เอกสารวิชาการฉบับที่ ๘ / ๒๕๕๐

Technical Paper No. 8 / 2007

การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยโดยการคัดเลือกหมู่

Genetic Improvement of Thai Red Tilapia by Mass Selection

กฤษณุพันธ์ โกเมนไปรรินทร์ Kridsanupan Komanpririn

สง่า ลีสง่า Sanga Leesanga

สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute

กรมประมง Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ Ministry of Agriculture and Cooperatives

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๘ / ๒๕๕๐

Technical Paper No. 8 / 2007

การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยโดยการคัดเลือกหมู่

Genetic Improvement of Thai Red Tilapia by Mass Selection

กฤษณุพันธ์ โกเมนไปรรินทร์ Kridsanupan Komanpririn

สง่า ลีสง่า Sanga Leesanga

ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร Chumphon Fisheries Test and Research Center

สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute

กรมประมง Department of Fisheries

๒๕๕๐ 2007

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 47-0604-47144

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ	4
2. สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง	5
3. วิธีการเพาะเลี้ยงและการคัดเลือกแต่ละรุ่น	5
4. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ	7
5. การวิเคราะห์ข้อมูล	7
ผลการศึกษา	10
1. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกและสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก	10
2. อัตรารอดตาย	11
3. การประเมินค่าทางพันธุกรรม	11
4. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลอง	16
วิจารณ์ผล	17
สรุปและข้อเสนอแนะ	18
คำขอบคุณ	19
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	22

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

สารบาญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±sd.) ของความยาว (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กรัม) และอัตรารอดตาย (%) ของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยที่อายุ 210 วัน ของประชากรรุ่นพ่อแม่ ($\overline{X}_0$) ประชากรลูกรุ่นที่ 1 และ 2 สายที่ผ่านคัดเลือก ($\overline{X}_1$, $\overline{X}_2$) และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ($\overline{C}_1$, $\overline{C}_2$) ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร 13

2 ความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด (S_t) และการตอบสนองของการคัดเลือกทั้งหมด (R_t) และอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2) ของความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กรัม) ปลานิลสีแดงที่อายุ 210 วัน หลังจากผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น 14

ตารางผนวกที่

1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร 22

2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร 23

3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร 24

4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร 25

5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตรารอดตายปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 และ2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร 26

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักของปลานิลสีแดงที่อายุ 210 วันตลอดระยะเวลาการทดลองจำนวน 3 รุ่น	15

ภาพผนวกที่

1	แผนภูมิการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ของปลานิลสีแดงจำนวน 2 รุ่น ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่าง ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549	27

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยโดยการคัดเลือกหมู่

กฤษณุพันธ์ โกเมนไปรรินทร์* และ สง่า ลีสง่า

ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ต. ทุ่งคา อ. เมือง จ. ชุมพร ๘๖๑๐๐

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ได้ดำเนินการระหว่างเดือน ตุลาคม 2546 ถึงเดือน กันยายน 2549 ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ด้วยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) โดยนำปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ มาเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่แล้วแบ่งประชากรเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่คัดเลือกปลานิลสีแดงขนาดโตที่สุดของประชากรทั้งหมดเป็นพ่อแม่พันธุ์ เรียกว่า “สายที่ผ่านการคัดเลือก” และกลุ่มที่สุ่มทุกขนาดของประชากรทั้งหมดมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ เรียกว่า “สายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก” ผลจากการศึกษาพบว่า ปลานิลสีแดงเพศผู้ที่อายุ 210 วันใน “สายที่ผ่านการคัดเลือก” มีความยาวและน้ำหนักมากกว่าปลานิลสีแดงเพศผู้ที่อายุเท่ากันใน “สายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก” คิดเฉลี่ยเป็น 13.61 % และ 38.76% ตามลำดับ ส่วนปลานิลสีแดงเพศเมียคิดเฉลี่ยเป็น 11.73 % และ 32.81 % ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.01$ และในรุ่นที่ 2 ปลานิลสีแดงเพศผู้ที่อายุ 210 วันใน “สายที่ผ่านการคัดเลือก” มีความยาวและน้ำหนักมากกว่าปลานิลสีแดงเพศผู้ที่อายุเท่ากันใน “สายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก” คิดเฉลี่ยเป็น 1.59 % และ 7.90 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$ ส่วนการประเมินค่าทางพันธุกรรมเมื่อผ่านการคัดเลือก 2 รุ่น พบว่าการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์โดยประเมินจากสัดส่วนของค่าตอบสนองของการคัดเลือกทั้งหมดกับความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมดของความยาวและน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 และ 0.07 ตามลำดับ ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงให้มีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น

คำสำคัญ : ปลานิลสีแดง การคัดเลือกแบบหมู่ การปรับปรุงพันธุ์

***** ผู้รับผิดชอบ: ๑๒/๓๕ หมู่ ๘ ต.ทุ่งคา อ.เมือง จ.ชุมพร ๘๖๑๐๐. e-mail : kidsanupan@hotmail.com

กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง

Genetic Improvment of Thai Red Tilapia by Mass Selection

Kridsanupan Komanpririn * and Sanga Leesanga

Chumphon Fisheries Test and Research Center, Amphur Muang, Chumphon 86100, Thailand

Abstract

Mass selection to improve growth rate of Thai Red Tilapia has been carried out at Chumphon Fisheries Test and Research Center during October 2003 to September 2006. Mass selection procedure was applied on growth rate of Thai Red Tilapia. The experiment consisted of two lines including a high growth selected line and a control line. Males in the first generation of the selected line at age of 210 days were significant (P<0.01) 13.61 % and 38.76 %. larger by length and weight than those of the control line, respectively. While, females of the selected line were 11.73 % and 32.81 % larger by length and weight than those of the control line, respectively. Males in the secound generation of the selected line at age of 210 days were significant (P<0.05) 1.59 % and 7.90 %, respectively. Realized heritabilities were estimated at the second generation. The average heritabilities in length and weight at age of 210 days were 0.06 and 0.07, respectively. The results of this experiment illustrate that the mass selection is the efficient procedure to improve growth of the Thai Red Tilapia.

Key words: Thai red tilapia, mass selection, genetic improvement

*Corresponding author: 12/35 Moo 8 T.Thungkha, A.Muang, Chumphon 86100

e-mail : kidsanupan@hotmail.com

กองวิจัยและฝึกอบรมประมงน้ำจืดชุมพร

คำนำ

ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยได้มีการรายงานการพบครั้งแรกในบ่อดินของสถานีประมงน้ำจืด จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ.2511 และได้มีการนำปลานิลที่มีสีแดงดังกล่าวมาดำเนินการเพาะและขยายพันธุ์โดยนักวิชาการประมง ณ สถานีดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง จนถึงปี พ.ศ. 2525 มีการกระจายพันธุ์ปลานิลสีแดงไปยังสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ เมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ.2527 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารีได้ทรงปล่อยปลานิลสีแดงเพื่อการเพาะขยายพันธุ์ในสวนจิตรลดา และได้ทรงพระราชทานชื่อปลาชนิดนี้ว่า “ปลานิลสีแดง” ซึ่งต่อมาได้เป็นที่รู้จักแพร่หลายทั่วโลกในนามว่า “ปลานิลแดง” และในปีเดียวกันกรมประมงได้ส่งปลานิลสีแดงไปตรวจสอบพันธุ์ ณ มหาวิทยาลัยสเตอร์ริง ประเทศสหราชอาณาจักร และมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ประเทศฟิลิปปินส์ ด้วยการวิเคราะห์อัลโลไซม์ที่ควบคุมยีนบางชนิดพบความถี่ของยีนดังกล่าวเป็นของปลานิล 78 % และของปลาหมอเทศ 22 % (มานพ และคณะ, 2530)

ลักษณะลำตัวของปลานิลสีแดงดังกล่าวคล้ายคลึงกับปลานิลมาก แต่ต่างกันเพียงสีของลำตัว กล่าวคือสีบริเวณลำตัวของปลานิลสีแดงมี สีส้ม ส้มแดง แดง ส้มเหลือง หรือชมพู บางตัวอาจมีเม็ดสีสีดำ (melanin pigment) ขนาดเล็กกระจายทั่วไปบนบริเวณลำตัวที่ปลายครีบหลัง ครีบก้น และครีบหาง มีจุดสีส้มแดงเล็กๆ เรียงกันเป็นแถวทำให้เห็นเป็นแถบสีส้มแดง ซึ่งต่างจากปลานิลที่ลำตัวมีสีเขียว เขียวปนน้ำตาล หรือเทาปนน้ำเงิน จำนวนก้านครีบและสัดส่วนบนลำตัวของปลานิลสีแดงกับปลานิลแตกต่างกันน้อยมาก ลักษณะต่างกันที่เห็นได้ชัด คือ ลักษณะสีของผนังช่องท้อง (peritoneum) ในปลานิลสีแดงผนังช่องท้องมีสีขาวเนื่องจากไม่มีเม็ดสีสีดำ ส่วนในปลานิลผนังช่องท้องมีสีดำเนื่องจากมีเม็ดสีดังกล่าว และในช่องท้องของปลานิลสีแดงมีปริมาณไขมัน 1.39 % (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2526)

ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลสีแดงในกระชังเป็นอาชีพที่กำลังได้รับความนิยมในหมู่เกษตรกร ซึ่งสามารถพบเห็นได้ในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลสีแดงเป็นปลาที่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ส่งผลให้หน่วยงานราชการ ตลอดจนภาคเอกชนต่างๆ ได้ให้ความสนใจในการส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลาชนิดนี้แก่เกษตรกรมากขึ้น กรมประมงได้ตระหนักถึงความสำคัญของอาชีพดังกล่าว จึงได้พยายามศึกษาและพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้เรื่อยมา ทั้งในด้านการเพาะพันธุ์ การบริหารจัดการฟาร์ม การใช้อาหารที่มีคุณภาพ การจัดการคุณภาพน้ำ รวมถึงการปรับปรุงพันธุ์ปลาชนิดดังกล่าวให้มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ดี เพื่อให้เกษตรกรได้รับผลผลิตและผลตอบแทนสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะทางพันธุกรรมในด้านการเจริญเติบโตจัดเป็นลักษณะที่ต้องมีการปรับปรุงพันธุ์โดยเร่งด่วน ทั้งนี้เพื่อเกษตรกรจะได้รับพันธุ์ปลาที่โตเร็ว และให้ผลผลิตสูงไปเลี้ยง อย่างไรก็ตามปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยเคยได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยดูจากลักษณะการเจริญเติบโตก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์ และเมื่อ

ดำเนินการคัดเลือกไปได้ 2 รุ่น พบว่าค่าเฉลี่ยด้านการเจริญเติบโตของประชากรหลังจากคัดเลือกดีกว่าประชากรรุ่นแรก (พรรณศรี, 2528)

การปรับปรุงพันธุ์ปลาให้มีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แบบหมู่ (mass selection) เป็นวิธีการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะของสัตว์ทุกตัวในประชากร ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้นักเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้นำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ปลาเพื่อจะยกระดับค่าเฉลี่ยของประชากรในรุ่นต่อไปให้ดีขึ้น (Falconer, 1989) ทั้งนี้เคยนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ปลาน้ำจืดในประเทศไทยหลายชนิด ได้แก่ ปลานิล (บุญช่วย และคณะ, 2546) ปลานิลสีแดง (พรรณศรี, 2528 ; พรรณศรี และปรัชชัย, 2529 ; 2531) และปลาดุกอุย (กฤษณุพันธ์ และคณะ, 2547) เป็นต้น การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายคือ ต้องการนำวิธีการคัดเลือกแบบหมู่มาใช้เพื่อปรับปรุงลักษณะด้านการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร เพื่อให้ได้พันธุ์ปลานิลสีแดงที่มีการเจริญเติบโตดีขึ้น สำหรับนำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ของกรมประมง และส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยในประชากรที่ผ่านการคัดเลือกและไม่ได้ผ่านการคัดเลือกในแต่ละรุ่น
2. ประเมินค่าทางพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยที่ผ่านการคัดเลือกหมู่ 2 รุ่น

วิธีดำเนินการ

1. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร หมู่ที่ 8 ตำบลทุ่งคา อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร ระหว่าง 1 ตุลาคม 2546 ถึง 30 กันยายน 2549 ซึ่งมีระยะเวลาทดลองแบ่งตามรุ่นประชากรดังนี้

ประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) ดำเนินการระหว่าง มิถุนายน 2547 – ธันวาคม 2547
ประชากรรุ่นลูกที่ 1 (F_1) ดำเนินการระหว่าง มีนาคม 2548 – สิงหาคม 2548
ประชากรรุ่นลูกที่ 2 (F_2) ดำเนินการระหว่าง กันยายน 2548 – มีนาคม 2549

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

2. สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง

ปลานิลสีแดงในการทดลองครั้งนี้เป็นปลา ซึ่งสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำได้เก็บรวบรวมจากสถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 และจากนั้นได้กระจายพันธุ์ไปยังหน่วยวิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำจืดสุราษฎร์ธานี จำนวน 300 คู่ เมื่อปี พ.ศ. 2545 แล้วนำไปเลี้ยงต่อที่ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ในปี พ.ศ. 2546

3. วิธีการเพาะเลี้ยงและการคัดเลือกแต่ละรุ่น

การวางแผนวิจัยการคัดเลือกพันธุ์ปลานิลสีแดง ใช้วิธีการคัดเลือกแบบหมู่ ตามวิธีของ Falconer (1989) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานตามภาพผนวกที่ 1 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ประชากรรุ่นพ่อแม่

3.1.1 ผสมพันธุ์พ่อแม่พันธุ์ปลานิลสีแดงเพศผู้จำนวน 100 ตัว และเพศเมียจำนวน 300 ตัว ในกระชังมุ้งเขียวขนาดช่องตา 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ขนาด 1X2X1.4 เมตร จำนวน 100 กระชัง ในระดับน้ำลึก 0.8 – 1.0 เมตร ใช้สัดส่วนการผสมพ่อพันธุ์ 1 ตัวและแม่พันธุ์ 3 ตัวต่อกระชัง ซึ่งเรียกว่ากลุ่มผสม เป็นจำนวนกลุ่มผสมทั้งหมด 100 กลุ่ม

3.1.2 เก็บรวบรวมลูกปลาจากแต่ละกลุ่มผสม แยกเป็น 3 ช่วง แต่ละช่วงห่างกัน 10 วัน ภายในระยะเวลา 30 วัน

3.1.3 อนุบาลลูกปลาในกระชังมุ้งเขียวขนาดช่องตา 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ขนาด 1X1X1.4 เมตร ซึ่งแขวนในบ่อดิน 1 กลุ่มผสมต่อกระชังเป็นจำนวนรวม 100 กระชัง

3.1.4 ให้อาหารผงสำหรับเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เบอร์ 0 ซึ่งมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 40 % เนื่องจากขนาดของอาหารมีความเหมาะสมกับขนาดปากของลูกปลานิล และอาหารดังกล่าวยังสามารถลอยน้ำได้เป็นเวลานานเหมาะกับพฤติกรรมการกินอาหารของปลานิล โดยให้อาหารปริมาณวันละ 4 ครั้ง ใช้วิธีโรยให้ทั่วกระชังในเวลา 08.30, 11.00, 14.00 และ 16.00 น. อนุบาลลูกปลาในแต่ละกลุ่มผสมเป็นเวลา 30 วัน หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาแต่ละกลุ่มผสมและแต่ละช่วง จำนวน 60-65 ตัว เพื่อนำไปเลี้ยงต่อในกระชังมุ้งเขียวขนาดช่องตา 16 ช่องต่อตารางนิ้ว ขนาด 2X4X1.4 เมตร ในอัตรา 2,000 ตัว/กระชัง/ช่วง เป็นจำนวนทั้งสิ้น 3 กระชัง (กำหนดให้เป็นซ้ำของการทดลอง : replication) สุ่มชั่งน้ำหนัก (body weight) และวัดความยาว (total length) จำนวน 100 ตัว/กระชัง เลี้ยงลูกปลาอายุ 30 ถึง 60 วัน ด้วยอาหารสำเร็จรูป โปรตีนไม่น้อยกว่า 40 % ปริมาณการให้อาหาร คิดเป็น 5 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.30, 13.00 และ 16.00 น.

3.1.5 ย้ายลูกปลาในแต่ละกระชัง นำไปเลี้ยงต่อในกระชังอวนตาถี่ขนาดช่องตา 1 เซนติเมตร ขนาด 2X4X1.4 เมตร และสุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวจำนวน 100 ตัว/กระชัง เลี้ยงลูกปลาอายุ 61 ถึง 90 วัน ด้วยอาหารสำเร็จรูป โปรตีนไม่น้อยกว่า 30 % ปริมาณการให้อาหาร คิดเป็น 5 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.30, 13.00 และ 16.00 น.

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

3.1.6 สุ่มลูกปลาแต่ละกระชังจำนวน 1,000 ตัว เพื่อนำไปเลี้ยงต่อในกระชังอวนไนล่อน ขนาดช่องตา 3 เซนติเมตร ขนาด 5X5X1.5 เมตร สุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวจำนวน 100 ตัว/กระชัง เลี้ยงปลาด้วยอาหารสำเร็จรูปดังต่อไปนี้

- ปลาอายุ 91 ถึง 120 วันให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดเล็ก โปรตีนไม่น้อยกว่า 30 % ปริมาณการให้อาหาร คิดเป็น 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.30, 13.00 และ 16.00 น.

- ปลาอายุ 121 ถึง 150 วันให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดกลาง โปรตีนไม่น้อยกว่า 30 % ปริมาณการให้อาหารคิดเป็น 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.30, 13.00 และ 16.00 น.

- ปลาอายุ 151 ถึง 210 วันให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดใหญ่ โปรตีนไม่น้อยกว่า 25% ปริมาณการให้อาหาร คิดเป็น 5 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เวลา 08.30, 13.00 และ16.00 น.

3.1.7 สุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวจำนวน 100 ตัว/กระชัง/เดือน ใช้ระยะเวลาเลี้ยง จนปลาอายุ 210 วันจึงจับปลาทั้งหมดในแต่ละกระชัง ทำการแยกเพศ สุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวจำนวน 100 ตัว/เพศ/กระชัง

3.1.8 ดำเนินวิธีการคัดเลือกแบบ mass selection ทำให้เกิดการแบ่งปลาเป็น 2 กลุ่มประชากร เพื่อผลิตประชากรรุ่นต่อไปคือ

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มประชากรที่ไม่ผ่านการคัดเลือก ดำเนินการโดยสุ่มปลาจากประชากรรุ่นพ่อแม่ จำนวน 50 กลุ่มผสม เพื่อนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ของประชากรสายควบคุมหรือ Control line

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มประชากรที่ผ่านการคัดเลือก ดำเนินการ โดยคัดเลือกปลาจากประชากรรุ่นพ่อแม่ที่มีขนาดโตที่สุดในแต่ละเพศ จำนวน 50 กลุ่มผสม เพื่อนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ของประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นต่อไปหรือ Selected line

3.2 ประชากรรุ่นลูกที่ 1

3.2.1 นำพ่อแม่พันธุ์ทั้ง 2 กลุ่มประชากร จากข้อ 3.1.8 มาผสมพันธุ์ในกระชังมุ้งเขียวขนาดช่องตา 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ขนาด 1X2X1.4 เมตร จำนวนกลุ่มผสมละ 1 กระชัง จำนวนทั้งสิ้น 50 กลุ่มผสมต่อสาย โดยใช้วิธีการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลาเช่นเดียวกับในประชากรรุ่นพ่อแม่ ใช้กระชังอนุบาลลูกปลาอายุ 30-90 วันของแต่ละสาย จำนวน 3 กระชัง (กำหนดให้เป็นซ้ำของการทดลอง : replication)

3.2.2 คัดลูกปลาขนาดเท่าๆ กันในแต่ละกระชัง เพื่อเลี้ยงเปรียบเทียบระหว่างประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกและสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ดำเนินการทดลองในกระชังอวนไนล่อนขนาดช่องตา 3 เซนติเมตร ขนาด 5X5X1.5 เมตร จำนวน 6 กระชัง วิธีการเลี้ยงและการสุ่มชั่งน้ำหนัก วัดความยาวใช้วิธีดำเนินการเช่นเดียวกับในประชากรรุ่นพ่อแม่

กองวิจัยและพัฒนาการเกษตร กรมประมง

3.3 ประชากรรุ่นลูกที่ 2

ดำเนินการคัดเลือกปลาจากประชากรรุ่นลูกที่ 1 สายที่ผ่านการคัดเลือกที่มีขนาดโตที่สุดในแต่ละเพศ จำนวน 50 กลุ่มผสม และสุ่มพ่อแม่พันธุ์จากประชากรสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นที่ 1 จำนวน 50 กลุ่มผสม

3.3.1 นำพ่อแม่พันธุ์ทั้ง 2 กลุ่มประชากร มาผสมพันธุ์ในกระชังมุ้งเขียวขนาดช่องตา 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ขนาด 1X2X1.4 เมตร จำนวนกลุ่มผสมละ 1 กระชัง จำนวนทั้งสิ้น 50 กลุ่มผสมต่อสาย โดยใช้วิธีการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลาเช่นเดียวกับในประชากรรุ่นพ่อแม่ ใช้กระชังอนุบาลลูกปลาอายุ 30- 90 วันของแต่ละสาย จำนวน 3 กระชัง (กำหนดให้เป็นซ้ำของการทดลอง : replication)

3.3.2 คัดลูกปลาขนาดเท่าๆ กันในแต่ละกระชัง เพื่อเลี้ยงเปรียบเทียบระหว่างประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกและสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ดำเนินการทดลองในกระชังอวนไนล่อนขนาดช่องตา 3 เซนติเมตร ขนาด 5X5X1.5 เมตร จำนวน 6 กระชัง วิธีการเลี้ยงและการสุ่มชั่งน้ำหนัก วัดความยาวใช้วิธีดำเนินการเช่นเดียวกับในประชากรรุ่นลูกที่ 1

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำช่วงเวลาประมาณ 07.00 – 07.30 น. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในกระชังทดลองทุกเดือน ก่อนทำการชั่ง-วัดปลา ซึ่งมีดัชนีที่วิเคราะห์ดังนี้คือ

- ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ WTW รุ่น 320
- ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved oxygen, DO ; มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยวิธี Titration ตามวิธีที่รายงานไว้โดย ไมตรีและจารุวรรณ (2528)
- ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity ; มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยวิธี Titration ตามวิธีที่รายงานไว้โดย ไมตรีและจารุวรรณ (2528)
- ความกระด้างของน้ำ (Herdness ; มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยวิธี Titration ตามวิธีที่รายงานไว้โดย ไมตรีและจารุวรรณ (2528)
- อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การเปรียบเทียบระหว่างประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกและสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของความยาวหรือน้ำหนัก และอัตรารอดตายของปลานิลสีแดงระหว่างสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ที่อายุเท่ากันแยกวิเคราะห์เป็นประชากรรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.,* 1992)โมเดลทาง

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

สถิติแบบ one-way nested analysis of variance ตามวิธีการ Sokal and Rohlf (1981); Wilkinson *et al.* (1992) ซึ่งแยกวิเคราะห์เป็นแต่ละเพศและแต่ละชุดการทดลอง ดังนี้คือ

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

เมื่อ Y_{ijk} คือค่าสังเกตของลักษณะความยาวหรือน้ำหนักของปลานิลสีแดงตัวที่ k จากสายที่ i ซ้ำที่ j

μ คือค่าเฉลี่ยทั้งหมด

α_i คืออิทธิพลจากสายที่ i (i = 2 คือสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก) เป็น fixed effect

B_{ij} คืออิทธิพลจากซ้ำ หรือกระชัง เป็น random effect

ε_{ijk} คือความคลาดเคลื่อน

ข้อมูลอัตรารอดตายเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ได้ถูกแปลงเป็น arcsine ตามวิธีการของ Sokal and Rohlf (1981) เพื่อปรับให้ข้อมูลมีการแพร่กระจายแบบ normal distribution ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

5.2 การประเมินค่าทางพันธุกรรม

นำข้อมูลความยาวและน้ำหนักของปลานิลสีแดงที่อายุ 210 วัน จากประชากรรุ่นพ่อแม่ ประชากรรุ่นลูกที่ 1 และประชากรรุ่นลูกที่ 2 มาคำนวณค่าทางพันธุกรรมต่อไปนี้

1) ความแตกต่างของการคัดเลือก (selection differential, S)

ความแตกต่างของการคัดเลือก คือ ความแตกต่างของประชากรกับค่าเฉลี่ยของลักษณะเป้าหมายในประชากรทั้งหมด กับค่าเฉลี่ยของลักษณะกลุ่มสัตว์ที่คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ (Falconer and Mackay, 1996) ซึ่งสามารถอธิบายในรูปของสมการคือ

$$S_i = (\bar{X}_{si}) - (\bar{X}_i)$$

เมื่อ S_i คือ ค่าความแตกต่างของการคัดเลือกในประชากรรุ่นที่ i

$\bar{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะประชากรทั้งหมดในรุ่นที่ i

$\bar{X}_{si}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะกลุ่มสัตว์ที่คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ i

2) การตอบสนองของการคัดเลือก (response to selection, R)

การตอบสนองของการคัดเลือก คือ ความแตกต่างระหว่างลักษณะของสัตว์ในประชากรรุ่นที่ผ่านการคัดเลือกกับประชากรรุ่นพ่อแม่ (Falconer and Mackay, 1996) ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำประชากรสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกมาปรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปแต่ละรุ่นตาม

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

วิธีการของ Hill (1972) โดยการนำค่าเฉลี่ยของประชากรสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกที่อายุเท่ากัน และเลี้ยงรุ่นเดียวกันมาหักออกจากค่าเฉลี่ยของประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือก สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ

$$R_i = (\overline{X}_i - \overline{C}_i) - (\overline{X}_{i-1} - \overline{C}_{i-1})$$

เมื่อ R_i คือ ค่าตอบสนองของการคัดเลือกในประชากรรุ่นที่ i

$\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i ในสายที่ผ่านการคัดเลือก

$\overline{C}_i$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i ในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก

$\overline{X}_{i-1}$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i-1 หรือรุ่นพ่อแม่ของประชากรรุ่นที่ i ในสายที่ผ่านการคัดเลือก

$\overline{C}_{i-1}$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i-1 หรือรุ่นพ่อแม่ของประชากรรุ่นที่ i ในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก

ในการงานวิจัยฉบับนี้ ค่าเฉลี่ยของประชากรในสายที่ผ่านการคัดเลือกและไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นต่างๆ ใช้สัญลักษณ์ดังนี้ คือ

- ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นพ่อแม่เบื้องต้นใช้สัญลักษณ์ $\overline{X}_0$
- ค่าเฉลี่ยประชากรในสายที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 1 ใช้สัญลักษณ์ $\overline{X}_1$
- ค่าเฉลี่ยประชากรในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 1 ใช้สัญลักษณ์ $\overline{C}_1$
- ค่าเฉลี่ยประชากรในสายที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 2 ใช้สัญลักษณ์ $\overline{X}_2$
- ค่าเฉลี่ยประชากรในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 2 ใช้สัญลักษณ์ $\overline{C}_2$
- ค่าเฉลี่ยของกลุ่มคัดเลือกรุ่นพ่อแม่ (P_0) ใช้สัญลักษณ์ $\overline{X}_{s0}$
- ค่าเฉลี่ยกลุ่มคัดเลือกรุ่นลูกที่ 1 ใช้สัญลักษณ์ $\overline{X}_{s1}$

3) อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability, h^2)

อัตราพันธุกรรมประจักษ์ คือการประเมินจากสัดส่วนระหว่างค่าตอบสนองของการคัดเลือกกับความแตกต่างของการคัดเลือก ($h^2 = R/S$) และในกรณีที่มีการคัดเลือกมากกว่า 1 รุ่นขึ้นไป ค่า h^2 ประเมินจากการตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด กับความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด (Hill, 1972; Falconer and Mackay, 1996)

ในงานวิจัยนี้คำนวณ $h^2 = \dfrac{\text{การตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด}}{\text{ความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด}}$

ในที่นี้ การตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด $= R_1+R_2$

ความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด $= S_1+S_2$

กองวิจัยและพัฒนาการเกษตร

ผลการศึกษา

1. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกและสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก

ประชากรรุ่นลูกที่ 1 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนัก ของประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก ที่อายุ 210 วัน และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ดังนี้คือ ในเพศผู้ประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 29.60±3.08 เซนติเมตร และ 593.04±189.33 กรัม ส่วนสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 25.57±3.55 เซนติเมตร และ 363.18±138.38 กรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก คิดเป็น 13.61 % และ 38.76 % ตามลำดับ และเช่นเดียวกันในการเปรียบเทียบความยาว และน้ำหนักของเพศเมีย พบว่าประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 26.69±2.53 เซนติเมตร และ 424.75±132.84 กรัม ส่วนสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 23.56±2.91 เซนติเมตร และ 285.38±108.70 กรัม ซึ่งสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก คิดเป็น 11.73 % และ 32.81 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศพบว่า สายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก เท่ากับ 3.58 เซนติเมตร และ 184.62 กรัม หรือคิดเป็น 12.72 % และ 36.28 % ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้เมื่อวิเคราะห์โดย one-way nested analysis of variance พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (ตารางผนวกที่ 2 และ 3)

ประชากรรุ่นลูกที่ 2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนัก ของประชากรสายผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก ที่อายุ 210 วัน และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ดังนี้คือ ในเพศผู้ประชากรสายสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 23.83±2.25 เซนติเมตร และ 274.74±77.88 กรัม ส่วนสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 23.45±2.14 เซนติเมตร น้ำหนัก 253.04±65.24 กรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วสาย ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก คิดเป็น 1.59 % และ 7.90 % ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้เมื่อวิเคราะห์โดย one-way nested analysis of variance พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5)

ส่วนการเปรียบเทียบความยาว และน้ำหนักของเพศเมีย พบว่าประชากรสายสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 22.55±2.15เซนติเมตร และ 229.33±64.78 กรัม ส่วนสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก มีค่าเฉลี่ย 22.16±2.11 เซนติเมตร และ 219.71±61.14 กรัม ซึ่งสายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก คิดเป็น 1.73 % และ 4.19 % ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างนี้เมื่อวิเคราะห์โดย one-way nested analysis of variance พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) และเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศพบว่า สายที่ผ่านการคัดเลือก มีค่ามากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือก เท่ากับ 0.38 เซนติเมตร และ 15.66 กรัม หรือคิดเป็น 1.64 % และ 6.21 % ตามลำดับ

กองวิจัยและพัฒนาการเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. อัตรารอดตาย

อัตรารอดตายของประชากรรุ่นพ่อแม่ มีค่าเฉลี่ย 70.70±5.46 % (ตารางที่ 1)

อัตรารอดตายของประชากรรุ่นลูกที่ 1 ระหว่างสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 71.33±2.83 % และ71.20±5.30 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

อัตรารอดตายของประชากรรุ่นลูกที่ 2 ระหว่างสายที่ผ่านการคัดเลิกและสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 67.90±3.69% และ68.40±7.69% ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

3. การประเมินค่าทางพันธุกรรม

3.1 ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก

ในประชากรรุ่นลูกที่ 1 ความแตกต่างของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักของเพศผู้มีค่า 4.19 เซนติเมตร และ 172.61 กรัม ส่วนเพศเมียมีค่า 3.69 เซนติเมตร และ 129.31 กรัม เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศ มีค่า 3.94 เซนติเมตร และ 150.96 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ในประชากรรุ่นลูกที่ 2 ความแตกต่างของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักของเพศผู้มีค่า 3.05 เซนติเมตร และ 170.38 กรัม ส่วนเพศเมียมีค่า 1.12 เซนติเมตร และ 43.47 กรัม เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศมีค่า 2.08 เซนติเมตร และ106.93 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ความแตกต่างการคัดเลือกทั้งหมดใน 2 รุ่นของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักของเพศผู้มีค่า 7.24 เซนติเมตร และ 342.99 กรัม ส่วนเพศเมียมีค่า 4.81 เซนติเมตร และ 172.78 กรัม เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศมีค่า 6.02 เซนติเมตร และ257.89 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

3.2 ค่าตอบสนองของการคัดเลือก

ในประชากรรุ่นลูกที่ 1 การตอบสนองของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักในเพศผู้มีค่า 4.03 เซนติเมตร และ 229.86 กรัม ส่วนในเพศเมียมีค่า 3.13 เซนติเมตร และ 139.37 กรัม คิดเฉลี่ยทั้ง 2 เพศมีค่า 3.58 เซนติเมตร และ 184.62 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ในประชากรรุ่นลูกที่ 2 การตอบสนองของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักในเพศผู้มีค่า -3.65 เซนติเมตรและ -208.16 กรัม ส่วนในเพศเมียมีค่า -2.74 เซนติเมตร และ -129.75 กรัม คิดเฉลี่ยทั้ง 2 เพศมีค่า -3.2 เซนติเมตร และ -168.96 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 2)

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

การตอบสนองของการคัดเลือกทั้งหมดใน 2 รุ่นของการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักในเพศผู้มีค่า 0.38 เซนติเมตรและ 21.70 กรัม ส่วนในเพศเมียมีค่า 0.39 เซนติเมตร และ 9.62 กรัม คิดเฉลี่ยทั้ง 2 เพศมีค่า 0.38 เซนติเมตร และ 15.66 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 2)

3.3 ค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์

เมื่อผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น ประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ได้ คือ จากค่าความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด (S_1+S_2) และการตอบสนองของการคัดเลือกทั้งหมด (R_1+R_2) สามารถคำนวณอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2) โดยประเมินสัดส่วนของค่าตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด กับความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมดของความยาวและน้ำหนักของเพศผู้และเพศเมียมีค่า 0.05 , 0.07, 0.08 และ 0.06 และคิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เพศเท่ากับ 0.06 และ 0.07 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±sd.) ของความยาว (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กรัม) และอัตรารอดตาย (%) ของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยที่อายุ 210 วัน ของประชากรรุ่นพ่อแม่ ($\bar{X}_0$) ประชากรรุ่นลูกที่ 1 และ 2 สายที่ผ่านการคัดเลือก ($\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$) และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ($\bar{C}_1$, $\bar{C}_2$) ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร

ลักษณะ	เพศ	ประชากรรุ่นพ่อแม่		ประชากรรุ่นลูกที่ 1			ประชากรรุ่นลูกที่ 2		
		$\bar{X}_0$	$\bar{X}_0$-$\bar{C}_0$	$\bar{X}_1$	$\bar{C}_1$	$\bar{X}_1$-$\bar{C}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{C}_2$	$\bar{X}_2$-$\bar{C}_2$
ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ผู้	23.05±2.89	0	29.60±3.08^{a}	25.57±3.55^{b}	4.03	23.83±2.25^{a}	23.45±2.14^{b}	0.38
	เมีย	21.45±2.90	0	26.69±2.53^{a}	23.56±2.91^{b}	3.13	22.55±2.15^{b}	22.16±2.11^{b}	0.39
	รวม	22.25±3.00	0	28.15±3.17^{a}	24.57±3.23^{b}	3.58	23.19±2.20^{a}	22.81±2.31^{b}	0.38
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ผู้	220.93±69.16	0	593.04±189.33^{x}	363.18±138.38^{y}	229.86	274.74±77.88^{x}	253.04±65.24^{y}	21.7
	เมีย	182.81±67.51	0	424.75±132.84^{x}	285.38±198.70^{y}	139.37	229.33±64.78^{y}	219.71±61.14^{y}	9.62
	รวม	201.87±70.90	0	508.90±183.83^{x}	324.28±123.54^{y}	184.62	252.04±71.33^{x}	236.38±63.19^{y}	15.66
อัตรารอดตาย (%)		70.70±5.46		71.33±2.83^{n}	71.20±5.30^{n}		67.90±3.69^{n}	68.40±7.69^{n}	

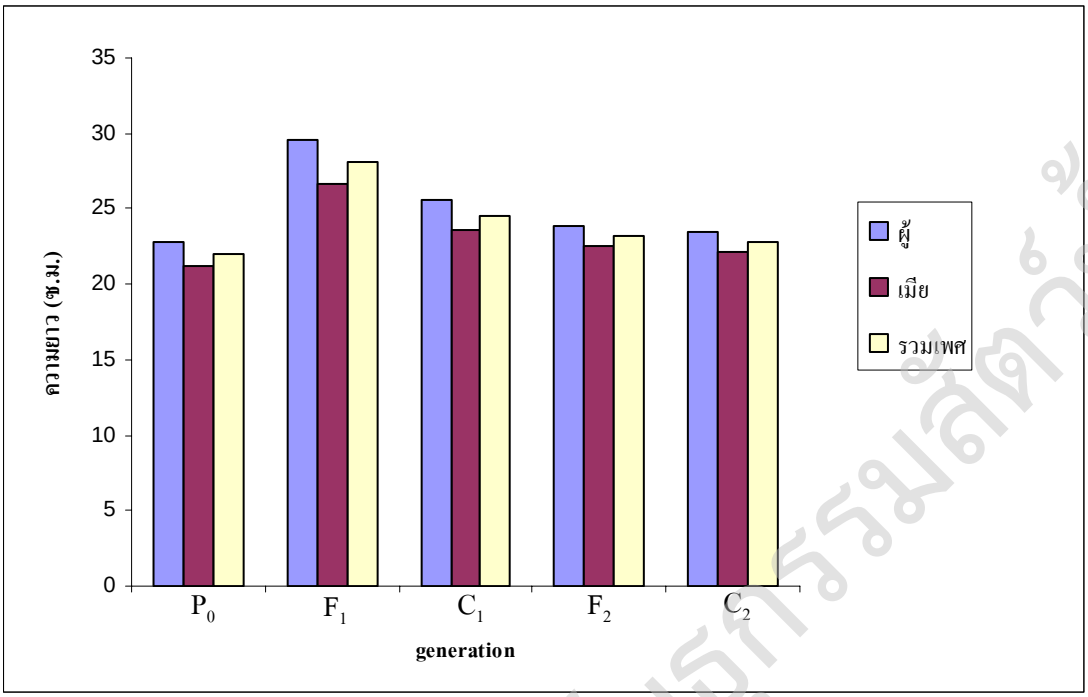
อักษรที่ต่างกันในบรรทัดเดียวกันของรุ่นเดียวกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ (a, b เปรียบเทียบความยาว) (x, y เปรียบเทียบน้ำหนัก) (ก, ข เปรียบเทียบอัตรารอดตาย) ตามตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ5

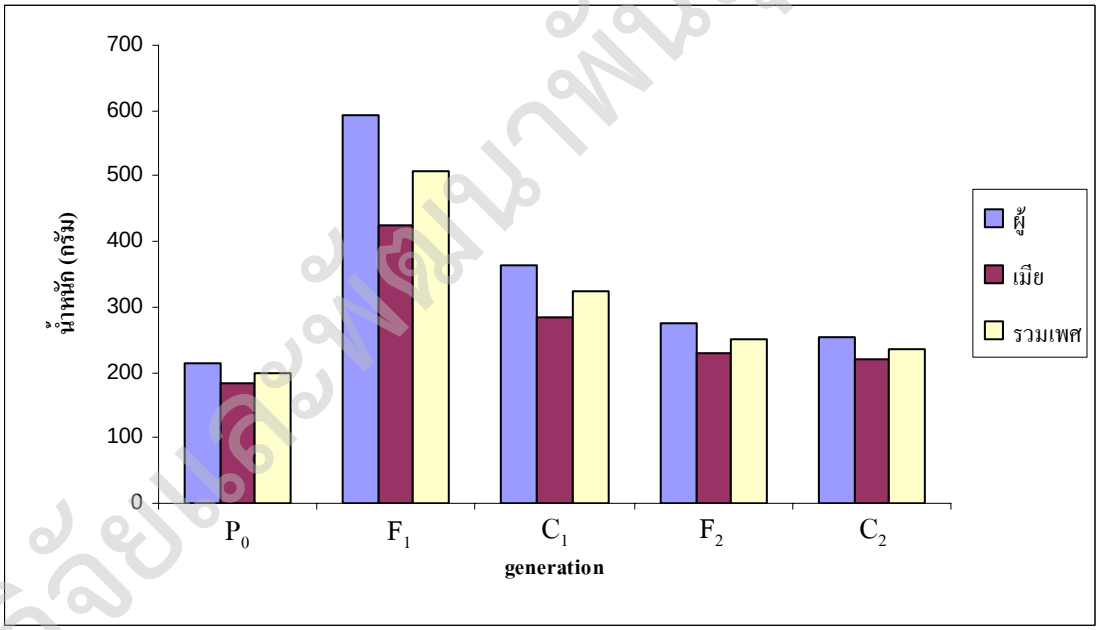
กองวิจัยและฝึกอบรมพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของการคัดเลือก (S_i) การตอบสนองของการคัดเลือก (R_i)และอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2) ของของความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กรัม) ปลานิลสีแดง ที่อายุ 210 วัน หลังจากผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น

ลักษณะ	เพศ	ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S_i)			ค่าตอบสนองของการคัดเลือก (R_i)			$h^2 = \sum R_i / \sum S_i$
		รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	$\sum S_i$	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	$\sum R_i$	
ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ผู้	4.19	3.05	7.24	4.03	-3.65	0.38	0.38/7.24 = 0.05
	เมีย	3.69	1.12	4.81	3.13	-2.74	0.39	0.39/4.81 = 0.08
	รวม	3.94	2.08	6.02	3.58	-3.20	0.38	0.38/6.02 = 0.06
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ผู้	172.61	170.38	342.99	229.86	-208.16	21.7	21.7/342.99 = 0.07
	เมีย	129.31	43.47	172.78	139.37	-129.75	9.62	9.62/172.78 = 0.06
	รวม	150.96	106.93	257.89	184.62	-168.96	15.66	15.66/257.89 = 0.07

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ





ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักของปลานิลสีแดงที่อายุ 210 วันตลอดระยะเวลาการทดลองจำนวน 3 รุ่น

P_0 = ประชากรรุ่นพ่อแม่

F_1 = ประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 1

C_1 = ประชากรสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 1

F_2 = ประชากรสายที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 2

C_2 = ประชากรสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกรุ่นลูกที่ 2

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

4. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลอง

ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำตลอดการทดลองมีค่าดังต่อไปนี้

4.1 บ่อพักน้ำขนาด 6 ไร่ ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่าง มิถุนายน 2547 – ธันวาคม 2547 (ประชากรรุ่นพ่อแม่)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.14 ± 1.04

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.56 ± 1.19 มก./ล.

ความเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 85.61 ± 13.69 มก./ล.

ความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 85.78 ± 13.79 มก./ล.

อุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ย 30.15 ± 1.04 ^{0}C

4.2 บ่อพักน้ำขนาด 6 ไร่ ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่าง มีนาคม 2548 – สิงหาคม 2548 (ประชากรลูกรุ่นที่ 1)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.40 ± 0.48

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.60 ± 0.92 มก./ล.

ความเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 83.14 ± 10.51 มก./ล.

ความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 103.43 ± 19.62 มก./ล.

อุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ย 28.81 ± 1.68 ^{0}C

4.3 บ่อพักน้ำขนาด 6 ไร่ ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่าง กันยายน 2548 – มีนาคม 2549 (ประชากรลูกรุ่นที่ 2)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.31 ± 0.57

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 4.80 ± 1.69 มก./ล.

ความเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 70.86 ± 26.26 มก./ล.

ความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 86.57 ± 17.62 มก./ล.

อุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ย 26.37 ± 1.62 ^{0}C

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

วิจารณ์ผล

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบหมู่ ซึ่งพบการตอบสนองจากการคัดเลือก 2 รุ่นโดยเฉลี่ยมีความยาวและน้ำหนักมากกว่าประชากรรุ่นพ่อแม่ 0.38 เซนติเมตร และ 15.66 กรัม ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้แสดงผลในเรื่องการตอบสนองจากการคัดเลือกสอดคล้องกับการคัดเลือกพันธุ์ปลานิลสีแดงของ พรรณศรี และปรัชชัย (2529, 2531) และพันธุ์ปลานิลของ บุญช่วยและคณะ (2546) แต่การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าทั้งสองการศึกษาข้างต้น เนื่องจากใช้วิธีการคัดเลือกปลาที่ใช้เริ่มต้นการทดลองแตกต่างกัน กล่าวคือในการศึกษาของพรรณศรีใช้วิธีการกำหนดน้ำหนักจำเพาะหรือมีการคัดขนาดปลาที่มีขนาดเท่ากันเมื่อเริ่มการทดลอง แต่ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มปลาเมื่อเริ่มการทดลอง และค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับของปลาดุกอุย โดยมีค่า 0.04 และ 0.07 ของความยาวและน้ำหนัก (กฤษณุพันธ์ และคณะ, 2547) และในสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เช่น พวกหอยต่างๆ เช่นหอยตลับ หอยพัด Catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) หอยนางรม Chilean oyster (*Oytrea chilensis*) ซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของน้ำหนักและการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 0.69 ถึง 0.1 (Hadley *et al*., 1991 ; Ibarra *et al*., 1999 ; Jarayabhand and Thavornyutikarn, 1995 ; Toro *et al*., 1995) และพวกกุ้งต่างๆ เช่นกุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium rosenbergii*) กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มีค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของความยาวและน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 (สุภัทรา และคณะ, 2546 ; 2547) ซึ่งเมื่อนำผลจากศึกษาในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับการคัดเลือกพันธุ์สัตว์น้ำข้างต้น จะเห็นได้ว่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของปลานิลสีแดงมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงถึงอิทธิพลของพันธุกรรมในลักษณะการเจริญเติบโตมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และอิทธิพลของความคลาดเคลื่อน (error) ดังนั้นในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ของลักษณะดังกล่าว ควรจะพยายามลดอิทธิพลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมและความคลาดเคลื่อนให้เหลือน้อยลงเท่าที่จะทำได้ เช่นอิทธิพลของแม่พันธุ์ ต้องคัดขนาดที่เท่าๆ กันและให้วางไข่พร้อมๆ กัน เป็นต้น

ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของประชากรรุ่นลูกที่ 2 มีค่าลดลงทั้งในประชากรสายคัดเลือกและสายควบคุม ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ประชากรรุ่นลูกที่ 2 โตช้ากว่ารุ่นลูกที่ 1 เนื่องจาก สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละรุ่น ทั้งนี้ในรุ่นลูกที่ 1 ประชากรจะเจริญเติบโตในช่วงเดือน มีนาคม ถึง สิงหาคม ซึ่งอยู่ในฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ย 28.81^{o}C ส่วนประชากรรุ่นลูกที่ 2 เจริญเติบโตในช่วงเดือนกันยายน ถึง มีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนอุณหภูมิเฉลี่ย 26.37 ^{o}C อิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลอยู่ระหว่าง 28-30 ^{o}C (Beamish, 1970) ดังนั้นปลานิลสีแดงรุ่น F_2 ที่เลี้ยงในช่วงฤดูฝนที่มีอุณหภูมิต่ำจึงมีการเจริญเติบโตน้อยกว่ารุ่น F_1 ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารของสมชัย (2527) ที่กล่าวว่าปัญหาสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ มาจากการที่ลักษณะต่างๆ ที่มีความสำคัญทาง

เศรษฐกิจที่ควรเน้นในการปรับปรุงพันธุ์ เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ลักษณะประเภทนี้สภาพแวดล้อมมีอิทธิมากต่อการแสดงออกซึ่งลักษณะของสัตว์ กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (phenotype) ในตัวสัตว์เป็นผลรวมของความสามารถทางพันธุกรรมหรือยีโนไทพ์ (genotype) ของตัวสัตว์บวกกับสภาพแวดล้อม (environment)

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองคัดเลือกปลานิลสีแดงที่มีการเจริญเติบโตดีเป็นพ่อแม่พันธุ์โดยใช้วิธีการคัดเลือกหมู่ 2 รุ่น สรุปผลและข้อเสนอแนะดังนี้

1. มีการตอบสนองจากการคัดเลือก ปลานิลสีแดงสายที่ผ่านการคัดเลือกจะโตดีกว่าสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก ในรุ่นลูกที่ 1 และรุ่นลูกที่ 2 ที่ปลามีอายุ 210 วันพบว่า ปลานิลสีแดงสายที่ผ่านการคัดเลือก มีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักมากกว่าสายที่ไม่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 2 รุ่น โดยรุ่นที่1 มีค่า 3.58 เซนติเมตร และ 184.62 กรัม คิดเป็น 12.72 % และ 36.28 % และรุ่นที่ 2 มีค่า 0.38 เซนติเมตร และ 15.66 กรัม คิดเป็น 1.64 % และ 6.21 % แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำความรู้ที่ได้ส่งเสริมและถ่ายทอดองค์ความรู้แก่หน่วยงานของกรมประมง และฟาร์มเกษตรกร ที่ทำการเพาะเลี้ยงปลานิลสีแดง ทราบถึงวิธีการปรับปรุงพันธุ์ให้ปลานิลสีแดง มีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น

2. อัตราพันธุกรรมประจักษ์จากการคัดเลือก 2 รุ่นมีค่าโดยความยาว 0.06 และน้ำหนัก 0.07 อย่างไรก็ตามค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่าการคัดเลือกแบบหมู่ สามารถปรับปรุงการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดงให้ดีขึ้นได้ ถึงแม้ว่าค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์จะมีค่าต่ำก็ควรดำเนินการคัดเลือกต่อไปอีกอย่างน้อย 3-5 รุ่น เพื่อศึกษาดูการตอบสนองต่อการคัดเลือกและอัตราพันธุกรรมประจักษ์ ถ้ายังมีค่าต่ำอยู่ค่อยปรับเปลี่ยนวิธีการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะฤดูกาลเพาะเลี้ยง ควรนำมาใช้พิจารณาในการคัดเลือกรุ่นต่อๆ ไป

กองวิจัยและพัฒนาการเกษตร กรมประมง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวัฒนะ ลีลาภัทร ผอ.สมศักดิ์ เจนศิริศักดิ์ คุณศราวุธ เจะโส๊ะ และคณะกรรมการวิชาการระดับกองด้านพันธุกรรมสัตว์น้ำ ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำทุกท่านที่ได้ตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพรทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในการจัดเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณุพันธ์ โกเมนไปรรินทร์, สง่า ลีสง่า และ สุภัทรา อุไรวรรณ์. 2547. การคัดเลือกปลาดุกอุยแบบคัดเลือกหมู่เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2547. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 28 หน้า.

บุญช่วย เชาว์ทวี, สุภัทรา อุไรวรรณ์ และ มะลิ ลาน้ำเที่ยง. 2546. การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2546. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 36 หน้า.

พรรณศรี จริโมภาส. 2528. การคัดพันธุ์ปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยจากลักษณะการเจริญเติบโตก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์ (รุ่นที่ 2) . สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 19 หน้า.

พรรณศรี จริโมภาส และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์ . 2529. การตอบสนองการคัดพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยจากการเจริญเติบโตโดยการกำหนดน้ำหนักจำเพาะ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 65. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 13 หน้า.

พรรณศรี จริโมภาส และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์ . 2531. การตอบสนองการคัดพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยจากการเจริญเติบโตโดยการกำหนดน้ำหนักจำเพาะ (รุ่นที่ 3-5). เอกสารวิชาการฉบับที่ 87. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 9 หน้า.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ์ และ พรรณศรี จริโมภาส. 2530. ปลานิลสีแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 10. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 20 หน้า

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2527. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 512 หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ์, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์, คงภพ อำพลศักดิ์ และ ศิริพร จีนหมิก. 2546. การตอบสนองในด้านการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามจากการคัดเลือกแบบภายในครอบครัว 1 รุ่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2546. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 22 หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ์, ฐานันดร์ ทัตตานนท์, ธนาวุฒิ กล่าวเกลี้ยง, ถาวร จีนหมิก และ ธรรมศักดิ์ เวียงวีระชาติ. 2547. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2547. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 22 หน้า.

สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 2526. ปลานิลสีแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 12 หน้า.

Beamish, F. W. H. 1970. Influence of temperature and salinity acclimation on temperature preferenda of the euryhaline fish *Tilapia nilotica*. Journal of Fisheries Research Board of Canada 27:1209–1214.

Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Third edition. Longman Scientific and Technical. Copublish in the United states with John and Son, Inc. New York. 438 pp.

Falconer, D.S. and Mackay, T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Fourth edition. Longman Scientific and Technical. Copublish in the United states with John and Son, Inc. New York. 340 pp.

Hadley, N.H., Dillon, R.T. Jr. and Manzi, J.J. 1991. Realized heritability of growth in the hard Clam *Mercenaria mercenaria*. Aquaculture, 93:109-119.

Hill, W.G. 1972. Estimation of realized heritability from selection experiments.II Selection in one direction. Biometrics. 28:767-780.

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

Ibarra, A.M., Ramirez, J.L., Ruiz, C.A., Cruz, P. and Avila, S. 1999. Realized heritability and genetic correlation after dual selection for total weight and shell width in catarin scallop (*Argopecten ventricosus*). Aquaculture, 175:227-241.

Jarayabhand, P. and Thavornyutikarn, M. 1995. Realized heritability estimation on growth rate of oyster, *Saccostrea cucullata* Born, 1778. Aquaculture, 138:111-118.

Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1981. Biometry: The principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2 nd.Ed. W.H. Freeman and Company, New York. 859 pp.

Toro, J.E., Sanhueza, M.A., Winter, J.E., Aguila, P. and Vergara, A.N. 1995. Selection response and heritability estimate for growth in the chilean oyster *Oytrea chilensis* (Philippine, 1845). Journal of Shellfish Res. 14(1): 87-92.

Wilkinson, L., M. Hill, J.P. Welna and G.K. Birkenbeuel. 1992. SYSTAT for Windows Statistics,Version 5 Edition. Evanston, IL:SYSTAT, Inc.751 pp.

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศผู้					
Line	2429.691	1	2429.691	235.746	0.000
Rep (Line)	566.980	4	141.745	13.753	0.000
Error	6121.992	594	10.306		
เพศเมีย					
Line	1469.848	1	1469.848	184.143	0.000
Rep (Line)	407.848	4	101.962	12.774	0.000
Error	4741.361	594	7.982		
รวมเพศ					
Line	3839.552	1	3839.552	354.132	0.000
Rep (Line)	767.876	4	191.969	17.706	0.000
Error	12945.526	1194	10.842		

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางผนวกที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศผู้					
Line	7925802.667	1	7925802.667	305.545	0.000
Rep (Line)	1327193.173	4	331798.293	12.791	0.000
Error	.154083E+08	594	11.122		
เพศเมีย					
Line	2913599.535	1	2913599.535	198.120	0.000
Rep (Line)	771955.653	4	192988.913	13.123	0.000
Error	8735491.530	594	14706.215		
รวมเพศ					
Line	.10252E+08	1	.102252E+08	405.005	0.000
Rep (Line)	1254470.543	4	313617.636	12.422	0.000
Error	.301449E+08	1194	25247.018		

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางผนวกที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศผู้					
Line	20.907	1	20.907	4.244	0.040
Rep (Line)	278.770	4	69.692	14.149	0.000
Error	2925.822	594	4.926		
เพศเมีย					
Line	23.562	1	23.562	5.137	0.024
Rep (Line)	167.315	4	41.829	9.119	0.000
Error	2724.683	594	4.587		
รวมเพศ					
Line	44.429	1	44.429	8.464	0.004
Rep (Line)	321.644	4	80.411	15.319	0.000
Error	6267.402	1194	5.249		

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางผนวกที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศผู้					
Line	88646.415	1	88646.415	15.783	0.000
Rep (Line)	462403.960	4	115600.990	20.583	0.000
Error	3336179.290	594	5616.463		
เพศเมีย					
Line	13881.660	1	13881.660	3.437	0.064
Rep (Line)	244186.893	4	61046.723	15.115	0.000
Error	2399029.120	594	4038.770		
รวมเพศ					
Line	86343.367	1	86343.367	16.079	0.000
Rep (Line)	480781.487	4	120195.372	22.383	0.000
Error	6411809.625	1194	5370.025		

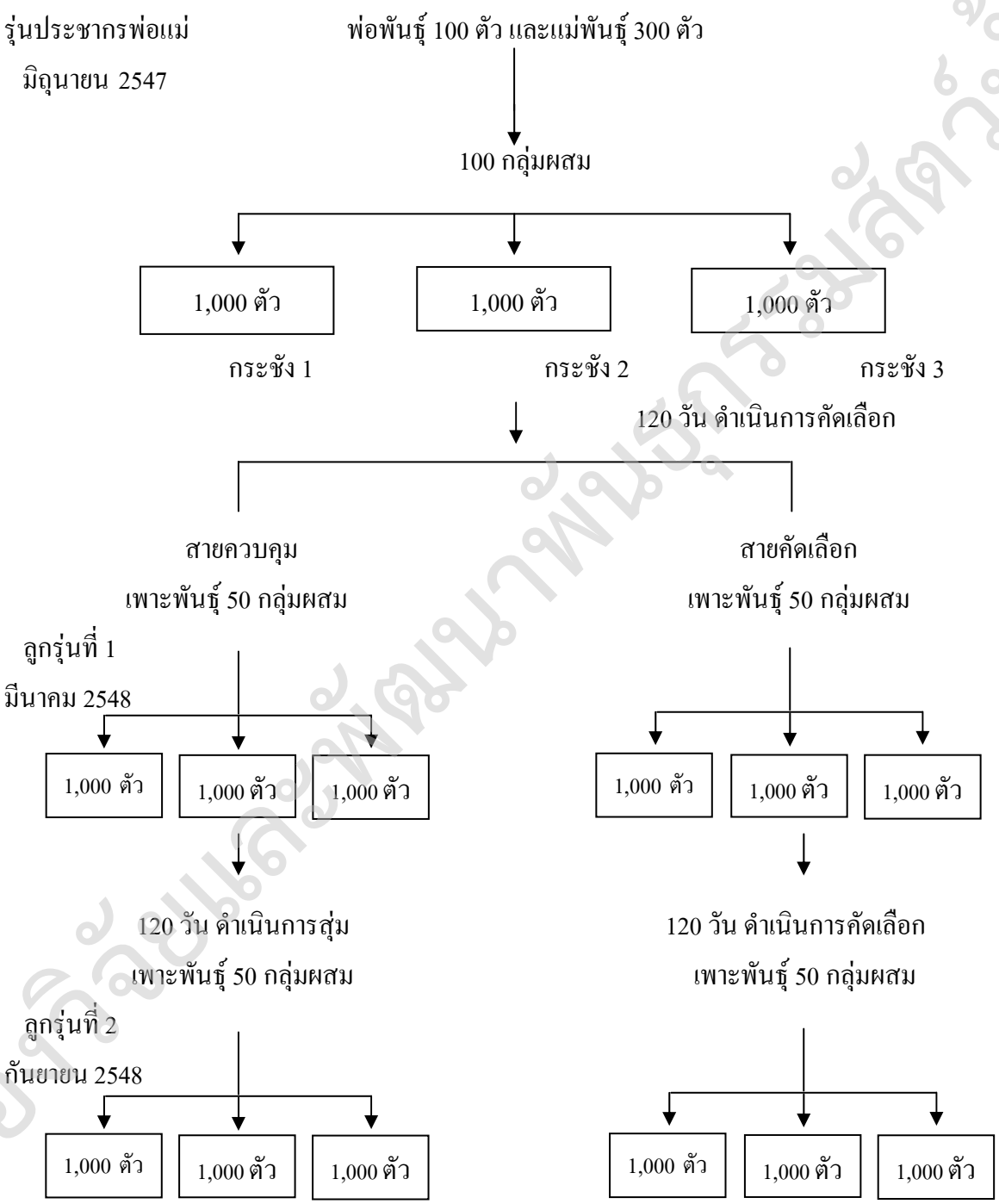
กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ตารางผนวกที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตรารอดตายปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทย ที่อายุ 210 วัน จากสายที่ผ่านการคัดเลือก และสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือก รุ่นลูกที่ 1 และ2 ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 25 ตารางเมตร ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
รุ่นลูกที่ 1					
Line	0.000	1	0.000	0.000	0.987
Rep (Line)	0.004	2	0.002	0.686	0.593
Error	0.005	2	0.003		
รุ่นลูกที่ 2					
Line	0.000	1	0.000	0.010	0.930
Rep (Line)	0.002	2	0.001	0.156	0.865
Error	0.015	2	0.008		

กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

ภาพผนวกที่ 1 แผนภูมิการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ของปลานิลสีแดงจำนวน 2 รุ่น ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่าง ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549



กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ