานิช, สุนิช ทองรอด, ธนัญช์ สังกรธนกิจ และ อารี จันทร์นาค. 2538 การพัฒนารูปแบบและวิธีการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระบบปิด. เอกสารวิชาการ, ฉบับที่ 26/2538. กรุงเทพมหานคร : กรมประมง. 10 หน้า.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. 248 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, I. 1993. The Veterinary approach to marine parwns. In Brown (ed.), Aquaculture for Veterinarians : Fish husbandry ad maducine, ouford:Pergamon Press, PP 271–290.

Aquacop. 1983. Constitution of broods stock, maturation,spawning and hatching systems for the Penaeid shrimp in the center oceanologique de pacifique. In McVey, J.P. (ed.), CRC handbook of mariculture. Vol 1: Crustacean aquaculture, pp. 105-122. Florida, U.S.A.: CRC Press.

Becker, W.A. 1992. Manual of Procedures in Quantitative Genetics Program in genetics. Washington D.C.:Washington Stage University, Pullman. 130 pp.

Benzie, J.A. H, Frusher, S.D., Kenway, M., and Trott, L. 1995 Utility of streamer tags to assess survival and growth of juvenile Tiger prawn (*Penaeus monodon*) in aquaculture environments. Aquaculture. 136: 57–69.

Benzie, J.A.H., Kenway, M., and Trotl,.L. 1997 Estimates for the heritability of size in juvenile *Peanaeus monodon* prawns from half-sib matings. Aquaculture. 152: 49–53.

Bergman, P.K., Haw, F., and Blankenship, Hl. And Buckley, R.M. 1992 Perspectives on design, Use and misuse of fish tags. Fisheries 17(4):20–25.

Brett, J.R. 1979. Enviromental factors and growth. In:W.S. Hoar, D.J. randall and J.R. Brett (eds.). Fish Physiology. 8:599–667.

Doyle, R.W. 1983. An approach to the quantitative analysis of domestication selection in aquaculture. Aquaculture 33:167–185.

Doyle, R.W., Sinaholka, S and New, M.B., 1983. Indirect for genetic change, a quantitative analysis illustrated with *Macrobrachium reosenbregii*. Aquaculture, 30:237–247.

Eknath, A.E. and R.W. Doyle. 1985. Indirect selection for growth and life–history traits in Indain carp culture. 1. Effects of brood stock management. Aquaculture. 49:73–84.

Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative genetic. 3rd. London : longman Inc. 340 pp.

Gjederm, T. 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective in fish and shellfish. Aquaculture. 33:359–418.

Godin, D.M., Carr, W.H., Hagino, G., Segvre F, Sweeney, J.N., and Blankenship, L. 1996. Evaluation of a fluoresent elastomer internal tag in juvenile and adult shrimp *Penaeus vanamei*. Aquaculture. 139: 243-248.

Hill, B.J, and Hassenberg, T.J. 1985. A laboratory study of the effect of streamer tag on mortality, growth; malting and duration of nocturnal emergence of the Tiger prawn (*Penaeus esculentus* Haswell.). Fish. Res. 3: 233–235.

Holt, B. 1982. Short term mortality of tagged shrimp during field tagging experiments. NDAA technial Memrandum. NMFS–S EFC–97. 11 pp.

Howe, N.R., and Hoyt, P.R. 1982. Mortality of juvenile Brown Shrimp. *Penaeus aztecus* associated with Streamer tags. Trans. Amer. Fish Soc 111: 317–325.

Jarayabhand, P. 1989 An Investigation of factors Associated with Growth Performance of Hatchery–produced Stocks of the European Flat, *Ostrea edulis* Linne. Growth in a Suspended system. Doctor of Philosophy, Graduate studies, Dulhusie University.

Klar, G.T, and Parker, N.C. 1986. Marking fingerling Striped Bass and Blue Tilapia with coded wire tags and microtaggants. North American Journal of Fisheries Management.. 6:439–444.

Linnane, A., and Mercer, J.P. 1998. A. Comparison of methods for tagging juvenile lobsters (*Homarus gammarus* L.) Reared for Stock. Enhancement. Aquaculture. 163:195–202.

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

Malecha, S. 1983. Crustacean genetics and breeding : An overview. Aquaculture. 33:395–413.

Malecha, S.R. Masuno, S., and Onisuka, D. 1984. The feasibility of measuring the heritability of growth pattern variation on juvenile Fresh water prawns *Macrobrachium rosenbergii* Aquaculture 88:347–363.

Meewan, M. 1993. Morphological in heritability and growth of giant freshwater Prawns. Progress Report of Fish Genetic (Thailand) Project Phase III. Submitted to internal Development Research Center:36–64.

Motoh, H. 1985. Biology and ecology of *Peanaeus monodon.* In Itaki, Y., Primavera, J.H. and hlobrera, J.A. (eds.), Proc. 1 st Int. Cof.on Culture of Penaeid Prawns/Shrimps. Lloilo City, Philippines, SEAFDEC Aquaculture Department, PP 27–36.

Nielsen, L.A. 1992. Methods of marking fish and Shellfish. American Fisheries society Special Publication 23:208 pp.

Primavera, J.H. 1979. Sugo (*Penaeus monodon*). Aqua-Guide. Series no. 1. Philippines: Aquaculture Dept., SEAFDEC. 3-5 PP.

Rice, V.A. 1970. Breeding and Improvement of Farm Animal. McGraw-Hill Book Co., New York. 477 pp.

Schmalbach, A.E., Quackenbush, L. S., and Melinek, R. 1994. Amethod of tagging the Malaysian prawn *Macrobranchium rossbergii* . Aquaculture. 122: 147–159.

Sokal, R.R. and Rohlt, F.J. 1969. Biometry : The principles and practice of statistics in biological research. San Fanciso : W.H. Freeman and Company. 776 pp.

Sokal, R.R. and Rohlt, F.J. 1981. Biometry. 2nd. Ed. W.H. Freeman and Company. New York 859 pp.

Sriputinibondh, N., 1988. Genetic Optimization of Nile Tilapia and Common Carp Brood stock Management Techniques in Northeast Thailand. M.Sc. Thesis, No. AE – 88 – 31. Asian Institute of technology. Bangkok, Thailand. 89 pp.

Tave, D. 1993. Genetics for fish hatchery managers. 2nd.ed. New York:AVI Publishing Co., Inc. 415 pp.

Teboul, D. 1993. Internal monofilament tags used to identify juvenile *Penaeus Monodon*: tag retention and effect on growth and survival. Aquaculture. 113: 167–170.

Urner Barry Publications, Inc. 1997. http://www. Urnerbarry.com/lithographs/penaeus. Htm (internet). New Jersey, U.S.A.:Urner Barry Publications, Inc.

Wilkinson, L. 1987. SYSTAT. The system for statistics. Evan son, IL: stat, Inc. 1986. And 1987.

Wongsaengchan, A. 1985. Brood stock selection and management study. Technical paper in Fish genetics (Thailand) IDRC Project. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand. 33 pp.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก องค์ประกอบความแปรปรวนของการทดสอบเครื่องหมายกุ้งกุลาดำ

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและองค์ประกอบความแปรปรวนของขนาดกุ้งที่นำมาติดเครื่องหมาย

Source of Variation	Df	Sum of square	Mean square	F-Ratio	P
ขนาดกุ้ง	1	0.187	0.187	7.490	0.052
ความคลาดเคลื่อน	4	0.100	0.025		

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและองค์ประกอบความแปรปรวนของกุ้งที่นำมาติดเครื่องหมาย

Source of Variation	Df	Sum of square	Mean square	F-Ratio	P
การติดเคลื่องหมาย	1	0	0	0.056	0.824
ความคลาดเคลื่อน	4	0.029	0.007		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข อัตราการเติบโตของกุ้งกุลาดำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 3 ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 จำแนกตามครอบครัวที่อายุต่าง ๆ

	อายุ 30 วัน			อายุ 60 วัน			อายุ 90 วัน			อายุ 120 วัน			อายุ 150 วัน			อายุ 200 วัน		
Fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
1	1.40	1.396	50	3.40	0.695	50	5.62	0.976	50	7.32	1.621	50	9.70	1.296	50	9.77	1.296	30
2	1.80	1.796	50	3.08	0.554	50	5.23	0.787	50	6.32	0.969	50	8.38	1.439	33	10.26	1.635	16
3	0.95	0.954	50	3.12	0.435	50	5.05	0.629	50	6.66	1.216	50	8.11	1.507	50	10.20	1.637	33
4	1.09	1.088	50	3.16	0.502	50	5.21	0.955	50	7.42	1.402	50	9.53	1.496	40	11.28	1.545	13
5	1.04	1.035	50	3.07	0.556	50	5.11	0.713	50	6.76	1.052	50	8.55	1.012	50	10.83	1.201	38
6	1.87	1.874	50	3.46	0.691	50	5.75	0.799	50	7.19	1.243	50	9.10	1.328	50	10.80	1.300	31
7	1.40	1.403	50	2.75	0.376	50	4.67	0.778	50	6.24	1.159	50	8.44	1.339	50	9.86	1.503	10
8	1.62	1.623	50	2.90	0.320	50	4.91	0.561	50	6.59	1.008	50	8.22	1.390	50	9.92	1.166	14
9	1.79	1.791	50	2.83	0.381	50	4.96	0.716	50	6.51	0.909	50	8.69	1.409	50	10.68	1.022	17
10	1.55	1.550	50	3.87	0.664	50	6.37	1.247	50	8.22	1.351	50	10.70	0.946	5	12.60	-	1
11	1.47	1.465	50	3.32	0.554	50	4.80	0.769	50	6.06	0.938	50	7.55	0.953	50	10.01	1.417	37
12	1.19	1.186	50	3.11	0.610	50	4.38	0.820	50	6.09	1.176	50	7.91	1.755	36	9.58	1.812	14
13	1.55	1.545	50	2.79	0.431	50	4.48	0.923	50	6.58	0.826	50	9.30	1.033	50	11.09	1.613	27
14	0.95	0.950	50	2.47	0.404	50	4.87	0.678	50	6.22	1.118	50	8.81	1.206	50	10.38	1.523	26
15	1.06	1.056	50	2.89	0.516	50	4.98	0.653	50	6.61	0.977	50	8.28	0.978	50	9.72	1.377	47
16	1.55	1.554	50	3.04	0.481	50	4.81	0.684	50	6.60	0.865	50	8.43	1.047	50	9.59	1.198	34
17	0.81	0.814	50	2.76	0.502	50	4.69	0.665	50	6.26	1.154	50	7.96	1.159	50	9.90	0.947	30
18	1.18	1.175	50	2.99	0.767	50	5.04	1.074	50	6.45	0.873	50	8.18	1.139	50	9.16	1.239	31
19	0.90	0.898	50	3.09	0.490	50	5.14	0.672	50	6.98	0.877	50	8.95	1.394	50	9.25	1.721	24
20	1.76	1.756	50	3.02	0.369	50	5.10	0.842	50	6.80	1.239	50	8.89	1.571	50	10.02	1.367	30

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ความยาวเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 จำแนกตามครอบครัวที่อายุต่าง ๆ

	อายุ 30 วัน			อายุ 60 วัน			อายุ 90 วัน			อายุ 120 วัน			อายุ 150 วัน			อายุ 200 วัน		
Fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
21	0.94	0.938	50	2.74	0.512	50	5.25	0.793	50	6.74	1.049	50	9.18	1.141	50	10.84	1.395	23
22	0.77	0.769	50	2.77	0.716	50	5.35	0.973	50	6.71	1.027	50	8.45	0.864	50	9.43	1.271	49
23	1.42	1.419	50	3.45	0.896	50	5.70	1.189	50	7.14	1.293	50	8.52	1.523	50	10.28	1.475	32
24	1.14	1.140	50	2.83	0.708	50	4.83	0.940	50	5.85	1.082	50	7.88	1.648	50	9.56	1.767	32
25	1.27	1.271	50	3.21	0.430	50	4.95	0.661	50	6.49	0.805	50	8.90	0.948	50	10.14	1.184	47
26	0.83	0.832	50	3.23	0.607	50	5.17	0.888	50	5.92	1.023	50	8.42	1.357	50	10.23	1.665	22
27	1.27	1.266	50	3.28	0.664	50	4.98	0.694	50	6.81	0.769	50	8.98	0.931	48	10.44	0.769	23
28	1.58	1.576	50	2.98	0.440	50	4.65	0.739	50	6.12	0.949	50	8.02	1.597	50	11.01	1.258	14
29	0.85	0.851	50	2.73	0.576	50	5.16	0.683	50	6.43	0.963	50	7.90	1.707	29	10.50	1.236	48
30	1.26	1.259	50	2.70	0.476	50	4.82	1.001	50	6.30	1.050	50	8.34	1.075	50	10.96	1.278	10
31	1.13	1.131	50	3.00	0.466	50	4.87	0.709	50	6.21	0.916	50	8.35	1.451	30	10.26	1.432	47
32	0.70	0.696	50	2.80	0.465	50	5.26	0.955	50	6.64	0.871	50	9.13	1.175	50	10.79	1.245	30
33	0.84	0.835	50	2.65	0.549	50	5.29	0.915	50	6.40	1.208	50	8.80	1.795	43	10.40	1.77	10
34	1.00	1.002	50	2.94	0.501	50	5.15	0.774	50	7.00	0.857	50	9.08	1.231	50	10.60	1.328	29
35	0.97	0.971	50	3.20	0.575	50	5.32	0.958	50	6.73	1.191	50	8.53	1.466	50	9.44	1.507	11
36	0.76	0.760	50	2.57	0.470	50	4.86	0.766	50	6.28	0.838	50	8.21	1.316	46	10.06	1.341	16
37	1.14	1.144	50	2.64	0.592	50	4.91	1.032	50	6.04	1.224	50	8.06	1.946	35	10.56	1.218	7
38	1.25	1.253	50	2.52	0.435	50	4.85	0.763	50	6.61	0.696	50	8.83	0.999	50	10.92	1.153	31
39	1.20	1.204	50	3.26	0.565	50	4.85	0.656	50	5.92	1.266	50	7.77	1.205	50	10.25	1.765	25
40	0.79	0.789	50	2.56	0.539	50	4.92	0.895	50	6.68	1.242	50	7.61	1.354	50	8.24	1.138	61

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 จำแนกตามครอบครัวที่อายุต่าง ๆ

	อายุ 60 วัน			อายุ 90 วัน			อายุ 120 วัน			อายุ 150 วัน			อายุ 200 วัน		
Fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
1	0.22	0.141	50	1.14	0.598	50	3.35	1.682	50	7.36	3.177	50	7.74	2.769	30
2	0.15	0.083	50	0.82	0.378	50	1.98	0.977	50	4.80	2.713	33	8.59	3.84	16
3	0.15	0.061	50	0.74	0.281	50	2.49	1.552	50	4.47	2.516	50	7.44	3.849	33
4	0.16	0.085	50	0.90	0.487	50	3.40	2.065	50	7.38	3.761	40	10.73	4.717	13
5	0.14	0.078	50	0.78	0.415	50	2.43	1.201	50	4.92	1.834	50	8.80	2.669	38
6	0.23	0.149	50	1.17	0.505	50	3.07	1.546	50	6.23	2.819	50	10.71	3.741	31
7	0.09	0.049	50	0.60	0.291	50	2.03	1.168	50	5.12	2.337	50	7.91	4.309	10
8	0.12	0.046	50	0.70	0.269	50	2.18	1.135	50	4.63	2.422	50	8.34	2.599	14
9	0.11	0.062	50	0.71	0.308	50	2.08	0.879	50	5.51	2.363	50	9.57	2.627	17
10	0.33	0.186	50	1.69	1.025	50	4.52	2.129	50	10.17	3.021	5	14.39	-	1
11	0.19	0.105	50	0.63	0.283	50	1.77	0.784	50	3.41	1.398	50	8.54	3.855	37
12	0.16	0.102	50	0.52	0.304	50	1.90	1.101	50	4.57	2.631	36	7.80	4.250	14
13	0.10	0.056	50	0.55	0.358	50	2.26	0.912	50	6.76	2.274	50	11.70	4.311	27
14	0.07	0.042	50	0.65	0.287	50	1.94	1.061	50	5.82	2.458	50	9.53	4.37	26
15	0.13	0.087	50	0.71	0.325	50	2.27	1.085	50	4.58	1.671	50	6.68	2.963	47
16	0.13	0.075	50	0.63	0.296	50	2.22	0.965	50	4.76	1.808	50	7.98	2.618	34
17	0.10	0.069	50	0.58	0.262	50	2.02	1.275	50	4.17	2.030	50	7.60	2.176	30
18	0.14	0.151	50	0.80	0.589	50	2.12	0.841	50	4.67	2.344	50	6.41	2.814	31
19	0.14	0.069	50	0.80	0.292	50	2.63	0.968	50	6.62	3.065	50	7.01	4.475	24
20	0.13	0.057	50	0.77	0.397	50	2.57	1.475	50	6.26	3.545	50	8.32	3.307	30

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 จำแนกตามครอบครัวที่อายุต่าง ๆ

	อายุ 60 วัน			อายุ 90 วัน			อายุ 120 วัน			อายุ 150 วัน			อายุ 200 วัน		
Fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
21	0.11	0.066	50	0.82	0.374	50	2.44	1.160	50	6.48	2.599	50	10.81	4.045	23
22	0.12	0.108	50	0.93	0.565	50	2.39	1.147	50	5.00	1.813	50	6.37	2.759	49
23	0.25	0.233	50	1.14	0.770	50	2.94	1.516	50	5.33	2.710	50	8.64	3.421	32
24	0.13	0.119	50	0.69	0.438	50	1.63	1.042	50	4.35	2.711	50	7.26	3.840	32
25	0.17	0.074	50	0.68	0.283	50	2.16	0.894	50	5.63	1.901	50	8.51	2.962	47
26	0.17	0.095	50	0.81	0.394	50	1.69	0.851	50	5.02	2.635	50	9.38	4.400	22
27	0.19	0.118	50	0.71	0.310	50	2.46	0.876	50	5.95	1.944	50	9.05	2.100	23
28	0.13	0.061	50	0.56	0.268	50	1.81	0.805	50	4.43	2.420	50	10.91	4.035	14
29	0.11	0.072	50	0.78	0.330	50	2.11	0.987	50	4.48	3.421	50	9.51	3.201	48
30	0.10	0.069	50	0.68	0.482	50	1.97	1.089	50	4.80	2.013	50	10.96	3.682	10
31	0.14	0.074	50	0.64	0.279	50	1.82	0.773	50	5.16	2.617	50	9.36	3.892	47
32	0.11	0.067	50	0.90	0.483	50	2.32	0.974	50	6.71	2.664	50	10.16	3.716	30
33	0.09	0.074	50	0.87	0.452	50	2.09	1.274	50	6.37	4.148	50	9.54	4.705	10
34	0.13	0.070	50	0.79	0.383	50	2.74	1.032	50	6.47	2.418	50	10.27	3.77	29
35	0.19	0.098	50	0.90	0.527	50	2.56	1.335	50	5.60	3.045	50	6.69	3.176	11
36	0.09	0.062	50	0.67	0.353	50	1.92	0.856	50	4.67	2.226	50	8.62	3.859	16
37	0.11	0.076	50	0.72	0.468	50	1.88	1.264	50	4.82	3.896	50	9.31	4.078	7
38	0.09	0.056	50	0.65	0.297	50	2.30	0.842	50	5.80	1.982	50	10.52	3.215	31
39	0.20	0.113	50	0.66	0.301	50	1.82	1.458	50	4.09	1.978	50	9.54	4.695	25
40	0.09	0.072	50	0.71	0.504	50	2.43	1.558	50	4.13	2.261	50	4.50	1.960	61

ตารางผนวกที่ 5 อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของความยาว (เซนติเมตรต่อวัน) และน้ำหนัก (กรัมต่อวัน) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

	ความยาว					น้ำหนัก			
	การเติบโตโดยเฉลี่ยที่ช่วงอายุ (วัน)					การเติบโตโดยเฉลี่ยที่ช่วงอายุ			
fs	30-60	60-90	90-120	120-150	150-200	60-90	90-120	120-150	150-200
1	0.067	0.074	0.057	0.079	0.001	0.031	0.074	0.104	0.025
2	0.043	0.072	0.036	0.069	0.038	0.022	0.039	0.101	0.072
3	0.072	0.064	0.054	0.048	0.042	0.020	0.059	0.094	0.042
4	0.069	0.068	0.073	0.070	0.035	0.025	0.083	0.032	0.128
5	0.068	0.068	0.055	0.060	0.046	0.021	0.055	0.107	0.063
6	0.053	0.077	0.048	0.064	0.034	0.031	0.063	0.065	0.114
7	0.045	0.064	0.052	0.073	0.028	0.017	0.047	0.131	0.039
8	0.043	0.067	0.056	0.054	0.034	0.019	0.049	0.075	0.078
9	0.035	0.071	0.052	0.073	0.040	0.020	0.046	0.080	0.102
10	0.077	0.083	0.062	0.083	0.038	0.045	0.094	0.009	0.192
11	0.062	0.049	0.042	0.050	0.049	0.015	0.038	0.113	0.068
12	0.064	0.042	0.057	0.061	0.033	0.012	0.046	0.160	0.022
13	0.041	0.056	0.070	0.091	0.036	0.015	0.057	0.137	0.107
14	0.051	0.080	0.045	0.086	0.031	0.019	0.043	0.151	0.061
15	0.061	0.070	0.054	0.056	0.029	0.019	0.052	0.111	0.022
16	0.050	0.059	0.060	0.061	0.023	0.017	0.053	0.082	0.066
17	0.065	0.064	0.052	0.057	0.039	0.016	0.048	0.094	0.056
18	0.060	0.068	0.042	0.063	0.020	0.022	0.039	0.128	0.012
19	0.073	0.068	0.061	0.066	0.006	0.022	0.061	0.049	0.058
20	0.042	0.069	0.056	0.070	0.023	0.021	0.060	0.052	0.084

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของความยาว (เซนติเมตรต่อวัน) และน้ำหนัก (กรัมต่อวัน) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1

	ความยาว					น้ำหนัก			
	การเติบโตโดยเฉลี่ยที่ช่วงอายุ (วัน)					การเติบโตโดยเฉลี่ยที่ช่วงอายุ (วัน)			
fs	30-60	60-90	90-120	120-150	150-200	60-90	90-120	120-150	150-200
21	0.060	0.083	0.050	0.081	0.033	0.024	0.054	0.135	0.087
22	0.067	0.086	0.045	0.058	0.020	0.027	0.049	0.087	0.027
23	0.068	0.075	0.048	0.046	0.035	0.030	0.060	0.080	0.066
24	0.056	0.067	0.034	0.068	0.034	0.019	0.031	0.091	0.058
25	0.065	0.058	0.051	0.080	0.025	0.017	0.049	0.116	0.058
26	0.080	0.065	0.025	0.083	0.036	0.021	0.029	0.111	0.087
27	0.067	0.057	0.061	0.072	0.029	0.017	0.059	0.116	0.062
28	0.047	0.056	0.049	0.063	0.060	0.014	0.042	0.087	0.130
29	0.063	0.081	0.042	0.049	0.052	0.022	0.044	0.079	0.101
30	0.048	0.071	0.049	0.068	0.052	0.019	0.043	0.094	0.123
31	0.062	0.062	0.045	0.071	0.038	0.017	0.039	0.111	0.084
32	0.070	0.082	0.046	0.083	0.033	0.026	0.047	0.146	0.069
33	0.060	0.088	0.037	0.080	0.032	0.026	0.041	0.143	0.063
34	0.065	0.074	0.062	0.069	0.030	0.022	0.065	0.124	0.076
35	0.074	0.070	0.047	0.060	0.018	0.024	0.055	0.101	0.022
36	0.060	0.076	0.047	0.064	0.037	0.019	0.042	0.092	0.079
37	0.050	0.076	0.038	0.067	0.050	0.020	0.038	0.098	0.090
38	0.042	0.078	0.059	0.074	0.042	0.019	0.055	0.117	0.094
39	0.069	0.053	0.036	0.062	0.050	0.015	0.038	0.076	0.109
40	0.059	0.079	0.059	0.031	0.013	0.021	0.057	0.057	0.007

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของความยาว(เซนติเมตร)และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 โดยแยกแต่ละครอบครัว

	ความยาว						น้ำหนัก		
	อายุ 45 วัน			อายุ 145 วัน			อายุ 145 วัน		
fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
1	1.14	0.163	50	4.94	1.757	50	1.39	2.463	50
2	1.10	0.156	50	4.39	1.643	50	1.11	1.674	50
3	1.07	0.165	50	5.43	2.883	50	2.05	3.050	50
4	1.05	0.154	50	4.15	2.053	51	1.08	2.483	51
5	1.11	0.173	50	5.05	2.464	50	1.80	2.654	50
6	1.08	0.152	50	4.78	1.583	50	1.14	1.780	50
7	1.27	0.167	50	3.73	1.105	50	0.50	1.039	50
8	1.32	0.170	50	4.88	1.591	50	1.37	2.035	50
9	1.15	0.175	50	4.85	1.544	50	1.22	1.888	50
10	1.17	0.165	50	5.73	2.292	51	2.18	2.578	51
11	1.19	0.137	50	3.99	1.208	50	0.72	1.381	50
12	1.24	0.147	50	4.09	1.563	50	0.52	0.528	50
13	1.24	0.160	50	4.59	1.746	50	1.12	1.751	50
14	1.18	0.150	50	3.74	1.282	50	0.91	2.416	50
15	1.13	0.161	50	3.72	1.119	50	0.45	0.904	50
16	1.22	0.145	50	4.32	1.124	50	0.78	0.767	50
17	1.17	0.143	50	4.79	1.774	50	1.25	2.498	50
18	1.21	0.142	50	4.17	1.576	50	0.83	1.439	50
19	1.21	0.145	50	3.75	1.162	50	0.57	0.958	50
20	1.21	0.139	50	5.01	2.041	50	1.50	2.188	50
21	1.20	0.154	50	5.65	0.941	50	1.44	0.816	50
22	1.37	0.190	50	4.34	1.021	50	0.70	0.796	50
23	1.23	0.140	50	4.67	0.758	50	0.77	0.734	50
24	1.19	0.147	50	4.58	1.683	50	1.05	1.902	50
25	1.21	0.159	50	4.47	0.678	50	0.61	0.263	50
26	1.18	0.128	50	5.26	1.842	50	1.52	2.079	50
27	1.18	0.168	50	4.75	1.059	50	0.89	0.865	50
28	1.24	0.203	50	4.94	1.846	50	1.39	2.099	50
29	1.23	0.171	50	5.63	1.021	50	1.46	0.964	50
30	1.25	0.173	50	4.54	0.979	50	0.76	0.780	50

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของความยาวกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 ที่อายุ 40,80 และ 150 วัน ที่เลี้ยงในถัง (P) และในกระชัง (I) โดยแยกแต่ละครอบครัว

	อายุ 40 วัน			อายุ 80 วัน			อายุ 150 วัน (P)			อายุ 150 วัน (I)		
Fs	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)	mean	S.D.	(n)
1	1.13	0.173	50	3.61	0.648	30	5.17	0.962	30	6.61	1.081	17
2	1.09	0.150	50	4.06	0.891	30	5.39	0.859	30	6.44	0.840	22
3	1.07	0.163	50	4.17	0.709	30	5.34	0.873	30	6.72	0.981	20
4	1.05	0.157	50	4.15	0.521	30	5.01	0.697	30	6.6	0.915	23
5	1.12	0.168	50	4.07	0.701	30	5.03	0.604	30	6.55	0.812	23
6	1.74	0.160	50	4.09	0.658	30	5.32	1.01	30	7.14	0.895	21
7	1.09	0.154	50	4.17	0.679	30	5.12	0.942	30	6.63	0.868	24
8	1.26	0.164	50	3.89	0.705	30	5.10	0.567	30	6.53	0.987	22
9	1.18	0.170	50	4.06	0.646	30	5.55	0.722	30	6.38	0.801	20
10	1.31	0.169	50	3.90	0.701	30	5.72	0.914	30	6.21	0.704	23
11	1.16	0.168	50	4.00	0.609	30	4.67	0.672	30	6.73	0.950	24
12	1.17	0.164	50	4.04	0.654	30	4.85	0.778	30	6.57	0.850	21
13	1.19	0.139	50	4.06	0.57	30	4.80	0.507	30	6.5	0.863	19
14	1.22	0.157	50	3.94	0.629	30	5.11	0.608	30	6.88	0.988	25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 8 อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของความยาว (เซนติเมตรต่อวัน) ของกุ้งกุลาดำ ชุดที่ 3

	การเติบโตโดยเฉลี่ยที่ช่วงอายุ		
fs	40-80 วัน	80-150 วัน (เลี้ยงในถัง)	80-150 วัน (เลี้ยงในกระชัง)
1	0.062	0.022	0.043
2	0.074	0.019	0.034
3	0.078	0.017	0.036
4	0.078	0.012	0.035
5	0.074	0.014	0.035
6	0.059	0.018	0.044
7	0.077	0.014	0.035
8	0.066	0.017	0.038
9	0.072	0.021	0.033
10	0.065	0.026	0.033
11	0.071	0.010	0.039
12	0.072	0.012	0.036
13	0.072	0.011	0.035
14	0.068	0.017	0.042

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเติบโตของกุ้งกุลาดำ

การวิเคราะห์ข้อมูลในพี่น้องร่วมพ่อแม่เดียวกัน (full-sib analysis) จากการประเมินค่าความแปรปรวน (estimation of variance components) ของลักษณะที่ศึกษา โดยมีแผนการผสมแบบคู่ผสมเดี่ยว (single pair matings)

<u>กุ้งกุลาดำชุดที่ 1</u> จากแผนผังการเลี้ยงและการเก็บข้อมูลกุ้งกุลาดำ (ดังรูปที่ 12) สามารถเขียนแบบหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu+\alpha_{I}+\beta_{I(j)}+\varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ

Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลูกที่ k ซึ่งเกิดจากครอบครัวที่ j ที่ช่วงเวลาที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

α_{I} = อิทธิพลของช่วงที่ i

$\beta_{I(j)}$ = อิทธิพลของครอบครัวที่ j ในช่วงเวลาที่ i

ε_{ijk} = อิทธิพลสุ่มที่ค่าสังเกตทุกค่าได้รับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกุ้งชุดที่ 1 แสดงในตารางผนวกที่ 1

<u>ตารางผนวกที่ 9</u> การวิเคราะห์ความแปรปรวนและองค์ประกอบความแปรปรวนในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งชุดที่ 1

Sov	df	SS	MS	Comp.
เวลา	t – 1	SS_t	MS_t	$\sigma^2_w + k_2\sigma^2_{fs} + k_3\sigma^2_t$
ครอบครัว	fs – t	SS_{fs}	MS_{fs}	$\sigma^2_w + k_1\sigma^2_{fs}$
ความคลาดเคลื่อน	n – fs	SS_w	MS_w	σ^2_w

เมื่อ

t = จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด

fs = จำนวนครอบครัวทั้งหมด

n = จำนวนลูกทั้งหมด

MS_t = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของเวลา

MS_{fs} = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยครอบครัว

MS_w = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยลูก

σ^2_w = ความแปรปรวนเนื่องจากลูก

σ^2_{fs} = ความแปรปรวนเนื่องจากครอบครัว

σ^2_t = ความแปรปรวนเนื่องจากเวลา

k_1 = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของครอบครัว

k_2 = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของเวลา

k_3 = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของลูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางผนวกที่ 9 สามารถหาองค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนคำนวณได้ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Sokal and Rohlf, 1969)

$$\sum_{t}\sum_{fs} n_{ij} = a$$

$$\sum_{t}\sum_{fs} n_{ij}^{2} = b$$

$$\sum_{t}\left[\sum_{fs} n_{ij}\right]^{2} = c$$

$$\sum_{t}\left[\sum_{fs} n_{ij}^{2} \Big/ \sum_{fs} n_{ij}\right] = d$$

ดังนั้น

$k_1 = (a - d)/(fs - t)$

$k_2 = [d - (b/a)]/(t-1)$

$k_3 = (a - d)/(t - 1)$

องค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ คำนวณจากตาราง ANOVA ได้ดังนี้

$\sigma^2_w = MS_w$

$\sigma^2_{fs} = (MS_{fs} - \sigma^2_w)/ k_1$

$\sigma^2_t = (MS_{fs} - \sigma^2_w - k_2\sigma^2_{fs})/ k_3$

$\sigma^2_T = \sigma^2_w + \sigma^2_{fs} + \sigma^2_t$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>กุ้งกุลาดำชุดที่ 2</u> จากแผนผังการเลี้ยงและการเก็บข้อมูลกุ้งกุลาดำ (ดังรูปที่ 14) สามารถเขียนแบบหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าสังเกตของลูกที่ j ซึ่งเกิดจากครอบครัวที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

α_i = อิทธิพลของครอบครัวที่ i

ε_{ij} = อิทธิพลสุ่มที่ค่าสังเกตทุกค่าได้รับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกุ้งชุดที่ 2 แสดงในตารางผนวกที่ 10

<u>ตารางผนวกที่ 10</u> การวิเคราะห์ความแปรปรวนและองค์ประกอบความแปรปรวนในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2

Sov	df	SS	MS	Comp.
ครอบครัว	fs – t	SS_{fs}	MS_{fs}	$\sigma^2_w + k\sigma^2_{fs}$
ความคลาดเคลื่อน	n – fs	SS_w	MS_w	σ^2_w

เมื่อ

fs = จำนวนครอบครัวทั้งหมด

n = จำนวนลูกทั้งหมด

MS_{fs} = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยครอบครัว

MS_w = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยลูก

σ^2_w = ความแปรปรวนเนื่องจากลูก

σ^2_{fs} = ความแปรปรวนเนื่องจากครอบครัว

k = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของครอบครัว

จากตารางผนวกที่ 8 สามารถหาองค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความแปร

ปรวนคำนวณได้ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Sokal and Rohlf, 1969)

$$\sum^{fs} n_{ij} = a$$

$$\sum^{fs} n_{ij}^{2} \Big/ \sum^{fs} n_{ij} = b$$

ดังนั้น

$$k = (a - b) / (fs - 1)$$

องค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ คำนวณจากตาราง ANOVA ได้ดังนี้

$$\sigma^2_w = MS_w$$

$$\sigma^2_{fs} = (MS_{fs} - \sigma^2_w)/ k$$

$$\sigma^2_T = \sigma^2_w + \sigma^2_{fs}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>กุ้งกุลาดำชุดที่ 3</u> จากแผนผังการเลี้ยงและการเก็บข้อมูลกุ้ง (ดังรูป 16) สามารถเขียนแบบหุ่นจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ

Y_{ij} = ค่าสังเกตของลูกที่ j ซึ่งเกิดจากครอบครัวที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

α_i = อิทธิพลของครอบครัวที่ i

ε_{ij} = อิทธิพลสุ่มที่ค่าสังเกตทุกค่าได้รับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกุ้งชุดที่ 3 แสดงในตารางผนวกที่ 9

<u>ตารางผนวกที่ 11</u> การวิเคราะห์ความแปรปรวนและองค์ประกอบความแปรปรวนในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของกุ้งชุดที่ 3

Sov	df	SS	MS	Comp.
ครอบครัว	fs – t	SS_{fs}	MS_{fs}	$\sigma^2_w + k\sigma^2_{fs}$
ความคลาดเคลื่อน	n – fs	SS_w	MS_w	σ^2_w

เมื่อ

fs = จำนวนครอบครัวทั้งหมด

n = จำนวนลูกทั้งหมด

MS_{fs} = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยครอบครัว

MS_w = ค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยลูก

σ^2_w = ความแปรปรวนเนื่องจากลูก

σ^2_{fs} = ความแปรปรวนเนื่องจากครอบครัว

k = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของครอบครัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางผนวกที่ 11 สามารถหาองค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนคำนวนได้ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Sokal and Rohlf, 1969)

$$\sum^{fs} n_{ij} = a$$

$$\sum^{fs} n_{ij}^{2} \Big/ \sum^{fs} n_{ij} = b$$

ดังนั้น

$$k = (a - b) / (fs - 1)$$

องค์ประกอบความแปรปรวนต่าง ๆ คำนวณจากตาราง ANOVA ได้ดังนี้

$$\sigma^2_w = MS_w$$

$$\sigma^2_{fs} = (MS_{fs} - \sigma^2_w)/ k$$

$$\sigma^2_T = \sigma^2_w + \sigma^2_{fs}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง องค์ประกอบความแปรปรวนของการเติบโตของกุ้งกุลาดำ

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน,องค์ประกอบความแปรปรวนและค่าสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1 ที่อายุต่าง ๆ

Source of Variation	Df	Mean square	F-Ratio		Variance component	% Variance com.
30 days: (body length)						
Rearing time	2	66.613	43.115	**	σ_t^2 =0.094	4.13
Between full-sibs (Time)	37	33.328	21.572	**	σ_{FS}^2 =0.636	27.96
Within progenies	1960	1.545			σ_W^2 =1.545	67.91
60 days: (body length)						
Rearing time	2	13.007	42.927	**	σ_t^2 =0.014	3.58
Between full-sibs (Time)	37	3.998	13.195	**	σ_{FS}^2 =0.074	18.93
Within progenies	1960	0.303			σ_W^2 =0.303	77.49
60 days: (body weight)						
Rearing time	2	0.257	28.556	**	σ_t^2 =0	0.00
Between full-sibs (Time)	37	0.128	14.222	**	σ_{FS}^2 =0.002	18.18
Within progenies	1960	0.009			σ_W^2 =0.009	81.82
90 days: (body length)						
Rearing time	2	18.061	25.728	**	σ_t^2 =0.019	2.30
Between full-sibs (Time)	37	5.903	8.409	**	σ_{FS}^2 =0.104	12.61
Within progenies	1960	0.702			σ_W^2 =0.702	85.09
90 days: (body weight)						
Rearing time	2	6.975	37.299	**	σ_t^2 =0.008	3.46
Between full-sibs (Time)	37	1.963	10.497	**	σ_{FS}^2 =0.036	15.58
Within progenies	1960	0.187			σ_W^2 =0.187	80.95

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ) การวิเคราะห์ความแปรปรวน,องค์ประกอบความแปรปรวนและค่าสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนของกุ้งกุลาดำชุดที่ 1ที่อายุต่าง ๆ

Source of Variation	Df	Mean square	F-Ratio		Variance component	% Variance com.
120 days: (body length)						
Rearing time	2	42.426	36.701	**	σ_t^2 =0.051	3.74
Between full-sibs (Time)	37	9.025	7.807	**	σ_{FS}^2 =0.157	11.51
Within progenies	1960	1.156			σ_W^2 =1.156	84.75
120 days: (body weight)						
Rearing time	2	64.68	44.332	**	σ_t^2 =0.08	4.55
Between full-sibs (Time)	37	12.43	8.520	**	σ_{FS}^2 =0.219	12.46
Within progenies	1960	1.459			σ_W^2 =1.459	82.99
150 days: (body length)						
Rearing time	2	27.674	15.941	**	σ_t^2 =0.024	1.20
Between full-sibs (Time)	37	12.942	7.455	**	σ_{FS}^2 =0.244	12.18
Within progenies	1805	1.736			σ_W^2 =1.736	86.63
150 days: (body weight)						
Rearing time	2	73.483	11.197	**	σ_t^2 =0.041	0.55
Between full-sibs (Time)	37	47.607	7.254	**	σ_{FS}^2 =0.892	11.90
Within progenies	1805	6.563			σ_W^2 =6.563	87.55
200 days: (body length)						
Rearing time	2	22.018	11.771	**	σ_t^2 =0.020	80.92
Between full-sibs (Time)	37	12.937	6.916	**	σ_{FS}^2 =0.421	18.20
Within progenies	1805	1.871			σ_W^2 =1.871	0.88
200 days: (body weight)						
Rearing time	2	105.056	8.865	**	σ_t^2 =0.044	82.40
Between full-sibs (Time)	37	77.297	6.522	**	σ_{FS}^2 =2.487	17.30
Within progenies	1805	11.851			σ_W^2 =11.851	0.30

**singnificant at p-value< 0.01

ที่อายุ 30 60 90 และ120 วัน ค่า k_1 = 50,k_2 = 50 ,k_3 = 656.25

ที่อายุ 150 วัน ค่า k_1 = 46,k_2 = 47.66 ,k_3 = 600.38

ที่อายุ 200 วัน ค่า k_1 = 26.313,k_2 = 31.544 ,k_3 = 337.83

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน,องค์ประกอบความแปรปรวนและค่าสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนของกุ้งกุลาดำชุดที่ 2 ที่อายุต่าง ๆ

Source	df	Mean square	F-Ratio	Variance component	% Var com.
45 days: (body length)					
Between full-sibs	29	0.244	9.657 **	σ^2_{FS} =0.004	14.86
Within progenies	1470	0.025		σ^2_W =0.025	85.14
145 days: (body length)					
Between full-sibs	29	16.622	6.531 **	σ^2_{FS} =0.281	9.94
Within progenies	1472	2.545		σ^2_W =2.545	90.06
145 days: (body weight)					
Between full-sibs	29	10.161	3.272 **	σ^2_{FS} =0.141	4.34
Within progenies	1472	3.105		σ^2_W =3.105	95.66

** significant at p-value<0.01

ที่อายุ 45 วัน ค่า k = 50

ที่อายุ 145 วัน ค่า k = 50.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน,องค์ประกอบความแปรปรวนและค่าสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนของกุ้งกุลาดำชุดที่ 3 ที่อายุต่าง ๆ

Source	df	Mean square	F-Ratio	Variance component	% Var com.
40 days: (body length)					
Between full-sibs	13	0.274	10.537 **	σ^2_{FS} =2.600	16.02
Within progenies	686	0.026		σ^2_W =0.496	83.98
80 days: (body length)					
Between full-sibs	13	0.651	1.448 **	σ^2_{FS} =0.007	1.47
Within progenies	406	0.450		σ^2_W =0.450	98.53
150 days: (body length) เลี้ยงในถัง					
Between full-sibs	13	3.185	5.218 **	σ^2_{FS} =0.085	12.34
Within progenies	406	0.610		σ^2_W =0.610	87.66
150 days: (body length) เลี้ยงในกระชัง					
Between full-sibs	13	1.138	1.410	σ^2_{FS} =0.034	24.31
Within progenies	290	0.807		σ^2_W =0.107	75.69

** significant at p-value<0.01

ที่อายุ 40 วัน ค่า k = 50

ที่อายุ 80 วัน ค่า k = 30

ที่อายุ 150 วัน (เลี้ยงในถัง) ค่า k = 30

ที่อายุ 150 วัน (เลี้ยงในกระชัง) ค่า k = 21.70

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ การคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐาน

ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐาน (Becker, 1992) คำนวณได้ดังนี้

ค่าอัตราพันธุกรรม (h^2) = $2\sigma^2_{fs}/\sigma^2_T$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐาน(S.E.) $= \sqrt{\frac{2(n-1)(1-t)^2[1+(k-1)t]^2}{k^2(n-fs)(fs-1)}}$

เมื่อ

K = สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของครอบครัวเนื่องจากปัจจัยของครอบครัว ค่า K_1 ใช้กับกุ้งชุดที่ 1

fs = จำนวนครอบครัว,

n = จำนสนตัวอย่างทั้งหมด

t = σ^2_{fs}/σ^2_T

ภาคผนวก ฉ การประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_G) ทางสภาพแวดล้อม (r_E) และทางลักษณะปรากฏ (r_P)

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ทางสภาพแวดล้อม และทางลักษณะปรากฏ (Becker, 1992)

แหล่ง	d.f.	MCP	EMCP
ระหว่างคู่ผสม	S-1	MCP_S	$cov_W + k\ cov_S$
ระหว่างลูกภายในคู่ผสม	n..-S	MCP_W	cov_W

สำหรับค่า k เป็นค่าสัมประสิทธ์ความแปรปรวนการคำนวณเช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

ซึ่งค่าผลรวมกำลังสองของลักษณะ X และ Y สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$SPC_S = \sum_i \frac{X_{i.}Y_{i.}}{n_i} - \frac{(X..Y..)}{n.}$$

$$SPC_W = \sum_i \sum_k X_{ik}Y_{ik} - \sum_i \frac{X_{i.}Y_{i.}}{n_{i.}}$$

$MCP_S = SCP_S/(S-1)$

$MCP_W = SCP_W/(n.-S)$

$cov_W = MCP_W$

$cov_S = (MCP_S - MCP_W)/k$

การประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

$$r_G = \frac{2\,\mathrm{cov}_S}{\sqrt{2\sigma^2_{S(X)}\ 2\sigma^2_{S(Y)}}}$$

การประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางสิ่งแวดล้อม

$$r_E = \frac{\mathrm{cov}_W - \mathrm{cov}_S}{\sqrt{(\sigma^2_{W(X)} - \sigma^2_{S(X)})(\sigma^2_{W(Y)} - \sigma^2_{S(Y)})}}$$

การประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ

$$r_P = \frac{\mathrm{cov}_W + \mathrm{cov}_S}{\sqrt{(\sigma^2_{W(X)} + \sigma^2_{S(X)})(\sigma^2_{W(Y)} + \sigma^2_{S(Y)})}}$$

ประวัติผู้เขียน

นายกำธร เลิศสำรวยพันธุ์ เกิดวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย