1438
ป.1

เอกสาร ฉบับที่ 41/2539

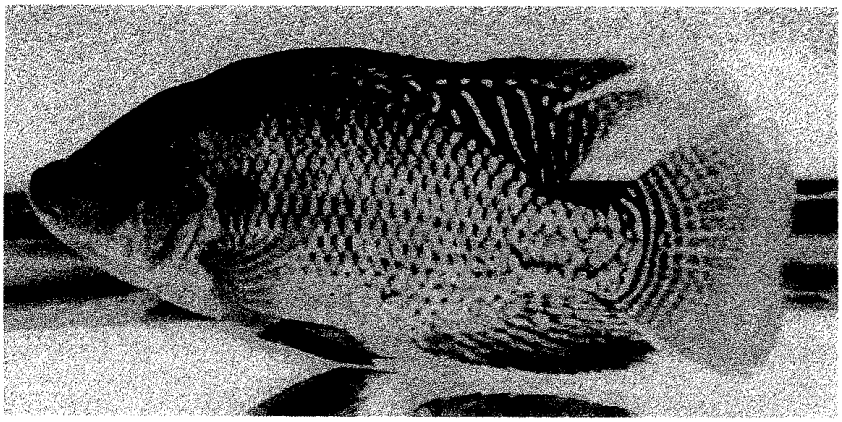
Technical paper No. 41/1996

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต

Selective Breeding to Increase Growth Rate of *Oreochromis niloticus* Linn.

กองประมงน้ำจืด
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Inland Fisheries Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives



ปลานิล Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 41/2539 Technical paper No. 41/1996

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต

Selective Breeding to Increase Growth Rate of *Oreochromis niloticus* Linn.

โดย

นายบุญช่วย เชาวน์ทวี Mr. Boonchuay Chouthavee

นางสุภัทรา อุไรวรรณ์ Mrs. Supattra Uraiwan

นางมะลิ ลานำเที่ยง Mrs. Mali Lanumtieng

กองประมงน้ำจืด Inland Fisheries Division

กรมประมง Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ Ministry of Agriculture and Cooperatives

ระหัสทะเบียนวิจัย 37 12455 1302 001 092

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญตารางภาคผนวก	(5)
บทคัดย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ผลการศึกษาจากเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	5
ผลการทดลอง	9
สรุปและวิจารณ์ผล	17
ข้อเสนอแนะ	20
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	41

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีการเพาะพันธุ์ปลานิลโดยกำหนดขนาดจำเพาะ 25

ภาพที่ 2 แสดงสายพันธุ์ปลานิลรุ่น P'_o และ P_o (2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537) 26

ภาพที่ 3 แสดงสายพันธุ์ปลานิลรุ่น P_o และ F_{1c} (4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538) 27

ภาพที่ 4 แสดงสายพันธุ์ปลานิลรุ่น P_o และ F_{1s} (4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538) 28

ภาพที่ 5 แสดงสายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{1c} และ F_{2c} (2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538) 29

ภาพที่ 6 แสดงสายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{1s} และ F_{2s} (2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538) 30

ภาพที่ 7 แสดงการทดสอบสายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{2c} และ F_{2s} ที่เลี้ยงรวมในบ่อเดียวกัน (2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539) 31

ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเฉลี่ยและอายุของปลานิล เพศผู้ (ภาพบน) และเพศเมีย (ภาพล่าง) โดยกราฟเส้นแทนสายคัดพันธุ์ —— กราฟเส้นแทนสายควบคุม ----- 32

ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยและอายุของปลานิล เพศผู้ (ภาพบน) และเพศเมีย (ภาพล่าง) โดยกราฟเส้นแทนสายคัดพันธุ์—— กราฟเส้น แทนสายควบคุม ----- 33

ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลกับอายุที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมง ภาพบนแทนสายคัดพันธุ์ ภาพล่างแทนสายควบคุม 34

ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยของปลานิลกับอายุที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกร และสถานีประมง ภาพบนแทนสายคัดพันธุ์ ภาพล่างแทนสายควบคุม 35

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 12	12.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโต (line growth) ของปลานิลคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์กับค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของปลาทั้งหมดในแต่ละฟาร์ม /สถานีประมง (farm growth) 12.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยน้ำหนัก(line growth)ของปลานิลคัดพันธุ์/ไม่คัดพันธุ์กับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาทั้งหมดในแต่ละฟาร์ม/สถานีประมง(farm growth)	36

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม) ความยาว (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลที่คัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์เมื่อ อายุ 210 วันในประชากรรุ่นพ่อแม่ ($\bar{X}_0$) พ่อแม่พันธุ์ที่คัดเลือก ($\bar{X}_s$) ในสายคัดพันธุ์ และค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S)	37
ตารางที่ 2	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม) ความยาว (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลที่ อายุ 210 วัน ในประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) ลูกรุ่นที่ 1 (F_1) ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ และค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2)	38
ตารางที่ 3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลานิลที่อายุ 210 วัน ในสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์ในรุ่นที่ 1 (F_1)	39
ตารางที่ 4	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เปรียบเทียบการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) น้ำหนัก (กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลานิลอายุ 1 ปี ในสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์ที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมง	40

สารบัญตารางภาคผนวก

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 1	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลในประชากรรุ่น พ่อแม่ (P_o) อายุ 120 ถึง 210 วัน	42
ตารางภาคผนวกที่ 2	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลสายคัดพันธุ์ (selected line) และสายไม่คัดพันธุ์ (control line) รุ่นที่ 1 อายุ 120 ถึง 210 วัน	43
ตารางภาคผนวกที่ 3	น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของปลานิลคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงเป็นเวลา 8 เดือน โดยเลี้ยงเมื่ออายุ 120 วัน	44
ตารางภาคผนวกที่ 4	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg./L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg./L) ความเป็นด่าง (mg./L) ความกระด้าง (mg./L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นพ่อแม่ P'_o และ P_o ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8 30 - 9.30 น	46
ตารางภาคผนวกที่ 5	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg /L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg /L) ความเป็นด่าง (mg /L) ความกระด้าง (mg /L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ 1 F_{1C} และ F_{1S} ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8 30 - 9.30 น	47
ตารางภาคผนวกที่ 6	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg /L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg /L) ความเป็นด่าง (mg./L) ความกระด้าง (mg./L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ 2 F_{2C} , F_{2S} ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8.30 - 9 30 น	48

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 7	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (°C) ออกซิเจน (mg./L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg./L) ความเป็นด่าง (mg./L) ความกระด้าง (mg./L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อทดลองในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงฯ ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8 30 - 9.30 น. และสายคัดพันธุ์เลี้ยงรวมกับสายไม่คัดพันธุ์ในบ่อเดียวกัน	49

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินค่าตอบสนองของการคัดเลือกปลานิลที่เจริญเติบโตโดยวิธีการคัดเลือก (selection)ที่ดัดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ของ Falconer ,1989 การทดลองคัดเลือกนี้ได้ดำเนินการผลิตปลานิล 2 สายพันธุ์ คือ 1. สายคัดพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี 2 สายไม่คัดพันธุ์หรือสายควบคุม เมื่อดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ได้ 1 รุ่น จึงดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาสายพันธุ์ทั้งสองนี้ในฟาร์มเกษตรกร และสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา

ผลการทดลองสรุปว่า ปลานิลในสายที่ผ่านการคัดเลือกพันธุ์ 1 รุ่นโตดีกว่าปลานิลในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกพันธุ์หรือสายควบคุม ในเพศผู้คิดเป็น 28.9% และ 8% โดยน้ำหนักและความยาวตามลำดับ และในเพศเมียคิดเป็น 13 4% และ 7.9% โดยน้ำหนักและความยาว ตามลำดับ นอกจากนั้นอัตราพันธุกรรมประจักษ์ที่เป็นผลมาจากการคัดพันธุ์มีค่าโดยน้ำหนักและความยาวเป็น 0 52% และ 0 78% ตามลำดับซึ่งมีค่าสูงแสดงถึงความสำเร็จในการคัดพันธุ์

จากการทดสอบสายพันธุ์โดยการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาในสายที่ผ่านการคัดพันธุ์และปลาในสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดพันธุ์พบว่ามีความแตกต่างกันเมื่อเลี้ยงรวมกันในบ่อเดียวกัน ซึ่งการทดสอบเปรียบเทียบได้ดำเนินการในบ่อของสถานีประมงฯ และในฟาร์มเกษตรกรอีก 3 ราย การทดสอบในสถานีประมงฯปรากฏผลว่า สายคัดพันธุ์โตเร็วกว่าสายไม่คัดพันธุ์เฉลี่ย 16 6% โดยน้ำหนัก และการทดสอบในฟาร์มเกษตรกรพบว่าสายคัดพันธุ์โตกว่าสายไม่คัดพันธุ์เฉลี่ย 4 7% โดยน้ำหนัก และกำหนดชื่อสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วคือ สายพันธุ์ "โคราช 1"

Abstract

The study objects to estimate genetic response of tilapia growth rate after one generation of selection The selection experiment has been carried out in the Nakorn Ratchasrima Fisheries station during November 1993 to May 1995 The selection method was modified from mass selection method. The selection procedure is socalled size-specific mass selection followed Doyle and Talbot, 1986. There were two lines, fish in the first line has been selected for high growth rate for one generation, when fish in the second line was the control line. After one generation of selection, fish in both lines have been reared in 3 farms and one fisheries station for growth testing.

The results indicated that after one generation of selection males tilapia in the selection line grew 28.9% and 8% faster than those of the control line by weight and length, respectively. While female tilapia in the selected line grew 13.4% and 7.9% faster than those of the control line by weight and length, respectively In the farm test environment, fish in the selected line grew 16 6% and 4.7% faster than those of the control line in the fisheries station and the farm environment, respectively. This selected line which have been selected for high growth rate is so called " Korat 1" line.

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต

Selective Breeding to Increase Growth Rate of *Oreochromis niloticus* Linn.

คำนำ

การเพาะเลี้ยงปลานิลมีประวัติความเป็นมาหลายศตวรรษ สำหรับประเทศไทยปลานิลมีบทบาทต่อประชาชนในชนบทเป็นเวลากว่า 30 ปีมาแล้ว เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่เพาะเลี้ยงง่าย โตเร็ว ทนต่อโรค รสอร่อยและยังมีราคาถูก เมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่น ๆ

ได้มีการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาด้านการจัดการฟาร์ม เพิ่มพื้นที่การเพาะเลี้ยง การใช้สารเคมี การให้อาหารสมทบ การจัดการเรื่องระบบน้ำ และรักษาคุณภาพของน้ำตลอดจนการรักษาโรค เพราะผู้เลี้ยงมุ่งหวังที่จะเพิ่มผลผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มผลผลิตในระบบการเลี้ยง อันจะส่งผลประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลเป็นจำนวนมากเช่นกัน แต่การพัฒนาทางด้านนี้ยังดำเนินการไปได้น้อย เนื่องจากการพัฒนาด้านนี้จะต้องใช้เวลายาวนานจึงต้องมีความอดทนรอคอยผลที่ได้รับ

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขึ้นเพื่อที่จะนำวิธีการคัดเลือก (selection) ทางพันธุกรรมมาใช้เพื่อปรับปรุงพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น โดยนำวิธีการมาใช้กับพันธุ์ปลานิลที่เลี้ยงภายในสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา เพื่อต้องการทราบความเป็นไปได้ถึงผลการตอบสนองต่อการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ ในลักษณะการเจริญเติบโตอันจะเป็นพื้นฐานของการพัฒนาคุณภาพพันธุ์เพื่อที่จะสร้างสายพันธุ์ใหม่ที่มีการเจริญเติบโตดีกว่าสายพันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในปัจจุบัน และนำสายพันธุ์ที่สร้างขึ้นใหม่ไปส่งเสริมให้เกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมาได้ทำการเพาะเลี้ยงเป็นการเพิ่มผลผลิตเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรและส่งผลดีต่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิลของประเทศในอนาคต

วัตถุประสงค์

1 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลานิล เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ที่มีการเจริญเติบโตดี เพื่อทดแทนสายพันธุ์เก่า

2 ประเมินค่าตอบสนองของการคัดเลือกปลานิลที่เจริญเติบโตดีโดยวิธีการคัดพันธุ์ซึ่งดัดแปลงจากการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection , Falconer, 1989) ใน 1 รุ่น

3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลานิลระหว่างสายพันธุ์ที่ได้รับการคัดลือกพันธุ์มาแล้ว 1 รุ่นกับสายพันธุ์ที่ไม่ได้รับการคัดเลือก ในฟาร์มเกษตกรและสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 ได้ปลานิลสายพันธุ์ใหม่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงในสภาพของสถานีประมงและของเกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมา

2 ให้ทราบถึงขั้นตอนตลอดจนวิธีการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลที่ได้ทดลองไปแล้ว 1 รุ่น และสามารถดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ในรุ่นต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

ผลการศึกษาจากเอกสาร

1. ประวัติการเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทย

เมื่อปี พ ศ 2508 สมเด็จพระจักรพรรดิ์อากิฮิโต ครั้งดำรงพระอิสริยยศเป็นมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้ทูลเกล้าฯ ถวายปลานิล (*Oreochromis niloticus*) แด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว นับเป็นการนำปลานิลเข้าสู่ประเทศไทยเป็นครั้งแรก (อำนวย, 2514) ซึ่งปลานิลดังกล่าวเป็นปลานิลที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นเมื่อ พ.ศ. 2505 โดยแหล่งกำเนิดจากประเทศอียิปต์ (Welcomme, 1981; Guerrero, 1985, มานพ และคณะ, 2536) และเป็นสายพันธุ์ที่ยังคงความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic variability) ไว้ได้ ซึ่ง มีค่า observed heterozygosity (H_o) เท่ากับ 0 091 (Basiao and Taniguchi, 1984) แม้จะมีจำนวนนำเข้าครั้งแรก 50 ตัว (Pullin and Capili, 1988, มานพและคณะ, 2536) ทั้งนี้เนื่องจากมีการแยกไปเก็บรักษาสายพันธุ์ไว้เป็นอย่างดีในบ่อเลี้ยงบริเวณพระตำหนักจิตรลดารโหฐาน ปลานิลกลุ่มนี้จึงได้รับการเรียกชื่อเป็นปลานิลสายพันธุ์ "จิตรลดา"

ในเดือนมีนาคม พ ศ 2509 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพันธุ์ปลานิลที่ผลิตได้จากปลาที่นำเข้าครั้งแรกนี้ จำนวน 10,000 ตัว แก่กรมประมง จากนั้นกรมประมงได้กระจายพันธุ์ปลานิลพระราชทานไปยังสถานีประมงน้ำจืดต่างๆ 15 แห่ง ทั่วประเทศเพื่อทดลองเลี้ยงและเพาะขยายพันธุ์ต่อไป ซึ่งกรมประมงได้มอบพันธุ์ปลานิลให้แก่ราษฎรนำไปทดลองเลี้ยงเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ 2510 (Tangtrongpiros, 1988)

นับแต่นั้นมา ปลานิลจึงได้มีบทบาทสำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยมากขึ้นเป็นลำดับ และมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงในรูปแบบต่าง ๆ โดยเน้นการเพาะเลี้ยงในระบบที่ใช้ต้นทุนต่ำ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากราคาจำหน่ายปลานิลในท้องตลาดมีราคาต่ำมาก กล่าวคือ ในปี พ ศ 2534 ปลานิลขนาดประมาณ 250 กรัมต่อตัว มีราคาเฉลี่ยเพียง 14 บาท/กิโลกรัม เท่านั้น ผลผลิตปลานิลส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 ของผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงปลานิลทั่วประเทศได้มาจากการเลี้ยงในบ่อดินผสมผสานกับการเลี้ยงสัตว์ปีกหรือสุกรหรือเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาชนิดอื่น (กรมประมง 2536) วิธีปฏิบัติ

ทั่วไปจะใช้วัสดุเศษเหลือต่าง ๆ เช่น เศษอาหาร มูลสัตว์ ปุ๋ยคอก เป็นต้น เป็นอาหารสมทบในบ่อปลา สำหรับการเลี้ยงปลานิลในนาข้าวเป็นกิจกรรมที่นิยมในพื้นที่ชนบทโดยปล่อยพันธุ์ปลานิลขนาดความยาว 5-7 เซนติเมตร ลงในนาข้าวหลังจากการปักดำประมาณ 10-15 วัน จากนั้นรอเก็บผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ส่วนการเลี้ยงปลานิลในร่องสวนหรือในกระชังเป็นวิธีการที่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง

ตั้งแต่ปี พ ศ 2529 เป็นต้นมา ปลานิลมีผลผลิตสูงที่สุดในผลผลิตจากกลุ่มปลาน้ำจืดทั้งหมดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงและการทำประมงในแหล่งน้ำจืด จนถึงปี 2536 ผลผลิตของปลานิลคิดเป็น 29.8 % ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดทั้งหมด

2. บทบาทของพันธุศาสตร์ต่อการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล

การวิจัยด้านพันธุศาสตร์เพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่งเริ่มต้นได้ไม่นานเมื่อเปรียบเทียบกับพัฒนาการวิจัยทางพันธุศาสตร์เพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชหรือสัตว์เลี้ยงประเภทสัตว์บก แต่ปัจจุบันมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างกว้างขวางว่า การประยุกต์พันธุศาสตร์สู่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะพันธุศาสตร์เชิงปริมาณ จะสามารถเพิ่มผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นปริมาณมหาศาล (Gjedrem, 1985)

สำหรับการเพาะเลี้ยงปลานิล แม้จะมีการเพาะเลี้ยงทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อนทั่วโลก แต่มีการศึกษาวิจัยทางพันธุศาสตร์แบ่งเป็น 3 ประเด็น คือ 1 การผสมข้ามพันธุ์ (hybridization) 2.การเปลี่ยนเพศปลานิล (sex reversal) 3 การคัดเลือก (selection) (Wohlfarth and Hulata, 1983, Pullin and Capili, 1988)

การคัดเลือก (selection) เป็นพื้นฐานสำคัญในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรซึ่งดำเนินมากว่า 5,000 ปีแล้ว โดยวิธีการง่าย ๆ คือ การคัดเลือกพืชหรือสัตว์ที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับรุ่นต่อไป ซึ่งเมื่อการคัดพันธุ์โดยวิธีดังกล่าวผ่านไปเป็นพันรุ่นก็จะได้สายพันธุ์พืชหรือสัตว์ที่มีคุณสมบัติดีกว่าเดิมเป็นอันมาก เช่น โค กระบือ แพะ แกะ ไก่ และพืชอาหาร ที่มนุษย์ในปัจจุบันได้ใช้เป็นอาหารประจำวัน การปรับปรุงพ่อแม่พันธุ์มีความจำเป็นในกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเช่นกัน

การคัดเลือกพันธุ์ปลาในที่ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงและคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์จนสามารถผลิตลูกปลาที่มีคุณลักษณะเฉพาะ เช่น อัตราการเจริญเติบโต สี รูปร่าง และจำนวนเกล็ด ตามที่ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องการ และการคัดเลือกลักษณะรูปร่างและสีของปลาสวยงามบางชนิด เช่น ปลาทอง ปลาหางนกยูง ปลาหางดาบ ตามความต้องการของผู้เลี้ยงปลาสวยงาม เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้สูงในการประยุกต์เอาความรู้ด้านพันธุศาสตร์มาปรับปรุงคุณลักษณะของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณลักษณะด้านอัตราการเจริญเติบโต ด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ความต้านทานโรค ความสามารถในการปรับตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ฯลฯ (Pongsri, 1994)

สำหรับการศึกษาด้านการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์ปลานิลที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งหวังให้ได้สายพันธุ์ปลานิลที่เจริญเติบโตรวดเร็วเป็นหลัก แต่ผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกพันธุ์โดยนักวิจัยหลายท่านโดยวิธีการต่าง ๆ เป็นไปอย่างไม่แน่นอน ซึ่ง Tave (1988) ได้สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์ปลานิลของ Theichert-Coddington (1983)ไว้ว่า ไม่ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงคุณลักษณะการเจริญเติบโตที่ดีกว่าโดยการคัดเลือกความยาวเมื่อปลาอายุ 58 วันจากปลานิลสายพันธุ์ Auburn University-Ivory Coast และ Hulata และคณะ (1986) ก็ไม่ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลในประเทศอิสราเอลสายพันธุ์จากประเทศกานาโดยคัดเลือกน้ำหนักเมื่อปลาอายุ 4 เดือน ขณะที่ พรรณศรี (อ้างโดย Doyle and Talbot, 1986) สามารถเพิ่มน้ำหนักปลานิลแดงในประเทศไทย หลังจากการคัดเลือกพันธุ์เมื่ออายุ 12 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 รุ่น (generation) โดยมีค่าพันธุกรรมประจักษ์ เท่ากับ 0 19

Uraiwan and Doyle (1986) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกพันธุ์ปลานิล 3 วิธี ได้แก่ การคัดเลือกหมู่ (mass selection) การคัดเลือกภายในครอบครัว (within-family selection) และการคัดเลือกระหว่างครอบครัว (between-family selection) เพื่อปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลในประเทศไทย ได้ผลสรุปว่า การคัดเลือกภายในครอบครัวให้ผลดีกว่าการคัดเลือกหมู่ และแบบระหว่างครอบครัว

Hulata *et* al. (1986) ได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลโดยวิธีการ mass selection แต่ไม่ประสบผลสำเร็จ ไม่สามารถคำนวณค่าตอบสนองจากการคัดเลือกพันธุ์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลที่ใช้เพาะพันธุ์มีความแตกต่างกันในด้านอายุและระยะเวลาออกลูก จึงทำให้การคัดเลือกปลาตัวโตไม่ได้หมายความว่ามีพันธุกรรมดีกว่าตัวอื่น แต่เป็นเพราะเป็นปลาที่เกิดก่อน

ต่อมา Doyle และ Talbot (1986) ได้แนะนำในการแก้ปัญหาความแตกต่างกันในด้านอายุปลาโดยการจัดการประชากรปลาก่อนที่จะดำเนินการคัดเลือกพันธุ์เมื่ออายุปลาได้ประมาณ 3 อาทิตย์ คัดปลาที่มีขนาดเท่า ๆ กัน เรียกว่า collumation นำมาใช้ในงานทดลองคัดพันธุ์โดยการเริ่มต้นการวัดอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด วิธีการคัดเลือกพันธุ์นี้ เรียกว่า size-specific mass selection ซึ่ง Jarmopas (1986) ได้ใช้ในการคัดพันธุ์ปลานิลแดงจะได้ค่าอัตราพันธุกรรมประมาณ 0 2 ซึ่งแสดงถึงผลสำเร็จของการคัดพันธุ์นี้

สุภัทรา (2535) ได้รายงานถึงผลสำเร็จของการคัดพันธุ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (within-family selection) พบว่าหลังจากคัดพันธุ์ไปได้ 3 รุ่น ปลาที่คัดพันธุ์มีขนาดโตกว่าปลาในประชากรควบคุม (control) 21% โดยน้ำหนัก

ถึงแม้ว่าการคัดเลือกพันธุ์จะเป็นกระบวนการที่ใช้เวลายาวนานมาก แต่ถ้าหากสามารถคัดเลือกปลานิลให้ได้สายพันธุ์ที่มีคุณลักษณะดีเด่นบางประการ เช่นการเจริญเติบโตดีและทนต่อโรค หรือแม้แต่คุณลักษณะที่ดึงดูดความสนใจแก่ผู้บริโภค เช่น รูปร่าง สี คุณภาพเนื้อ และสัดส่วนเนื้อต่อกระดูก ก็อาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิลในอนาคต การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเบื้องต้นใน

การคัดเลือกพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตโดยใช้ปลานิลที่เพาะเลี้ยงในสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมาเป็นประชากรพื้นฐาน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. การดำเนินการทดลอง

การวางแผนวิจัยการคัดเลือกพันธุ์ปลานิล เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ดังแสดงใน ภาพที่ 1 โดยใช้วิธีการการคัดพันธุ์ดัดแปลงจากการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) วิธีการนี้มีการกำหนดขนาดจำเพาะของลูกปลาก่อนดำเนินการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ตามวิธีของ Doyle และ Talbot,1986) พร้อมทั้งดัดแปลงให้สอดคล้องกับการผลิตปลานิลของสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา คัดพันธุ์แบบนี้เรียกว่าการคัดพันธุ์แบบ Size specific mass selection (Doyle และ Talbot,1986)

1. ใช้สายพันธุ์ปลานิลที่เลี้ยงในสถานีประมงฯ เป็นประชากรพื้นฐาน (base population, P'_0) ดำเนินการทดลอง ณ สถานีประมงน้ำจืด จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา อยู่ระหว่างปี พ.ศ 2536-2539 ซึ่งมีระยะเวลาทดลองแบ่งตามรุ่นประชากรดังนี้

ประชากรรุ่นพ่อ-แม่ P_0 . 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537

ประชากรรุ่นที่ 1 F_1 - 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538

ประชากรรุ่นที่ 2 F_2 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538

การทดสอบสายพันธุ์ - 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539

2 เพาะพันธุ์ปลานิลในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร จำนวน 2 บ่อ ใช้อัตราการผสมตามแบบของสถานี คือปลาเพศเมีย 30 ตัว ต่อปลาเพศผู้ 20 ตัว เรียกปลารุ่นนี้ว่า ประชากรพื้นฐาน (P'_0) น้ำที่ใช้ในบ่อซีเมนต์ตลอดการทดลองนำมาจากบ่อดินขนาด 14 ไร่ ซึ่งน้ำดิบที่นำมาใช้ในการทดลองจะไม่ใส่สารเคมีทุกชนิด ภายในบ่อซีเมนต์มีการต่อท่อลม เพื่อเพิ่มอากาศในน้ำตลอด 24 ชั่วโมง มีการถ่ายเปลี่ยนน้ำทุก 15 วัน

3 เมื่อพ่อแม่ปลาผสมพันธุ์วางไข่ แม่ปลาจะอมไข่ไว้ในปาก หลังจากนั้น นำไข่จากปากแม่ปลามาอนุบาลจนฟักออกเป็นตัว ใช้เวลาอนุบาลเป็นเวลาประมาณ 15 วัน

4 นำลูกปลาตามข้อ 3 ไปอนุบาลต่อในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร จำนวน 4 บ่อ อนุบาลต่ออีกประมาณ 15 วัน ฉนั้นลูกปลา จะมีอายุประมาณ 30 วัน

5 เมื่อลูกปลาจากข้อ 3 และ 4 มีอายุครบ 30 วันแล้ว ทำการสุ่มวัดขนาดปลาประมาณ 100 ตัว เพื่อหาค่าเฉลี่ย แล้วดำเนินการคัดปลาที่ขนาดใกล้เคียงกัน โดยให้ความยาวแตกต่างกันไม่เกิน ± 0.2 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ตามวิธีการคัดขนาดจำเพาะของ Doyle และ Talbot (1986)

6. นำลูกปลาที่คัดขนาดตามข้อ 5 จำนวน 3,000 ตัว ไปแยกเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร จำนวน 2 บ่อ บ่อละ 1,500 ตัว ใช้เวลาในการเลี้ยงช่วงนี้อีกประมาณ 90 วัน ขณะเลี้ยงให้อาหารปลากินพืชที่ประกอบโปรตีน 16.5% ในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง มีการสุ่มวัด 50 ตัว ต่อบ่อทุก 15 วัน

7 เมื่อเลี้ยงปลาตามข้อ 6 ครบ 90 วัน ให้ทำการแยกเพศ และเลี้ยงในบ่อขนาด 50 ตารางเมตร จำนวน 4 บ่อ โดยแยกเป็นปลาเพศผู้ 2 บ่อ และบ่อปลาเพศเมีย 2 บ่อ บ่อละ 500 ตัว ในช่วงนี้ใช้เวลาเลี้ยงอีกประมาณ 90 วัน ขณะที่ทำการเลี้ยง จะชั่งวัดทุก 15 วัน เพื่อปรับปริมาณการให้อาหาร ปลานิลรุ่นนี้ยังเป็นรุ่น P_o มีการสุ่มวัด 50 ตัวต่อบ่อทุก 15 วัน

8 เมื่อเลี้ยงปลารุ่น P_o นี้จนมีอายุประมาณ 210 วัน ทำการชั่งวัดปลาทั้ง 4 บ่อ วัดขนาดน้ำหนักและความยาว และบันทึกเพศปลา แล้วแยกประชากรรุ่น P_o นี้ ออก 2 สาย (line) คือสายคัดพันธุ์ (selected line) และสายไม่คัดพันธุ์หรือสายควบคุม (control line) ปลาในสายคัดพันธุ์ จะคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ตัวโตที่สุดโดยคัดเลือกปลาเพศผู้ 20 ตัว และเพศเมีย 30 เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ของประชากรรุ่นต่อไป ส่วนปลาในสายควบคุมจะสุ่มจากปลาที่เลี้ยงโดยไม่เจาะจงว่าเป็นปลาที่ตัวใหญ่ที่สุด โดยใช้ปลาเพศผู้ 20 ตัว และเพศเมีย 30 ตัว เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ของประชากรรุ่นต่อไป

หมายเหตุ ข้อ 2 - 8 ดูรายละเอียดจากภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2

9 เพาะปลานิลรุ่น P_o ที่คัดเลือกไว้ทั้ง 2 สาย (line) ในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร สาย ละ 2 บ่อ จดบันทึกน้ำหนักความยาวของปลาที่เพาะพันธุ์ และบันทึกวันที่การเพาะพันธุ์ปลานิลรุ่นนี้ ใช้วิธีการรวบรวมไข่ปลาจากปากแม่ปลานิล โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับพ่อแม่ปลารุ่น P'_o

10 ลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์ตามข้อ 9 คือปลารุ่น F_1 โดยปลารุ่น F_1 จะมีทั้งสายคัดพันธุ์ (Selected line) ใช้ชื่อย่อว่า F_{1s} และสายไม่คัดพันธุ์ หรือสายควบคุม (Control line) ใช้ชื่อย่อว่า F_{1c}

11 นำลูกปลาที่เพาะได้จากข้อ 10 นี้ มาดำเนินการเช่นเดียวกับสายพันธุ์ปลานิลรุ่น P'_o โดยดำเนินการทั้ง 2 สาย (line)

หมายเหตุ ข้อ 9-11 ให้ดูรายละเอียดจากภาพที่ 3 และภาพที่ 4

12 นำสายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{1s} และ F_{1c} มาดำเนินการแบบเดียวกันกับพ่อแม่รุ่นP'_o และ P_oลูกปลาที่ได้จากการผสมพันธุ์จากสายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{1s} และ F_{1c} เรียกสายพันธุ์รุ่น F_{2s} และ F_{2c} และเลี้ยงสายพันธุ์นี้จนอายุประมาณ 120 วัน

หมายเหตุ ข้อ 12 ดูรายละเอียดได้จากภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6

13 นำสายพันธุ์ปลานิลรุ่นF_{2s} และ F_{2c} ไปทดสอบสายพันธุ์ หลังจากที่ได้เลี้ยงมา จนถึงอายุประมาณ 120 วัน แล้วทำการทดสอบสายพันธุ์ปลานิลรุ่นนี้(F_{2s} และ F_{2c}) โดยคัดขนาดปลานิลชุดสายคัดพันธุ์(selected line)และชุดสายควบคุม(control line) ให้ความยาวแตกต่างกันไม่เกิน ±0 5 เซนติเมตร

14 ปลานิลในสายคัดพันธุ์ (selected line) และสายควบคุม (control line) ที่ได้ตามข้อ 13 หากเป็นสายคัดพันธุ์ให้ตัดครีบขวาและสายควบคุมให้ตัดครีบซ้าย นำไปเลี้ยงรวมกันแบบไม่แยกเพศ ใน

ฟาร์มของเกษตรกร 3 ราย รายละ 1 บ่อ และบ่อของสถานีประมง 1 บ่อ บ่อที่ใช้เป็นบ่อดินขนาดพื้นที่บ่อละ 400 ตารางเมตร ระยะเวลาการทดสอบสายพันธุ์ 8 เดือน

หมายเหตุ ข้อ 13. และข้อ 14. ดูรายละเอียดจากภาพที่ 7

15. จากข้อที่ 14 คัดเลือกฟาร์มเกษตรกรจำนวน 3 ราย รายละ 1 บ่อ และบ่อสถานีฯ จำนวน 1 บ่อ ใช้บ่อขนาดเดียวกันคือขนาด 400 ตารางเมตร สภาพโดยทั่ว ๆ ไปของบ่อมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ขนาดกว้าง ยาว และลึก ก่อนนำปลาลงเลี้ยงเพื่อทดสอบสายพันธุ์มีการเตรียมบ่อ โดยสูบน้ำล้างบ่อ กำจัดศัตรูปลา ใส่ปูนขาวในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อ 30 ตารางเมตรและใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16-20-0 ในอัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่ เดือนละ 1 ครั้ง ความลึกของน้ำเฉลี่ยทุกบ่อ ประมาณ 1.5 เมตร

16 เมื่อเตรียมบ่อตามข้อ 15 เรียบร้อยแล้วนำพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{2s} และรุ่น F_{2c} โดยให้ความยาวแตกต่างกันไม่เกิน ±0.5 เซ็นติเมตร ปล่อยลงในบ่อเกษตรกร A,B,C และบ่อของสถานีฯ โดยพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{2s} และรุ่น F_{2c} จำนวนอย่างละ 250 ตัว เลี้ยงรวมกันในแต่ละ บ่อ โดยไม่มีการแยกเพศ โดยกำหนดสัญญลักษณ์บนครีบของปลาคือ ชุดสายคัดพันธุ์ (Selected line) ให้ตัดครีบขวาเพียงเล็กน้อย ส่วนสายควบคุม (Control line) ให้ตัดครีบซ้ายเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ทราบสัญญลักษณ์ และสะดวกในการตรวจสอบผล ให้ความยาวแตกต่างกันไม่เกิน ±0 5 เซ็นติเมตร (ดูรายละเอียดภาพที่ 7)

17 ให้อาหารปลากินพืชลอยน้ำ ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 16.5% ในอัตรา 5% ของน้ำหนักตัวปลา วันละ 2 ครั้ง ทั้ง 4 บ่อ

18. มีการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำเช่นการหาปริมาณออกซิเจน, คาร์บอนไดออกไซด์, ความเป็นกรดเป็นด่าง, ความกระด้าง และอุณหภูมิของน้ำ 5 วัน/ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดทั้งน้ำหนัก ความยาว และการเจริญเติบโต นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Systat (Wilkinson, 1987)

น้ำหนักและความยาวที่ได้เมื่อปลามีอายุขณะคัดเลือกพันธุ์คือ 210 วัน ทั้งรุ่นพ่อแม่ (P_0), และ F_1 มาคำนวณค่าทางพันธุกรรมต่อไปนี้คือ 1 ค่าแตกต่างของการคัดเลือก (S) 2 ค่าตอบสนองการคัดพันธุ์ (R) และ 3 ค่าอัตราพันธุกรรม*ประจักษ์ (h^2) ตามวิธีการของ Falconer (1989) ตามสูตรต่อไปนี้

$$h^2 = R/S$$

เมื่อ h^2 = อัตราพันธุกรรมประจักษ์

S = ความแตกต่างของประชากรเฉลี่ยกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มคัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์

R = ความแตกต่างของประชากรเฉลี่ยรุ่นพ่อแม่ (P_0) กับรุ่นลูก (F_1)

ค่า R ที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้มาจากข้อมูลที่เก็บในปีที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการแก้ให้ค่า R ถูกต้องโดยกำจัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมในแต่ละปีที่แตกต่างกัน โดยนำค่าเฉลี่ยของ

ประชากร (P_0 และ F_1) หักด้วยค่าเฉลี่ยของประชากร control line ที่ทำการเก็บข้อมูลในปีเดียวกันก่อนที่จะนำมาคำนวณค่าหาค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ต่อไป

R ซึ่งได้ทำการปรับให้ถูกต้องสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$R = (\bar{X}_1 - \bar{C}_1) - (\bar{X}_0 - \bar{C}_0)$ (Hill , 1972)

เมื่อ $\bar{X}_1$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ 1 ในสายคัดพันธุ์

$\bar{C}_1$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ 1 ในสายไม่คัดพันธุ์/สายควบคุม

$\bar{X}_0$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ 0 หรือรุ่นพ่อแม่ในสายคัดพันธุ์

$\bar{C}_0$ = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ 0 หรือรุ่นพ่อแม่ในสายไม่คัดพันธุ์/สายควบคุม

ค่า *S* คือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่น พ่อแม่ ($\bar{X}_0$) กับค่าเฉลี่ยของประชากรในสายคัดพันธุ์ ($\bar{X}_1$) เขียนเป็นสมการได้คือ ($\bar{X}_1$) - ($\bar{X}_0$)

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างสายคัดพันธุ์และสายไม่คัดพันธุ์/สายควบคุมได้เปรียบเทียบใน 2 การทดลองคือ 1 การทดลองการคัดเลือกพันธุ์ 2 การทดสอบสายพันธุ์ในฟาร์มเกษตรกรและสถานีฯ

1 ในการทดลองการคัดเลือกพันธุ์ การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาในสายคัดพันธุ์กับปลาในสายไม่คัดพันธุ์ระหว่างการทดลองคัดเลือกพันธุ์ในรุ่นที่ 1 (F_1) ใช้วิธีการสถิติ model แบบ one-way analysis of variance ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

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

เมื่อ Y_{ij} เป็น น้ำหนัก/ความยาว ของปลานิลตัวที่ j จากสายพันธุ์ที่ i

α_i เป็น อิทธิพล (effect) จากสายพันธุ์ที่ i

* อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งหมายถึงสัดส่วนของความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนทั้งหมด

* อัตราพันธุกรรมประจักษ์ คือ อัตราพันธุกรรมที่ประเมินจากการคัดเลือกพันธุ์

μ เป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมดของน้ำหนัก/ความยาว

ε_{ij} เป็น random error

นำค่าน้ำหนักและความยาวของปลานิลที่อายุ 210 วัน จากสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์มาเปรียบเทียบโดยใช้ model ข้างบนนี้ โดยแยกเพศในการวิเคราะห์

2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลานิลสายคัดพันธุ์กับสายไม่คัดพันธุ์ในการทดลองเลี้ยงในฟาร์มเกษตรกร/สถานีฯ

เมื่อมีอิทธิพล 2 ระดับในการวิเคราะห์ กล่าวคือ อิทธิพลของสายพันธุ์ (α_i) ซึ่งเป็น fixed effect และ อิทธิพลของฟาร์ม/สถานีฯ (β_j) ซึ่งเป็น random effect ดังนั้น model ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้คือ

$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$ (Sokal and Rohlf, 1981)

เมื่อ Y_{ijk} เป็น น้ำหนัก/การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ของปลานิลตัวที่ k จากสายพันธุ์ที่ i เลี้ยงในฟาร์ม j

α_i เป็น อิทธิพล (effect) จากสายพันธุ์ที่ i

β_j เป็น อิทธิพล (effect) จากฟาร์ม/สถานีฯ j

$(\alpha\beta)_{ij}$ เป็น ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และฟาร์ม/สถานีฯ (interaction)

μ เป็น ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของน้ำหนัก/การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก

ε_{ij} เป็น random error

การทดสอบในระดับสายพันธุ์ใน model นี้ ซึ่งเป็น fixed effect ดังนั้น F-value จึงใช้ตามวิธีการของ Devore (1982) โดยคำนวณค่า F จากสูตร F = MSA/MSAB เมื่อ MSA คือ mean square ของ effect จากสายพันธุ์ และ MSAB คือ mean square ของ interaction ระหว่าง effect ของสายพันธุ์และฟาร์ม/สถานีฯ ส่วนค่า P-value ที่ขึ้นกับ F-value อ่านจาก Rohlf and Sokal (1981)

ผลการทดลอง

1. ประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0)

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาวในประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) ที่อายุ 210 วัน และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเพศผู้มีค่า 46.27±8 08 กรัม และ 14.48±0 91 เซนติเมตร เพศเมียมีค่า 44 79±9.44 กรัม และ 14.13±0.86 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยคิดเป็นของน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยทั้ง 2 เพศ 45 53±8 76 กรัม และ 14 31±0 89 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ที่คัดเลือกในประชากรรุ่นพ่อแม่เพื่อสร้างสายคัดพันธุ์เพศผู้ 60 25±2 82 กรัม ยาว 15 96±1 00 เซนติเมตร ซึ่งความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของประชากรหรือคิดเป็นค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S) ได้ 13 97 กรัม และ 1 48 เซนติเมตร ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่พันธุ์ที่คัดเลือกในเพศเมียมีน้ำหนัก 54.57±3.39 กรัม และยาว 15.05±0 56 เซนติเมตร คิดเป็นความแตกต่างของการคัดเลือก (S) จากค่าเฉลี่ยประชากร โดยน้ำหนัก 9 78 กรัม และความยาว 0 92 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ซึ่งค่า S โดยเฉลี่ยทั้ง 2 เพศ โดยน้ำหนักมีค่า 11.88 กรัม และ ความยาว 1 2 เซนติเมตร

2. ประชากรรุ่นที่ 1 (F_1)

ในประชากรรุ่นที่ 1 ของสายคัดพันธุ์ และสายไม่คัดพันธุ์ที่อายุ 210 วัน แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 2 และ 3 ดังนี้คือ เพศผู้ประชากรสายคัดพันธุ์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 32 41±9 15 กรัม ความยาว 13 06±1 27 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าสายควบคุมคิดเป็น 28 9% และ 8.0% (สายควบคุมหนัก 25 15±3 35

กรัม ยาว 12 09±1.23 เซนติเมตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งความแตกต่างนี้ได้ทดสอบทางสถิติโดย One-way Analysis of variance พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ F_0 = 52.96 และ 30.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

และก็เช่นเดียวกันในการเปรียบเทียบน้ำหนัก และความยาวเฉลี่ยของสายคัดพันธุ์ และสายไม่คัดพันธุ์ที่อายุ 210 วัน ในประชากรเพศเมีย (ตารางที่ 2) พบว่า ปลานิลเพศเมียสายคัดพันธุ์น้ำหนักเฉลี่ย 25.15±6.58 กรัม และยาว 12 13±1 23 เซนติเมตร ซึ่งหนักและยาวกว่าตัวเมียในสายควบคุมคิดเป็น 13 4% และ 7.9% ตามลำดับ (สายควบคุมเพศเมียหนัก 22 18±1.85 กรัม และยาว 11.24±1.09 เซนติเมตร) ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งความแตกต่างนี้เมื่อวิเคราะห์โดย One-way Analysis of variance พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่า F เท่ากับ 18.85 และ 29 7 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและความยาวสายคัดพันธุ์และสายควบคุมในรุ่นที่ 1 (F_1) จากอายุ 120 วัน จนถึง 210 วัน แสดงได้ในตารางภาคผนวกที่ 1

3. การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมของสายคัดพันธุ์

ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S) คำนวณจากประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) เมื่ออายุ 210 วัน มีค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 เพศ โดยน้ำหนักและความยาวเป็น 11.88 กรัม และ 1 2 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ (R) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) กับค่าเฉลี่ยของประชากรคัดพันธุ์รุ่นลูกที่ 1 (F_1) ที่อายุเท่ากัน คือ 210 วัน และใช้ค่าเฉลี่ยของประชากรควบคุมรุ่นลูกรุ่นที่ 1 เป็นค่าที่ทำให้ถูกต้องเนื่องจากประชากรทั้ง 2 รุ่น มีความแตกต่างในสภาพแวดล้อม ดังนั้นค่า R นี้จะเป็นค่าที่คำนวณปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละรุ่น

ค่า R ในเพศผู้โดยน้ำหนัก 11 26 กรัม และความยาว 0.97 เซนติเมตร ส่วนเพศเมีย R โดยน้ำหนักและความยาวจะมีค่า 2 97 กรัม และ 0.89 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

จากค่า R และ S สามารถคำนวณอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2) โดยน้ำหนักและความยาวของเพศผู้และเพศเมียมีค่า 0 81, 0.66, 0.30 และ 0 97 ตามลำดับ และคิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนัก และความยาว 0 52 และ 0 78 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

4.การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสายคัดพันธุ์และสายควบคุมในฟาร์มเกษตรกร/สถานีประมงฯ

การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักและความยาวของประชากรปลานิลในสายคัดพันธุ์และสายควบคุมได้เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกร/สถานีฯ ในช่วง 1-8 เดือน แสดงในภาพที่ 4 และ 5 ตารางภาคผนวกที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 เดือน แล้วค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและความยาวของปลานิลในสายคัดพันธุ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 122 608+18 684 กรัม ถึง 166.79+31 229 กรัม และ 18 594±1.041 เซนติเมตรถึง20 766+1 694

เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาวในสายควบคุมมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 114.880±12.896 กรัม ถึง 143.036±24.897 กรัม และ 18.128±1 845 เซนติเมตร ถึง 19.454±1.240 เซนติเมตร ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตทั้งสายคัดพันธุ์และสายควบคุมในสถานีประมงจะสูงกว่าฟาร์มเกษตรกรโดยน้ำหนักและความยาวคิดเป็น 36% และ 11.68% ตามลำดับ ในสายควบคุมคิดเป็น 24.5% และ 7.33% ตามลำดับ

ในสถานีประมงค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาวของสายคัดพันธุ์จะสูงกว่าสายควบคุมคิดเป็น 16.6% และ 6 7% ตามลำดับ

ในฟาร์มเกษตรกรที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดของสายคัดพั นธุ์ จะมีค่าน้ำหนักและความยาวสูงกว่าสายควบคุมคิดเป็น 4 7% และ 2 6% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลานิลสายคัดพันธุ์และสายควบคุมในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงฯ เมื่อเลี้ยงได้ 8 เดือน จะพบความแตกต่างกันโดยใช้ Two-way Analysis of variance แสดงการวิเคราะห์ในตารางที่ 4

ปฏิกิริยา (interaction) ของสายพันธุ์ ในฟาร์มเกษตรกร/สถานีประมงฯ ที่มีค่านัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโต F-value มีค่า 4 099, 3.508 และ 4.166 ตามลำดับ

เนื่องจากพบปฏิกิริยา (interaction) ดังกล่าว ในการทดสอบถึงอิทธิพลของสายพันธุ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value มีค่า 0 05 <P< 0 10 โดยวิธีของ Devore,1982.) แต่อย่างไรก็ตาม Devore (1982) กล่าวว่าอิทธิพลของสายพันธุ์จะไปรวมอยู่ในระดับของปฏิกิริยา (interaction level) หรืออีกนัยหนึ่งปฏิกิริยา (interaction) จะมีนัยสำคัญไม่ได้หากไม่มีอิทธิพลหลัก (main effect) ทั้งสองอย่าง

การเจริญเติบโตของปลานิลทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ สายคัดพันธุ์และสายควบคุมที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรสถานีประมง ระหว่าง 1-8 เดือน แสดงโดยกราฟภาพที่ 10-12

5. คุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลอง

5.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อซีเมนต์และวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในช่วงเวลา 8.30-9.30 น เก็บข้อมูล 5 วัน/ครั้ง ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นพ่อแม่ P'_0 และรุ่นพ่อแม่ P_0 (ตารางภาคผนวกที่ 4)

อุณหภูมิ (Temperature)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มีนาคม 2537 จะเป็นช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย (23 7 องศาเซลเซียส) เป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (Beamush, 1970)

ช่วงระหว่างวันที่ 4 มีนาคม 2537 - 4 มิถุนายน 2537 อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 29 8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล ที่อยู่ระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส

(Beamush, 1970) โดยปกติปลาในเขตร้อนชอบอาศัยอยู่ในที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส (ไมตรีและจารุวรรณ,2528)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก คืออยู่ในช่วงระหว่าง 5 6 - 5 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำในประเทศไทย ยนต์ (2530) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งควรมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรมีค่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าออกซิเจนอยู่ในช่วง 1 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของปลาลดลง หากอยู่ในสภาพนี้ต่อเนื่องกันและถ้าออกซิเจนมีค่าน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาจะตาย

ปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537 ค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักคืออยู่ในช่วง 4 7 - 4 9 มิลลิกรัมต่อลิตร คาร์บอนไดออกไซด์มีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ทางน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กาซคาร์บอนไดออกไซด์จะไปจำกัดการใช้ออกซิเจนของสัตว์น้ำ โดยจะทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดประสิทธิภาพลง ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบหมุนเวียนเลือดและขบวนการหายใจของสัตว์น้ำ (ยนต์, 2530) ดังนั้น เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำจึงไม่ควรมีคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 170 - 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะอยู่ระหว่าง 25 - 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 50 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ,2528)

ความกระด้าง (Hardness)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537 ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 150 - 155 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างปานกลางมีค่า 75 - 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ กรณีน้ำอ่อน มีค่า 0 - 75 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะน้ำฝนไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คุณสมบัติของความเป็นด่าง และความกระด้างเป็นตัวช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำ ซึ่งระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา พบว่าควรอยู่ระหว่าง 80 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

และค่าความเป็นด่างและความกระด้างจะต้องมีค่าใกล้เคียงกันจึงจะเหมาะสมกว่าน้ำที่มีค่าแตกต่าง เช่น น้ำที่มีค่า ความเป็นด่าง 150 mg/L $CaCo_3$ และมีค่าความกระด้าง 135 mg/L $CaCo_3$ จะเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลามากกว่าน้ำที่มีค่าความเป็นด่าง 150 mg/L $CaCo_3$ และมีค่าความกระด้างเพียง 25 mg/L $CaCo_3$ (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ช่วงทดลองวันที่ 2 พฤศจิกายน 2536 - 4 มิถุนายน 2537 ค่า pH เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.1 - 7.3 pH ของน้ำในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ตามมาตรฐานทางการประมงกำหนดคือ 6.5 - 8 5 (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

5.2 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อซีเมนต์และวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในช่วงเวลา 8 30 - 9.30 น ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ 1 สายพันธุ์ปลานิลรุ่น P_O , F_{1c} และ F_{1s} เก็บข้อมูล 5 วัน/ครั้ง ตลอดการทดลองอธิบายทั้งสายคัดพันธุ์ (Selected line) และสายไม่คัดพันธุ์หรือสายควบคุม (Control line) (ตารางภาคผนวกที่ 5)

อุณหภูมิ (Temperature)

การทดลองในช่วง 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538 อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23.5 - 27.6 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลอยู่ระหว่าง 28 - 30 องศาเซลเซียส(Beamish,1970) และปลาในเขตร้อนชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

การทดลองในช่วงวันที่ 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 4 - 5 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามมาตรฐานแล้วไม่ควรมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

การทดลองในช่วงวันที่ 4 มิถุนายน - 2 มกราคม 2538 ค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4 5 - 4 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำแล้วไม่ควรมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงกว่า 5 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ช่วงทดลองวันที่ 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 170 - 185 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 50 -200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความกระด้าง (Hardness)

การทดลองในช่วงวันที่ 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538 ค่าความกระด้างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 150 - 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 80 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่างและความกระด้างควรมีค่าใกล้เคียงกัน (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การทดลองในช่วงวันที่ 4 มิถุนายน 2537 - 2 มกราคม 2538 ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7 1 - 7.2 ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจะอยู่ระหว่าง 6.5 - 8.5 (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

5.3 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในช่วงเวลา 8.30 -9 30 น. ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ 2 สายพันธุ์ปลานิลรุ่น F_{2c} และ F_{2s} เก็บข้อมูล 5 วัน/ครั้ง ตลอดการทดลอง อธิบายทั้งสายคัดพันธุ์ (Selected line) และสายไม่คัดพันธุ์หรือสายควบคุม (Control line) (ตารางภาคผนวกที่ 6)

อุณหภูมิ (Temperature)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22 4 - 29 0 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล อยู่ระหว่าง 28 - 30 องศาเซลเซียส (Beamish, 1970) และปลาในเขตร้อนชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 7 - 6 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามมาตรฐานแล้วไม่ควรมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4 5 - 4.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำไม่ควรมีคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงกว่า 5 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 มีค่าความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 170 - 186 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งระดับที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 50 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความกระด้าง (Hardness)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 มีความกระด้างเฉลี่ย 150 - 160 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 80 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่างและค่าความกระด้างควรมีค่าใกล้เคียงกัน (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 มกราคม 2538 - 2 พฤษภาคม 2538 มีค่า pH เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.1 - 7.2 ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จะอยู่ระหว่าง 6 5 - 8 5 (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

5.4 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำช่วงเวลา 8.30 - 9.30 น ในบ่อดินทดลองของฟาร์มเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อดินของสถานีประมง (บ่อD) เป็นการทดสอบสายพันธุ์รุ่น F_{2c} และ F_{2x} เก็บข้อมูล 5 วัน/ครั้ง ตลอดการทดลอง (ตารางภาคผนวกที่ 7)

อุณหภูมิ (Temperture)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 26 4 - 26.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยของบ่อสถานีประมง (บ่อD) 26 8 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลจะอยู่ระหว่าง 28 - 30 องศาเซลเซียส (Beamush, 1970) และปลาในเขตร้อนชอบอาศัยอยู่ในน้ำ ที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อของสถานีประมง (บ่อD) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.2 - 6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และเฉลี่ย 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ตามมาตรฐานแล้วไม่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 ค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำของบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อของสถานีประมง (บ่อD) อยู่ระหว่าง 3.2 - 3 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 3 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ จึงไม่ควรมีคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงกว่า 5 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 ค่าความเป็นด่างของบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อของสถานีประมง (บ่อD) เฉลี่ยระหว่าง 100 - 115 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 130 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรอยู่ระหว่าง 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความกระด้าง (Hardness)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 ค่าความกระด้างของบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อของสถานีประมง (บ่อD) เฉลี่ยระหว่าง 115-130 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 145 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา ควรอยู่ระหว่าง 80-200 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง และค่าความกระด้างควรมีค่าใกล้เคียงกัน (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การทดลองในช่วงวันที่ 2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของบ่อเกษตรกร (บ่อ A,B และ C) และบ่อของสถานีประมง(บ่อD) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.8 - 6 9 และมีค่าเฉลี่ย 7 1 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จะอยู่ระหว่าง 6 5 - 8 5 (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองคัดเลือกปลานิลที่มีการเจริญเติบโตดีเป็นพ่อแม่พันธุ์ 1 รุ่น และทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์ในฟาร์มเกษตรกรและสถานีฯ มีข้อสรุปและวิจารณ์ผลดังนี้

1. มีการตอบสนองจากการคัดเลือกพันธุ์ในรุ่นที่ 1 กล่าวคือปลานิลที่ผ่านการคัดเลือกพันธุ์จะโตดีกว่าสายที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกพันธุ์และมีค่าตอบสนองค่อนข้างสูง คือ มีค่าเฉลี่ย 11.26 กรัม และ 0 97 เซนติเมตรในเพศผู้ ส่วนเพศเมีย ค่าเฉลี่ย 2.97 กรัม และ0.89 เซนติเมตร

2 อัตราพันธุกรรมประจักษ์ที่เป็นผลมาจากการคัดพันธุ์มีค่าโดยน้ำหนัก 0 52 และ ความยาว 0.78

3. เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงในระยะเวลา 8 เดือน พบว่าปลาที่เลี้ยงในสถานีประมง ทั้งสายคัดพันธุ์และสายควบคุม มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาวสูงกว่าฟาร์มเกษตรกร 36% และ 11 68% ตามลำดับ และในสายควบคุม 24.5% และ 7.3% ตามลำดับ ส่วนในสถานีประมง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาว ของสายคัดพันธุ์สูงกว่าสายควบคุม 16 6% และ 6.7% ตามลำดับ สำหรับในฟาร์มเกษตรกรค่าเฉลี่ยน้ำหนักและความยาว ของปลาที่เลี้ยงโตช้าที่สุด พบว่าสายคัดพันธุ์มีค่าสูงกว่าสายควบคุม 4 7% และ 2.6% ตามลำดับ

1. การประเมินค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์

จากการทดลองพบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงพันธุ์ในด้านการเจริญเติบโตเพราะมีค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์สำหรับเพศผู้อยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ มีค่าเฉลี่ย 11 26 กรัม และ 0.97 เซนติเมตร ใน 1 รุ่นซึ่งสูงกว่าเพศเมีย และคาดหวังว่าประชากรคัดพันธุ์นี้จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 11.26 กรัม และยาวเพิ่มขึ้น 0 97 เซนติเมตร ต่อ 1 รุ่น ทั้งนี้ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ในประชากรรุ่นที่ 1 ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องโดยนำค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของประชากรที่ไม่ได้รับการคัดพันธุ์และสายควบคุมที่มีอายุเท่ากันนำมาเลี้ยงพร้อมกัน เพื่อต้องการทราบค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์อย่างแท้จริงในทางพันธุกรรม ซึ่งไม่ใช่เกิดจากการปรับปรุงวิธีการเลี้ยงให้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของประชากรทั้งสองสาย (คัดพันธุ์และควบคุม) ในประชากรรุ่นที่ 1 (F_1) มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) ที่อายุเท่ากันที่ 210 วัน หากไม่มีประชากรควบคุมก็ไม่สามารถจะวัดค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ได้ เนื่องจากค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่น F_1 น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรรุ่น P_0 (ตารางที่ 1 และ 2) สาเหตุที่ทำให้ประชากรรุ่น F_1 โตช้ากว่ารุ่น P_0 เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละรุ่น กล่าวคือ ในรุ่น P_0 ประชากรจะเจริญเติบโตในช่วงเดือน มีนาคม ถึง มิถุนายน ซึ่งอยู่ในฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 29 8 $^{\circ}C$ แต่ประชากรรุ่น F_1

เจริญเติบโตในช่วงเดือนตุลาคม ถึง มกราคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยในสายคัดพันธุ์และควบคุม 23 5 ^{o}C (ตามภาคผนวก ตารางที่4)

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลอยู่ที่อุณหภูมิระหว่าง 28-30^{o}C (Beamish, 1970) ดังนั้นปลานิลรุ่น F_1 ที่ถูกเลี้ยงในสภาพอุณหภูมิต่ำจึงมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลารุ่น P_0 ถึงแม้ว่าปลารุ่น F_1 จะได้รับการคัดพันธุ์แล้วก็ตาม จึงอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิลเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าการกำหนดแผนการทดลองโดยมีประชากรกลุ่มควบคุมมีประโยชน์ทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ได้ ซึ่งการทดลองคัดเลือกพันธุ์โดยใช้ประชากรควบคุมในการคำนวนค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ เคยประสบความสำเร็จตามรายงานการคัดเลือกปลาดุกอุยเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถวัดค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ได้ดังรายงานของ อาจินต์ (2539)

วิธีการคัดพันธุ์จากการทดลองครั้งนี้เป็นการคัดพันธุ์แบบหมู่ (mass selection) ตามวิธีการของ Falconer (1989) และดัดแปลงการกำหนดขนาดจำเพาะของลูกปลาก่อนดำเนินการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ตามวิธีของ Doyle และ Talbot (1986) ที่เรียกชื่อรวมว่าการคัดพันธุ์แบบ Size specific mass selectionซึ่งประสพความสำเร็จเพราะพบว่ามีการตอบสนองของการคัดพันธุ์ ซึ่งแตกต่างระหว่างปลานิลสายพันธุ์ของ Hulata และคณะ (1986) ที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างปลานิลสายคัดพันธุ์กับสายไม่คัดพันธุ์หรือสายควบคุมในรุ่นที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการของ Hulata และคณะใช้วิธีการคัดพันธุ์แบบหมู่ (mass selection) เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นวิธีการไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ปลานิล เพราะปลานิลออกลูกไม่พร้อมกัน เมื่อนำมาผสมพันธุ์รวมในบ่อเดียวกัน ทำให้ได้ลูกปลานิลที่มีขนาดแตกต่างกันเป็นเพราะอายุที่ต่างกัน ดังนั้นถ้าคัดเลือกปลาที่ตัวโตอาจจะเป็นเพราะเกิดก่อนไม่ใช่เกิดจากพันธุกรรมที่ดี จึงไม่ได้ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ แต่วิธีการดัดแปลง การคัดพันธุ์แบบหมู่ โดยวิธีของ Doyle และ Talbot (1986) จะทำการคัดขนาดลูกปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันก่อน โดยเริ่มการทดลองเลี้ยงปลาที่ขนาดใกล้เคียงกันเพื่อแก้ปัญหาขนาดต่างที่เกิดจากอายุ แล้วทำการเลี้ยงปลาที่ขนาดใกล้เคียงกัน และทำการคัดเลือกตัวที่โตที่สุดเมื่อเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่ง วิธีการนี้สามารถประสบผลสำเร็จได้ค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์ที่น่าพอใจ

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการคัดพันธุ์ซึ่งดัดแปลงวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ (size-specific mass selection) กับแบบภายในครอบครัว (within-family selection) ของสุภัทรา (2535) ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้เนื่องจาก

1) สภาพการทดลองที่แตกต่างกัน

2) ประชากรพื้นฐานที่แตกต่างกัน ซึ่งสุภัทรา (2535) ใช้ปลาที่มาจากสายพันธุ์จิตรลดา และการทดลองนี้ใช้ปลาสายพันธุ์ที่มีอยู่ในสถานีประมงจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งจะปรากฏค่า hentability ที่แตกต่างกันอีกด้วย

อย่างไรก็ตามการเลือกวิธีการคัดพันธุ์แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถและประสิทธิภาพในการดำเนินการคัดพันธุ์ หากการทดลองนี้และการทดลองของสุภัทรา (2535) จะเป็นการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสามารถใช้วิธีการคัดพันธุ์ได้ทั้ง 2 วิธีขึ้นอยู่ว่าสภาพการเลี้ยงที่มีอยู่เหมาะสมกับวิธีการคัดพันธุ์แบบไหน

2. การประเมินค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการคัดพันธุ์ปลานิลใน 1 รุ่น พบว่ามีค่าค่อนข้างสูง กล่าวคือ โดยเฉลี่ยทั้งสองเพศ อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักและความยาวมีค่า 0.52 และ 0 78 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในรายงานของสุภัทราและมลิวัลย์ (2538) ที่ได้ประเมินค่าอัตราพันธุกรรมจากความสัมพันธ์ระหว่างเครือญาติโดยน้ำหนักและความยาว มีค่า 0 18 และ 0 27 ตามลำดับ และมีการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมจากค่าตอบสนองของการคัดพันธุ์โดยน้ำหนักมีค่า 0 27 ความแตกต่างของการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมของการทดลองทั้งสองนั้น เนื่องมาจากการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมที่แตกต่างกันและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะให้ค่าแตกต่างตามที่ Falconer (1989) ได้กล่าวว่า ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้นั้นจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป และอุทัย รัตน์ (2530) ได้กล่าวไว้ว่าพ่อแม่พันธุ์ปลาที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลาหลายปี โดยไม่มีการปนเปื้อนกับปลาสายพันธุ์อื่นหรือปลาชนิดอื่น ทำให้ปลาเหล่านี้มีการผสมเลือดชิดและสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงจะเป็นตัวควบคุมให้เกิดการคัดพันธุ์โดยบังเอิญ เพื่อให้สามารถปรับตัวและอยู่รอดในสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้ ฉนั้นปลาเหล่านี้ได้สูญเสียลักษณะทางพันธุกรรมบางส่วนที่ไม่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม (เนื่องจากการผสมเลือดชิดและสภาพแวดล้อมเป็นตัวกำหนดการคัดพันธุ์) ปลาเหล่านี้จึงมีการตอบสนองต่อการคัดพันธุ์สูง และปลานิลที่ทำการศึกษาครั้งนี้เป็นปลาที่สถานีฯ ได้เก็บรักษาเป็นเวลานานประมาณ 14 ปี โดยไม่มีการปนเปื้อนกับปลาสายพันธุ์อื่นหรือปลาชนิดอื่น ปลาเหล่านี้จึงอาจมีการผสมเลือดชิดและสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงของสถานีฯ เป็นตัวควบคุมให้เกิดการคัดพันธุ์โดยบังเอิญ เพื่อให้สามารถปรับตัวและอยู่รอดในสภาพแวดล้อมและปลาเหล่านี้ได้สูญเสียลักษณะทางพันธุกรรมบางส่วนที่ไม่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของสถานีฯ ไปก่อนแล้ว

อัตราพันธุกรรม (h^2) ในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับปลานิลครั้งนี้ที่อายุ 210 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับปลาชนิดอื่น ๆ เช่น ปลาสวาย ที่อายุ 240 วัน มีค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักและความยาวมีค่า 0 126±0 424 และ 0.062±0 440ตามลำดับ (เกียรติ, 2530) ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างจากผลการลองครั้งนี้ เนื่องจากวิธีการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมของเกียรติ (2530) ใช้วิธีการประเมินจากความแตกต่างระหว่างแม่ปลา สำหรับปลายี่สกเทศ โดยมารุต (2530) ประเมินค่าอัตราพันธุกรรมโดยวิธีเดียวกันกับเกียรติ (2530) ได้อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักและความยาวที่อายุ 285 วัน มีค่า 0 093±0 088 และ 0 893±0 094 ตามลำดับ ส่วนปลา

ตะเพียนขาว โดย นวรัตน์ (2533) ใช้วิธีการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมเช่นเดียวกับเกียรติ (2530) ได้อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักที่อายุ 276 วัน มีค่า 0.2914±0.517 ส่วนปลาในต่างประเทศ Tave (1994) ได้ศึกษาอัตราพันธุกรรมของปลา Golden Shiner (*Notemigonus crysolencas)* ซึ่งเป็นปลาขนาดเล็กจัดอยู่ในวงศ์ Cyprinidae มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร ได้อัตราพันธุกรรมประจักษ์ของความยาวที่อายุ 108 วัน มีค่า 0 70

3. การเปรียบเทียบสายพันธุ์ในสภาพการเลี้ยงของฟาร์มเกษตรกร/สถานีฯ

พบว่ามีความแตกต่างของการเจริญเติบโตทั้งปลานิลสายคัดพันธุ์และสายไม่คัดพันธุ์เมื่อเลี้ยงจนอายุ 8 เดือน ในฟาร์มเกษตรกร/สถานีฯ ดังแสดงในภาพที่ 10-12 และมีการวิเคราะห์สถิติตามตารางที่ 4 ซึ่งจะพบปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (genotype-environment interaction, GE) เช่นเดียวกับการทดสอบสายพันธุ์โดย Uraiwan and Jala (1995) ปรากฏการณ์ GE ที่พบในการทดลองครั้งนี้ไม่ค่อยเด่นชัดเท่ากรณีของ Uraiwan and Jala (1995) เนื่องจากฟาร์มที่ทดสอบครั้งนี้มีสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันมากกว่า (ตารางภาคผนวกที่ 3) เห็นได้จากค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของฟาร์มอยู่ระหว่าง 3.5 -4.6 กรัม/วัน ส่วนในการทดสอบของ Uraiwan and Jala (1995) นั้นจะมีค่าดังกล่าวอยู่ระหว่าง 0.7 - 3 6 กรัม/วัน การทดลองครั้งนี้ไม่รวมถึงฟาร์มที่เป็นแบบพื้นบ้านที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ

ข้อเสนอแนะ

I จากการทดลองครั้งนี้สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครราชสีมา ได้คัดเลือกสายพันธุ์ปลานิลที่มีการเจริญเติบโตดีไว้และกำหนดให้เป็นสายพันธุ์ใหม่ ใช้ชื่อว่าสายพันธุ์ "โคราช 1 " ซึ่งสายพันธุ์นี้ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์และทดสอบมาแล้ว 1 รุ่น จึงถือได้ว่าเป็นสายพันธุ์ใหม่ ที่มีการเจริญเติบโตดีกว่าสายพันธุ์เดิมที่เลี้ยงภายในสถานีฯ และสถานีฯ ได้เก็บรวบรวมสายพันธุ์ใหม่นี้ เพื่อดำเนินการคัดพันธุ์รุ่นต่อไป เพื่อให้ได้สายพันธุ์ดียิ่งขึ้น

2.สำหรับสายพันธุ์ "โคราช 1" ที่ได้ สถานีฯ ได้จำหน่ายจ่ายแจกไปยังเกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมา เพื่อทำการเพาะเลี้ยงและแนะนำให้เกษตรกรได้เปลี่ยนสายพันธุ์เดิมและใช้สายพันธุ์ใหม่มาทดแทน ดังนั้นเกษตรกรจะได้สายพันธุ์ปลานิลใหม่ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2536 สถิติประมงปี 2536. กองเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและ-สหกรณ์ 120หน้า.

เกียรติ ลี้ประเสริฐ 2530. พันธุกรรมของลักษณะปริมาณบางลักษณะของปลาสวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 70หน้า

นวรัตน์ จิตร์ภิรมย์ศรี. 2533. การศึกษาเบื้องต้นทางพันธุศาสตร์ของปลาตะเพียนขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 60หน้า

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และ วิมล จันทรโรทัย 2536 พัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง กรุงเทพมหานคร 96 หน้า.

มารุต หรัพย์สุขสำราญ. 2530 ข้อมูลเบื้องต้นทางพันธุศาสตร์ของปลายี่สกเทศ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 58หน้า

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ 2538 คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง กรุงเทพมหานคร 96 หน้า.

ยนต์ มุสิกุล. 2530. กำลังผลิตทางชีววิทยาในบ่อปลา คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 114 หน้า

สุภัทรา อุไรวรรณ์ 2535 การคัดพันธุ์ปลานิลเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตโดยวิธีคู่ลักษณะภายในครอบครัว เอกสารวิชาการฉบับที่ 4 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 17 หน้า

อำนวย โชติญาณวงศ์ 2514. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 75 หน้า

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538 พันธุศาสตร์. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ · 272 หน้า .

อาจินต์ ชำนาญครุเวท 2539. ผลตอบสนองการคัดพันธุ์แบบสองทิศทางในอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกอุย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร 61 หน้า.

Basiao, Z.U. and Taniguchi, N. 1984 An investigation of enzyme and other protein polymorphisms in Japanese stocks of the tilapias *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii* Aquaculture 38·335-345

Beamish , F W H., 1970 Influence of temperature and salinity acclimation on temperature preferenda of the euryhaline fish *T nilotica* J. Fish Res. Board Can., 27(7)· 1209-1214.

Devore, J 1982. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences Brooks/Cole Publishing Company. Monterey, California 640 pp

Doyle, R W. and Talbot, A. 1986. Effective population size and selection on variable aquaculture stocks. Aquaculture 57.27-35.

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

Gjedrem, T 1985 Improvement of productivity through breeding schemes Geojournal 10 (3):233-241

Guerrero III, R.D. 1985. Tilapia farming in the Philippines. practices, problems and prospects, *In.* Smith, I R , Torres, E B and Tan, E O (Eds) Philippine Tilapia Economics. ICLARM Conference Proceedings 12, Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development, Los Banos, Laguna and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines pp 3-13

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

Hulata, G , Wohlfarth, G W and Halevy, A 1986. Mass selection for growth rate in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Aquaculture 57:177-184

Jarimopas, P. 1986. Realized response to Thai red tilapia to weight-specific selection for growth. The Asian Fisheries Forum. 12p.

Pongsri, C 1994. Genetic Approaches to Improvement of Tilapia Culture in Thailand. Ph D Thesis University of Wales, Swansea. United Kingdom. 215 pp.

Pullin, R.S V and Capili, J B. 1988 Genetic improvement of tilapias: Problems and prospects *In* Pullin, R S V , Bhukasawan, T , Tonguthai, K. and Maclean, J L (Eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquacultre. ICLARM Conference Proceedings 15 Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines pp. 259-266

Rohlf, F.J. and Sokal, R R 1981. Statistical Tables Second Edition W. H. Freeman and Company, New York 219 pp

Tangtrongpiros, M 1988 The status of wild and cultured tilapia genetic resources in various countries Thailand *In* Pullin, R S V (Ed) Tilapia Genetic Resources for Aquacuture. ICLARM Conference Proceedings 16. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines pp 45-48

Tave, D 1988 Genetics and breeding of tilapia. A review *In*: Pullin, R S V , Bhukasawan, T , Tonguthai, K and Maclean, J.L (Eds) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture ICLARM Conference Proceedings 15 Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines pp 285-293

Tave, D 1994 Response to Selection and Realized Heritability for Length in Golden Shiner (Notemigonus crysoleucas) Journal of Applied Aguaculture Vol. 4(4). U.S.A. pp, 55-63

Sokal, R .R and Rohlf, F J 1981. Biometry The Principles and Practice of Statistics in Biological Research Second Edition W H Freeman and Company, New York 859 pp

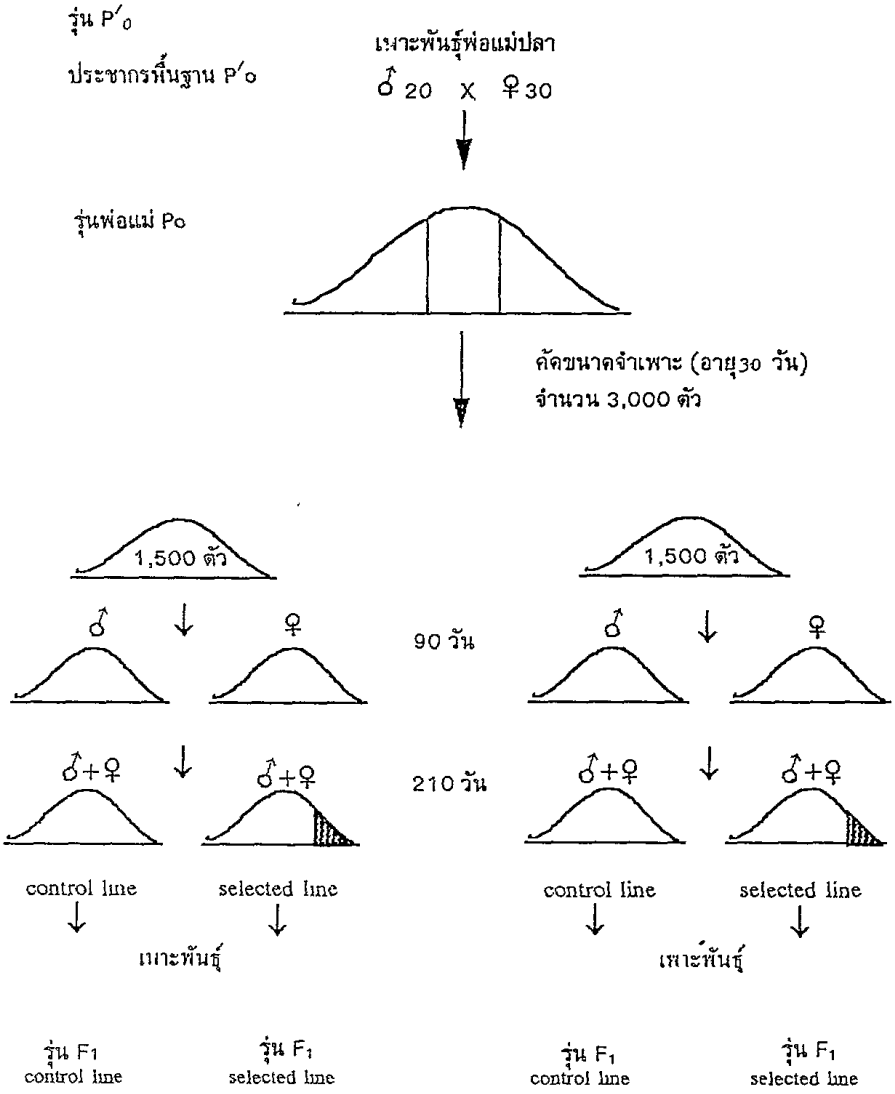
Uraiwan, S and Doyle, R W. 1986. Replicate variance and the choice of selection procedures for tilapia (*Oreochromis niloticus*) stock improvement in Thailand Aquaculture 57:93-98.

Uraiwan, S and Jala, R. 1995. Genotype-environment interaction in selected strains of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in farm pond environments. Technical Paper No. 10 National Aquaculture Genetics Research Institute, Department of Fisheries. 20 pp

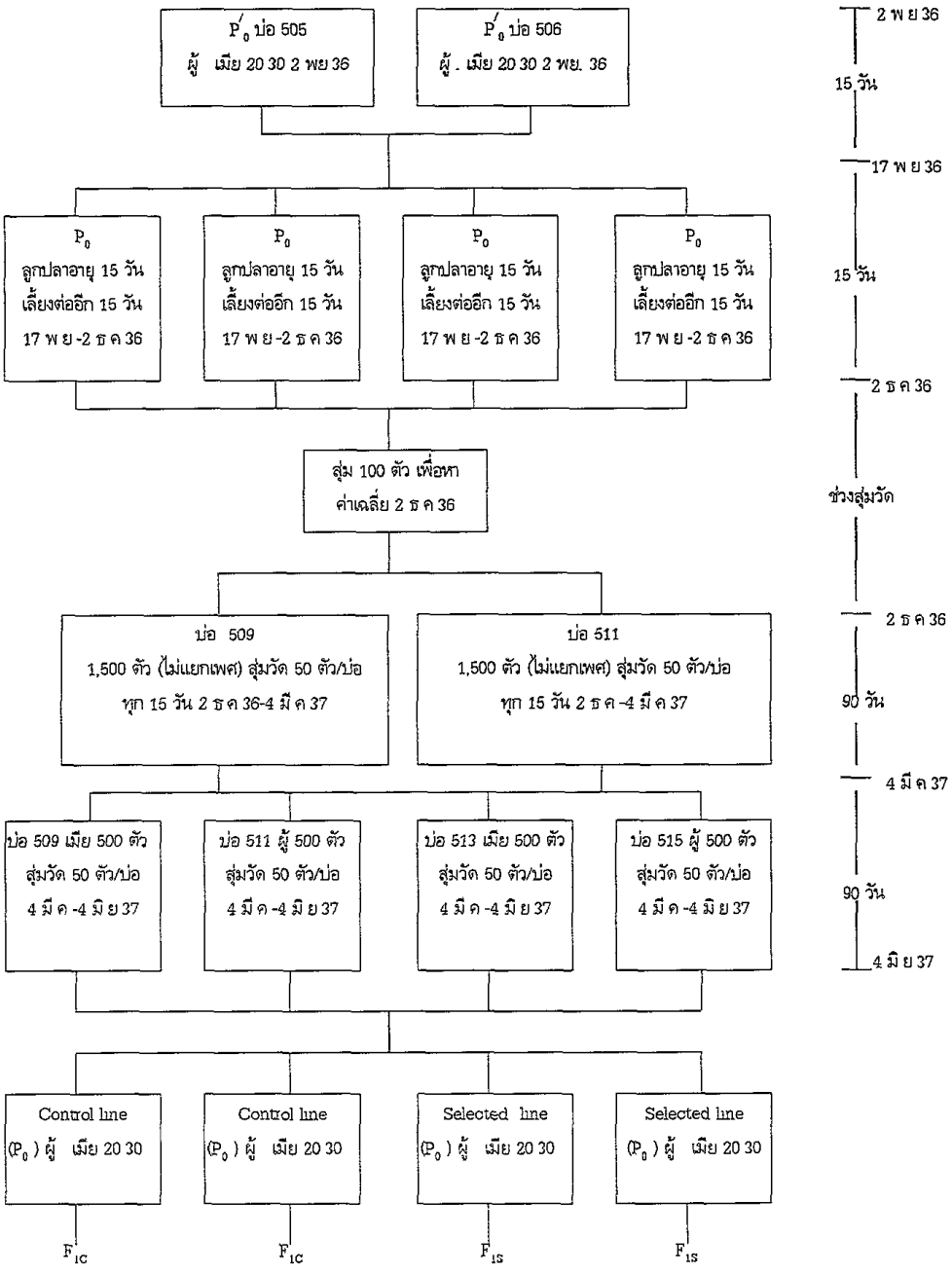
Welcomme, R.L 1981. Register of international of inland fish species FAO Fish Tech Pap. 213. 120 pp

Wilkinson, L 1987 SYSTAT. The System for Statistics Evanston IL.SYSTAT Inc 822 pp

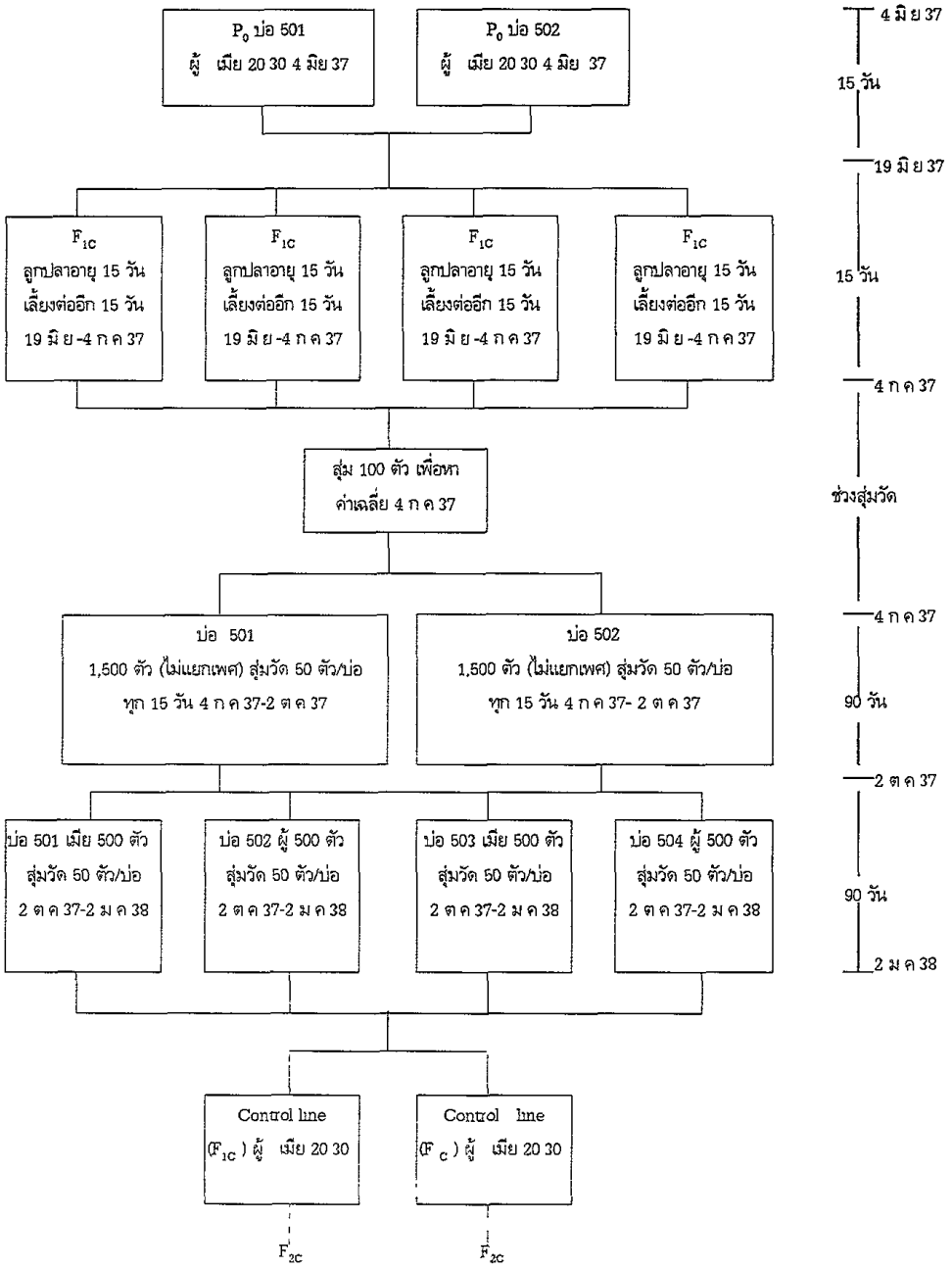
Wohlfarth, G W and Hulata, G 1983. Applied of Tiapias. Second Edition. ICLARM Studies and Reviews 6 International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines 26 pp



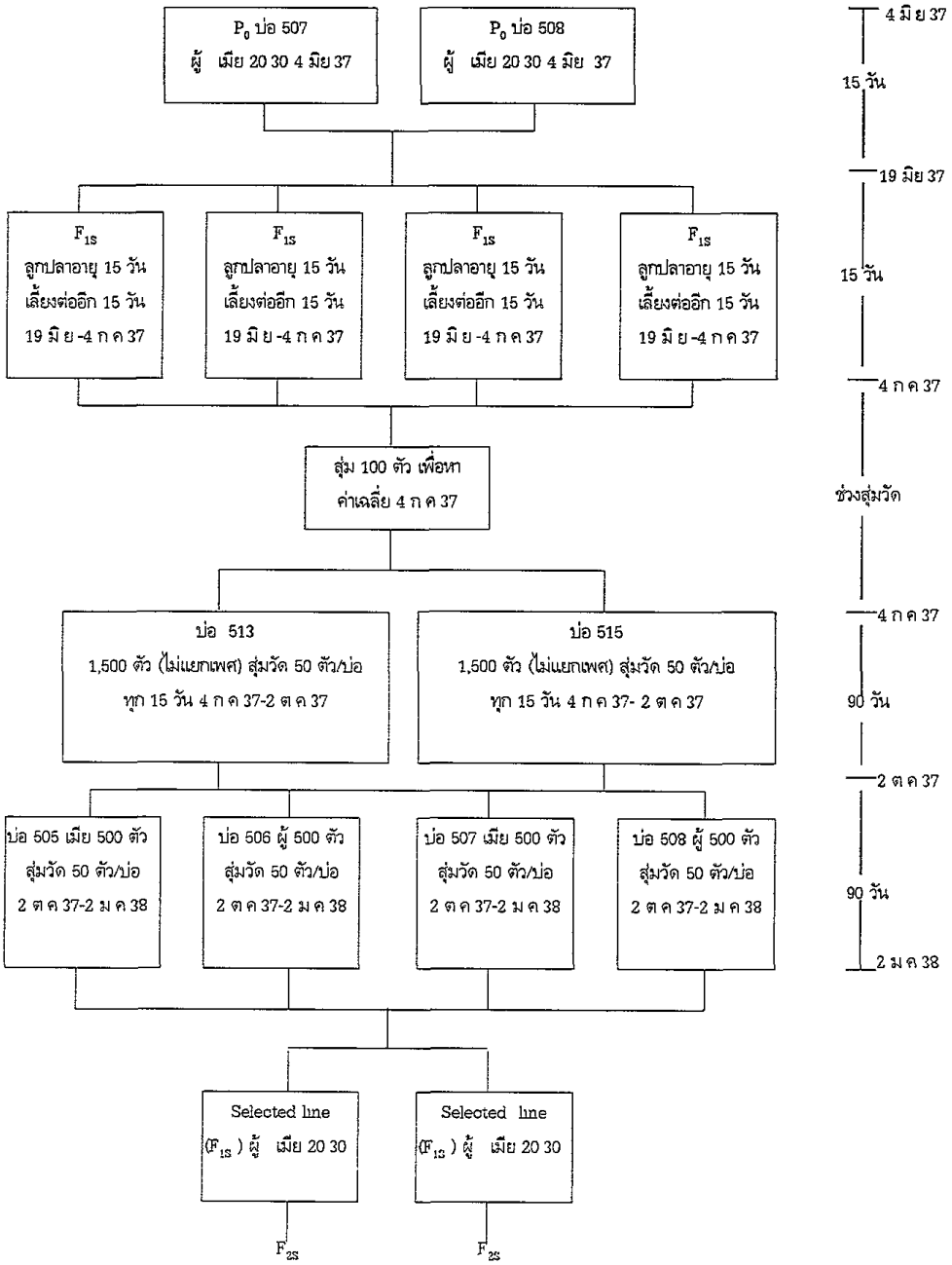
ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีการเพาะพันธุ์ปลานิลโดยกำหนดขนาดจำเพาะ



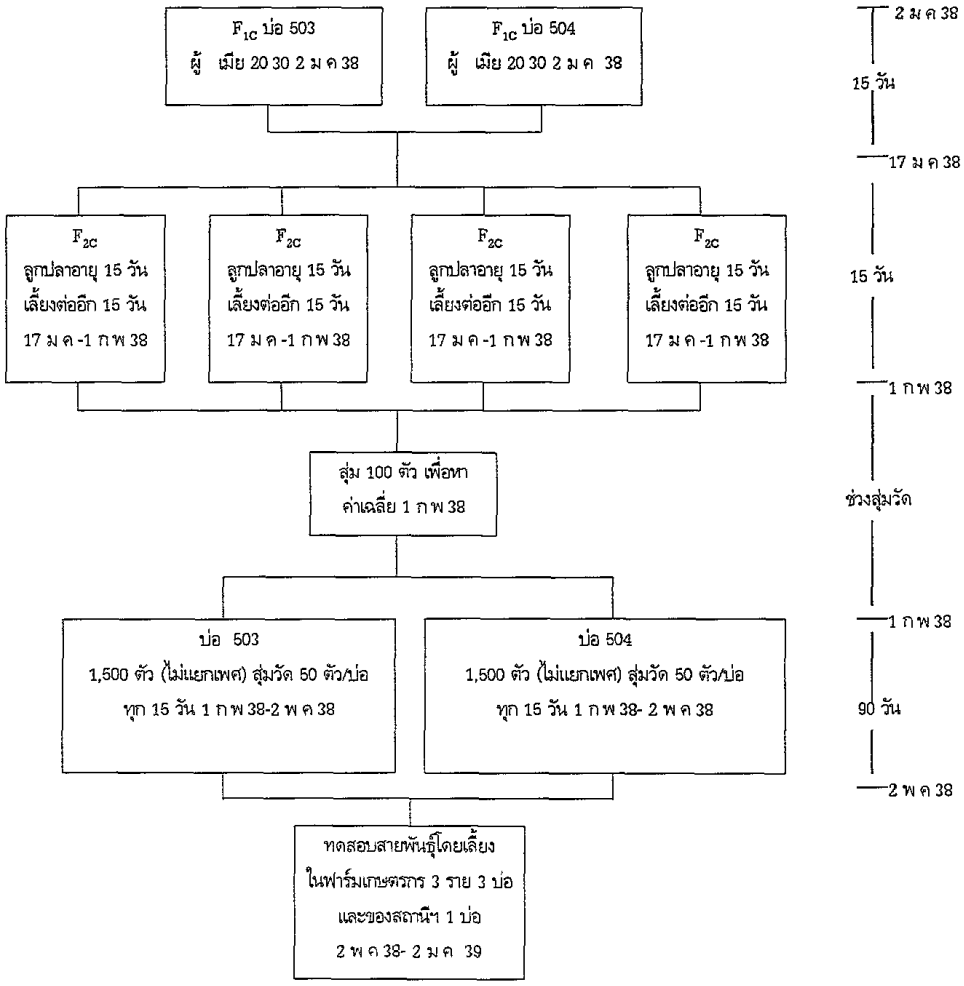
ภาพที่ 2 แสดงการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลานิลรุ่น P'_0 และ P_0 (2 พฤศจิกายน 2536-4 มิถุนายน 2537)



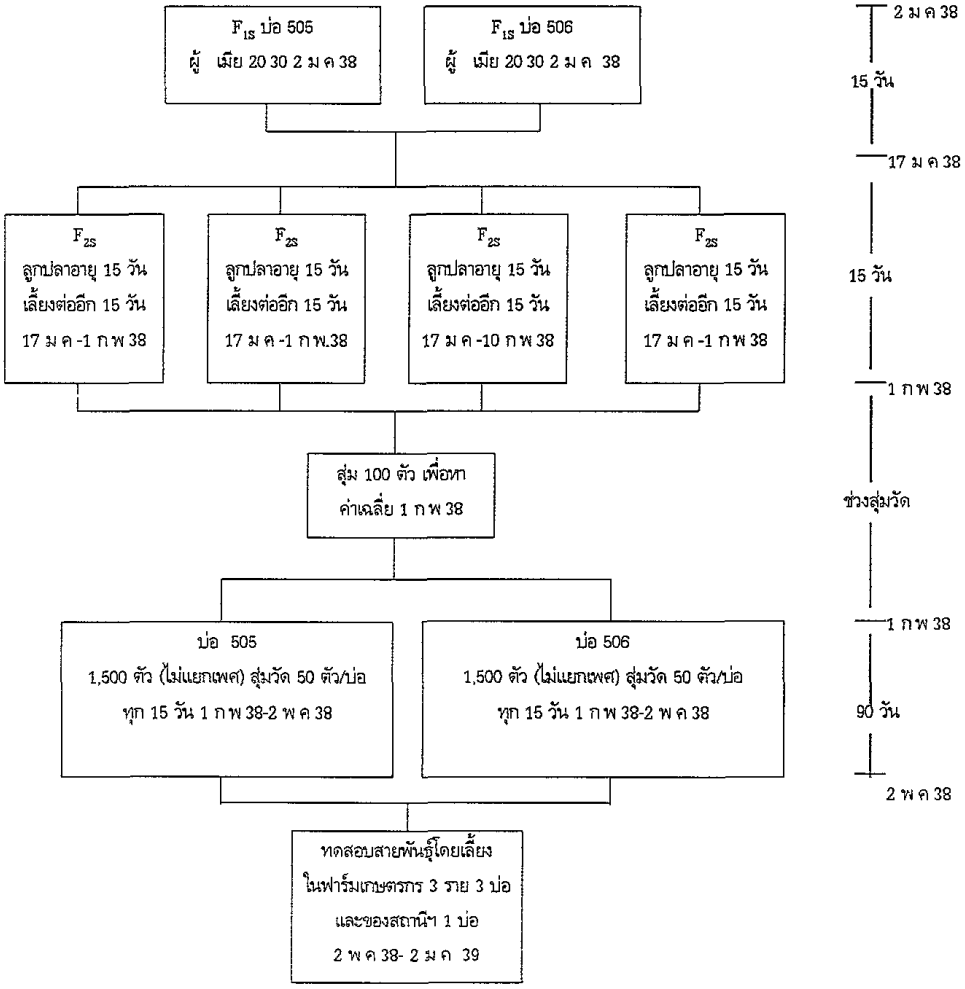
ภาพที่ 3 แสดงการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลานิลรุ่น P_0 และ F_{1C} (4 มิถุนายน 2537- 2 มกราคม 2538)



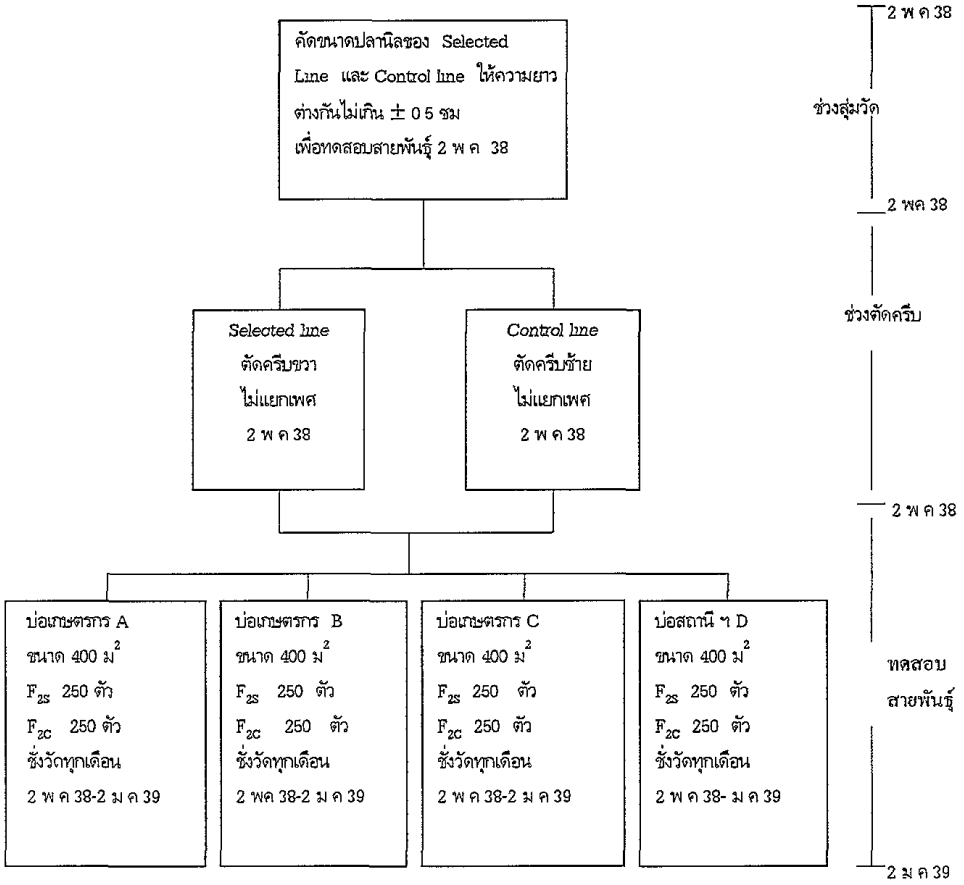
ภาพที่ 4 แสดงการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลานิลรุ่น P_0 และ F_{1S} (4 มิถุนายน 2537- 2 มกราคม 2538)



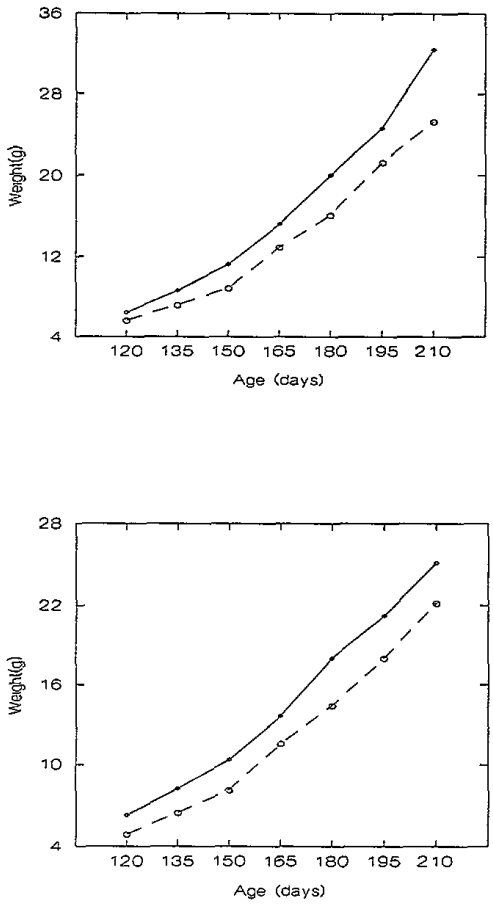
ภาพที่ 5 แสดงการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลานิลรุ่น F_{1C} และ F_{2C} (4 มีนาคม 2537- 2 พฤษภาคม 2538)



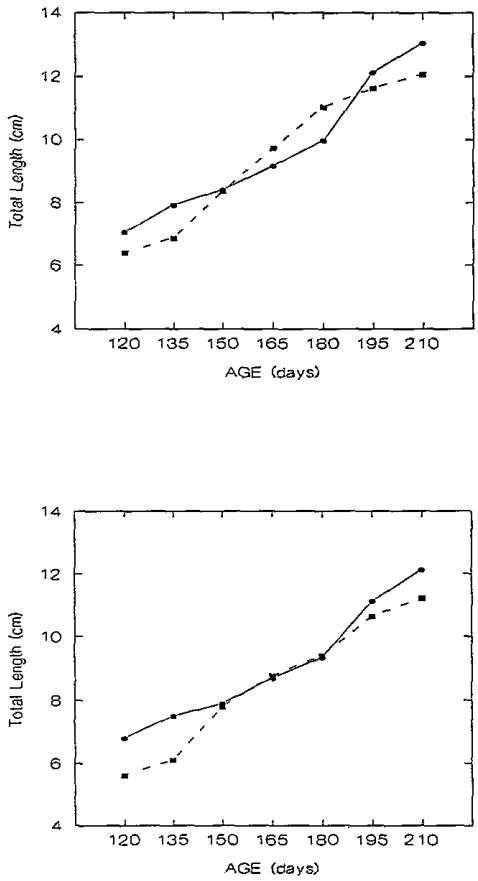
ภาพที่ 6 แสดงการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลานิลรุ่น F_{1S} และ F_{2S} (2 มกราคม 2538- 2 พฤษภาคม 2538)



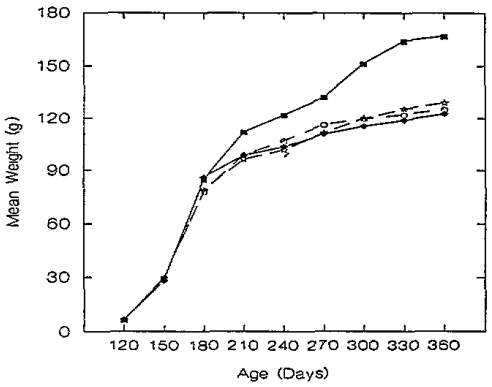
ภาพที่ 7 แสดงการทดสอบสายพันธุ์ปลานิล F_{2C} และ F_{2S} ที่เลี้ยงรวมในบ่อเดียวกัน
(2 พฤษภาคม 2538 - 2 มกราคม 2539)

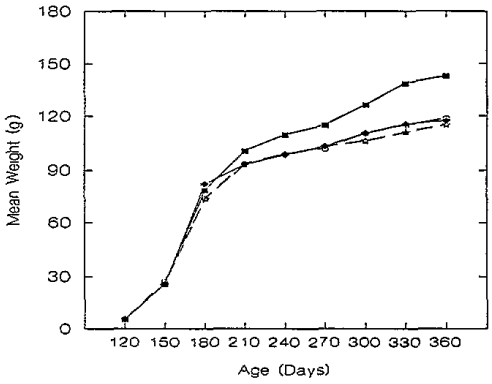


ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเฉลี่ยและอายุ ของปลานิลเพศผู้ (ภาพบน) และเพศเมีย (ภาพล่าง) โดยกราฟเส้น ——แทนสายคัดพันธุ์ และกราฟเส้น ------ แทนสายควบคุม

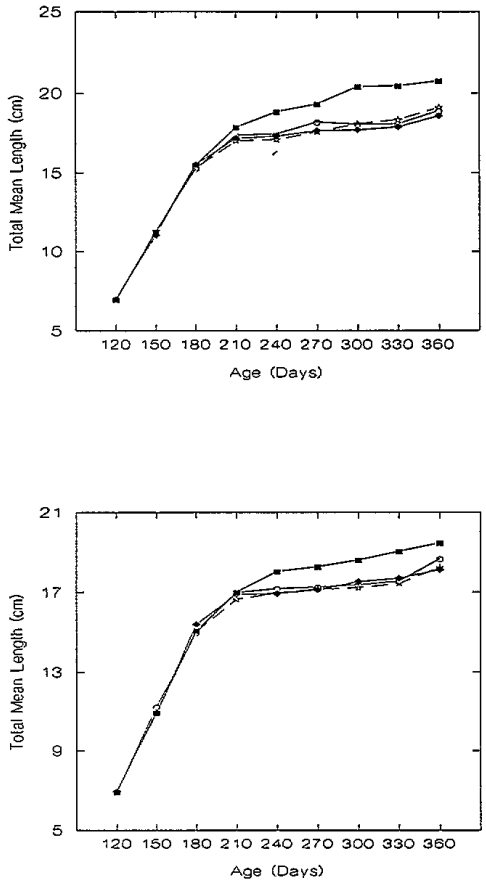


ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยและอายุ ของปลานิลเพศผู้ (ภาพบน) และเพศเมีย (ภาพล่าง) โดยกราฟเส้น—แทนสายคัดพันธุ์ และกราฟเส้น------แทนสายควบคุม

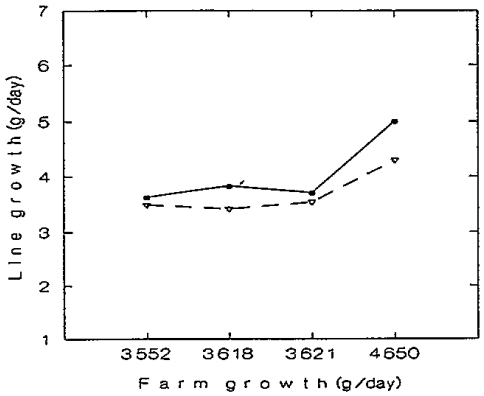




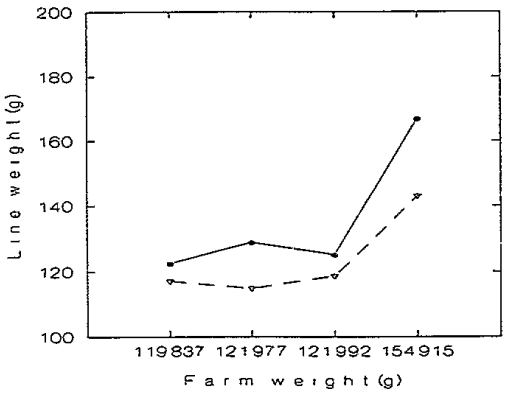
ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลกับอายุ ที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมง ภาพบนเป็นสายคัดพันธุ์ ภาพล่างเป็นสายควบคุม O—O แทนฟาร์มที่ 1, ◆ ◆ แทนฟาร์มที่ 2 ☆-----☆ แทนฟาร์มที่ 3 และ ■——■ แทนสถานีประมง



<u>ภาพที่11</u> แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยของปลานิลกับอายุ ที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมง ภาพบนเป็นสายคัดพันธุ์ ภาพล่างเป็นสายควบคุม O——O แทนฟาร์มที่ 1, ◆ ◆แทนฟาร์มที่ 2 ☆-----☆ แทนฟาร์มที่ 3 และ ■——■ แทนสถานีประมง



12-1



12-2

ภาพที่ 12 12.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโต (line growth) ของปลานิลคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์กับค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของปลาทั้งหมดในแต่ละฟาร์ม /สถานีประมง (farm growth)

12 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยน้ำหนัก(line growth)ของปลานิลคัดพันธุ์/ไม่คัดพันธุ์กับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาทั้งหมดในแต่ละฟาร์ม/สถานีประมง(farm growth)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม) ความยาว (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลที่คัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์เมื่อ อายุ 210 วัน ในประชากรรุ่น พ่อแม่ ($\bar{X}_0$) พ่อแม่พันธุ์ที่คัดเลือก ($\bar{X}_s$) และค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S) 23

	No	ค่าเฉลี่ยประชากร ($\bar{X}_0$)		ค่าเฉลี่ยพ่อแม่ที่คัดเลือก ($\bar{X}_s$)		ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S)	
		น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
ตัวผู้	100	46 27±8 08	14 48±0.91	60 25±2.82	15.96±1.00	13 97	1.48
ตัวเมีย	100	44 79±9.44	14 13±0.86	54 57±3.39	15.05±0 56	9.78	0.92
เฉลี่ย		**45.53±8.76**	**14.31±0.89**	**57.41±3.10**	**15.51±0.78**	**11.88**	**1.2**

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม) ความยาว (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD)ของปลานิล ที่อายุ 210 วัน ในประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) รุ่นลูกที่ 1 (F_1) ค่า ตอบสนองของการคัดพันธุ์ (R) และค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2)

รุ่น		สายคัดพันธุ์ ($\bar{X}_1$)		สายไม่คัดพันธุ์ ($\bar{C}_1$)		R {($\bar{X}_1$- $\bar{C}_1$)- ($\bar{X}_0$- $\bar{C}_0$)}		h^2 (R/S)	
	No	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว
P_0									
ตัวผู้	100	46 27±8 08	14 48±0 91	46 27±8 84	14 48±0.91				
ตัวเมีย	100	44 79±9 44	14 13±0.86	44.79±9 44	14 13±0 86				
เฉลี่ย	**100**	**45.53±8.76**	**14.31±0.89**	**45.53±8.76**	**14.31±0.89**				
F_1									
ตัวผู้	100	32 41±9 15	13 06±1 27	25 15±3 35	12 09±1 23	11 26	0.97	0.81	0 66
ตัวเมีย	100	25 15±6 58	12 13±1.23	22 18±1 85	11 24±1.09	2.97	0 89	0.30	0 97
เฉลี่ย	**100**	**28.78±7.86**	**12.60±1.25**	**23.75±2.60**	**11.66±1.16**	**5.03**	**0.94**	**0.52**	**0.78**

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดย น้ำหนัก (กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลานิลที่อายุ 210 วัน ในสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์ในรุ่นที่ 1 (F_1)

Analysis of variance

Source	df	SS	F	P
		น้ำหนัก		
ตัวผู้				
สายพันธุ์	1	2,514.114	52 958	0.000
ความคลาดเคลื่อน	198	9,399.864		
ตัวเมีย				
สายพันธุ์	1	439.858	18.852	0.000
ความคลาดเคลื่อน	198	4,619.693		
		ความยาว		
ตัวผู้				
สายพันธุ์	1	47.434	30.296	0 000
ความคลาดเคลื่อน	198	310 001		
ตัวเมีย				
สายพันธุ์	1	40 230	29 710	0.000
ความคลาดเคลื่อน	198	268 112		

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เปรียบเทียบการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) น้ำหนัก(กรัม) และความยาว (เซนติเมตร) ของปลานิลอายุ 1 ปี ในสายคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์ที่เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมง

Analysis of variance

Source	df	SS	F	P
		อัตราการเจริญเติบโต		
สายพันธุ์	1	12 957	30.720	0.05<P<0.10*
ฟาร์ม/สถานี	3	83.385	65 902	0.000
สายพันธุ์ Xฟาร์ม/สถานี	3	5 271	4 166	0.006
ความคลาดเคลื่อน	392	165 332		
		น้ำหนัก		
สายพันธุ์	1	15,703.849	36.361	0.05<P<0 10*
ฟาร์ม/สถานี	3	85,213 143	65 768	0.000
สายพันธุ์ Xฟาร์ม/สถานี	3	5,311 385	4 099	0 007
ความคลาดเคลื่อน	392	169,299.517		
		ความยาว		
สายพันธุ์	1	53 217	34.596	0.05<P<0.10*
ฟาร์ม/สถานี	3	178 931	38 774	0.000
สายพันธุ์ Xฟาร์ม/สถานี	3	16 190	3.508	0 015
ความคลาดเคลื่อน	392	602.990		

* P estimate ตามวิธีของ Devore (1982) และใช้ตาราง F-value ของ Rohlf and Sokal (1981)

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลในประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0) อายุ 120 ถึง 210 วัน

อายุ (วัน)	เพศ	No	น้ำหนัก	ความยาว
120	ตัวผู้	100	8 182±1.515	7 847±0.752
	ตัวเมีย	100	8 043±1 476	7.594±0 658
150	ตัวผู้	100	13 296±2 781	9.092±0 822
	ตัวเมีย	100	13.062±2 754	8 846±0 690
180	ตัวผู้	100	26 461±4 283	11 225±0 795
	ตัวเมีย	100	22 122±4 308	10.994±1.007
210	ตัวผู้	100	46 271±8 084	14 481±0 913
	ตัวเมีย	100	44 793±9 443	14 130±0 861

ตารางภาคผนวกที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (±SD) ของปลานิลสายคัดพันธุ์ (selected line) และสายไม่คัดพันธุ์ (control line) รุ่นที่ 1 อายุ 120 ถึง 210 วัน

อายุ (วัน)		สายคัดพันธุ์ No	น้ำหนัก	ความยาว	สายไม่คัดพันธุ์ No	น้ำหนัก	ความยาว
120	ตัวผู้	100	6 458±1.035	7 062±0.951	100	5.679±0.678	6.400±0 808
	ตัวเมีย	100	6.282±1 036	6 813±1 005	100	4 906±0.859	5 633±0 779
150	ตัวผู้	100	11 256±1 992	8 415±1 233	100	8 892±0.912	8 371±0.886
	ตัวเมีย	100	10 373±1 735	7 899±0 840	100	8.128±0 969	7 802±0 961
180	ตัวผู้	100	20 060±2 247	9 986±0 716	100	16.175±1 736	11.057±0 993
	ตัวเมีย	100	18.050±1 871	9 344±0 812	100	14 429±1.755	9.402±1 032
210	ตัวผู้	100	32 406±9 151	13 062±1 274	100	25 315±3.348	12 088±1.228
	ตัวเมีย	100	25 145±6 575	12 133±1 229	100	22 179±1.851	11 236±1.094

ตารางภาคผนวกที่ 3 น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของปลานิลคัดพันธุ์และไม่คัดพันธุ์เลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงเป็นเวลา 8 เดือน โดยเลี้ยงเมื่ออายุ120 วัน

ฟาร์ม หรือ สถานีฯ	สาย คัดพันธุ์ No	น้ำหนัก± SD. (g)	ความยาว± SD (cm)	สายไม่คัดพันธุ์ No	น้ำหนัก±SD (g.)	ความยาว±SD. (cm)
น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น						
ฟาร์ม 1	50	6 706±0 195	6 980±0 181	50	5 564±0 539	6 888±0 166
ฟาร์ม 2	50	6 682±0 193	6 990±0 169	50	5 652±0.503	6 960±0 175
ฟาร์ม 3	50	6.654±0 205	6 930±0 241	50	5 726±0.375	6.958±0 177
สถานีฯ	50	6 606±0 183	6.972±0 173	50	5 654±0 280	6.940±0 171
เดือนที่ 1						
ฟาร์ม 1	50	29.748±4 014	11.234±0 477	50	27.376±2.677	11 226±0 412
ฟาร์ม 2	50	27 994±4 267	11 046±0.500	50	25 524±3 910	10 894±0.476
ฟาร์ม 3	50	29 682±4 123	11 312±0 461	50	25 666±3.314	10 978±0 448
สถานีฯ	50	29 402±3 739	11.260±0 420	50	25.998±2.665	10 930±0 436
เดือนที่ 2						
ฟาร์ม 1	50	78 178±12 870	15 256±0 827	50	74 160±12.094	14 984±0.902
ฟาร์ม 2	50	85 854±10.900	15 518±0 860	50	82 132±13.855	15 378±0.845
ฟาร์ม 3	50	78 760±12.205	15 284±0 736	50	73 636±11 494	15 000±0 619
สถานีฯ	50	84 734±12 479	15 512±0 710	50	78 756±13 097	15 076±0 873
เดือนที่ 3						
ฟาร์ม 1	50	98 614±15 403	17 388±1 137	50	93 838±13 370	16 978±1 123
ฟาร์ม 2	50	98 628±17 540	17 204±1 099	50	93 190±14 613	16.902±1 196
ฟาร์ม 3	50	96 264±19 900	17.042±1 161	50	92 994±26 338	16 650±1.284
สถานีฯ	50	111 926±21 663	17.880±0 836	50	100 652±18 530	17 020±1 052
เดือนที่ 4						
ฟาร์ม 1	50	106 994±24 914	17 478±1 135	50	99 024±16.509	17 194±1 147
ฟาร์ม 2	50	103 444+16 152	17 336±1 192	50	98 364±14 170	16 930±0 809
ฟาร์ม 3	50	101 690+21 507	17 120+1 412	50	98 898±21 299	16 968±1 014

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ฟาร์ม	สาย คัดพันธุ์			สายไม่คัดพันธุ์		
หรือ		น้ำหนัก± SD	ความยาว± SD		น้ำหนัก±SD.	ความยาว±SD.
สถานีฯ	No.	(g)	(cm)	No	(g)	(cm)
สถานีฯ	50	121.988±12 458	18 858±1 696	50	109 502±8 467	18 050±0 738
เดือนที่ 5						
ฟาร์ม 1	50	116 342±18 936	18.206±1 065	50	101 826±17 358	17 264±1 008
ฟาร์ม 2	50	110 682±20 271	17 672±1.367	50	103 004±21 723	17 118±1 065
ฟาร์ม 3	50	111 486±26 564	17 600±1 219	50	102 974±22 556	17 160±1.092
สถานีฯ	50	132 368±30 458	19 342±1.905	50	114 796±35 401	18.282±2.050
เดือนที่ 6						
ฟาร์ม 1	50	119 712±24 081	18 066±1 133	50	110.126±23 924	17 384±1.151
ฟาร์ม 2	50	115 288±16 189	17 718±0 884	50	110 160±21 341	17.532±0.941
ฟาร์ม 3	50	119 952±34 000	18 100±1 312	50	105 896±19 508	17 230±0 937
สถานีฯ	50	151 446±21 788	20 410±2 130	50	126 480±46 112	18 616±2 543
เดือนที่ 7						
ฟาร์ม 1	50	122.078±14 308	18 090±1 045	50	114 857±16 609	17.551±1 079
ฟาร์ม 2	50	118 768±15 835	17 898±0 899	50	115.204±15 461	17 698±0 952
ฟาร์ม 3	50	125 374±21 891	18 356±1 171	50	110 670±19 182	17 442±0 948
สถานีฯ	50	163 974±41 694	20 464±1 744	50	138 650±31 638	19.040±3 121
เดือนที่ 8						
ฟาร์ม 1	50	125 308±17 028	18 928±1 214	50	118 676±13 639	18.666±0 606
ฟาร์ม 2	50	122 608±18 684	18 594±1 041	50	117 066±21 778	18 128±1 845
ฟาร์ม 3	50	129 074±19 858	19 114±1 043	50	114 880±12 896	18 234±0 696
สถานีฯ	50	166 794±31 229	20 766±1 694	50	143 036±24 897	19 456±1 240

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg/L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L) ความเป็นด่าง (mg/L) ความกระด้าง (mg/L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นพ่อแม่ P'_{o}และ P_{o} ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8 30 - 9.30 น.

ระยะเวลา	บ่อ No	อุณหภูมิน้ำ (^{o}C)	ออกซิเจน (mg/L)	คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ความกระด้าง (mg/L)	ความเป็นกรดเป็นด่าง
พย.-ธค 36	505	23 7	5 7	4.8	170	155	7 2
	506	23 7	5.6	4 7	175	150	7 1
ธค -มีค.37	509	23.7	5.8	4 9	175	155	7 3
	511	23.7	5 7	4.8	170	150	7.3
มีค -มิย.37	509	29 8	5 7	4 8	170	150	7.1
	511	29.8	5 8	4 9	175	155	7.2
	513	29 8	5 7	4.7	175	155	7 1
	515	19 8	5 8	4 8	170	150	7 2

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg/L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L) ความเป็นด่าง (mg/L) ความกระด้าง (mg/L) ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ $1F_{1C}$ และ F_{1S} ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8.30 - 9.30 น.

ระยะเวลา	บ่อ No	อุณหภูมิน้ำ (^{o}C)	ออกซิเจน (mg/L)	คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L)	ความเป็นด่าง (mg/L)	ความกระด้าง (mg/L)	ความเป็นกรดเป็นด่าง
สายคัดพันธุ์ (selected line)							
มิย.-กค 37	507	27.6	5.7	4 5	180	155	7.2
	508	27.6	5.6	4.9	170	155	7.1
กค -ตค 37	513	27 3	5.5	4.9	180	155	7.2
	515	27 3	5.5	4 8	185	150	7 1
ตค -มค 38	505	23 5	5 6	4 8	185	165	7 2
	506	23 5	5 5	4 9	180	160	7.1
	507	23 5	5.5	4 8	175	155	7 2
	508	23 5	5 6	4 7	180	160	7 2
สายไม่คัดพันธุ์ (control line)							
มิย -กค 37	501	27 6	5 5	4 7	180	160	7 2
	502	27 6	5 6	4 6	170	175	7 2
กค-ตค.37	501	27 3	5 4	4.6	175	150	7.2
	502	27 3	5 5	4 5	185	165	7 1
ตค.-มค 38	501	23 5	5 6	4 6	180	165	7 2
	502	23 5	5 5	4 5	185	155	7 2
	502	23 6	5 7	4 8	175	150	7 1
	504	23 5	5 4	4 7	170	155	7 2

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (^{o}C) ออกซิเจน (mg/L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L) ความเป็นด่าง (mg/L) ความกระด้าง (mg/L) ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ของบ่อทดลองในประชากรรุ่นที่ 2 F_{2C} และ F_{2S} ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8.30-9 30 น.

ระยะเวลา	บ่อ No	อุณหภูมิน้ำ (^{o}C)	ออกซิเจน (mg/L)	คาร์บอนไดออกไซด์	ความเป็นด่าง (mg/L)	ความกระด้าง (mg/L)	ความเป็นกรดเป็นด่าง
สายคัดพันธุ์ (selected line)							
มค -กพ 38	505	22 4	6.2	4 5	186	160	7.1
	506	22.4	6 1	4 6	175	150	7.3
กพ -พค.38	505	29 0	5 8	4.8	175	155	7 1
	506	29 0	5 7	4.7	170	160	7 2
สายไม่คัดพันธุ์ (control line)							
มค.-กพ.38	503	22 4	6 0	4.6	175	160	7.2
	504	22.4	6 1	4 5	170	150	7.2
กพ -พค38	503	29.0	5 9	4 7	170	150	7.2
	504	29 0	5 8	4 5	175	155	7 1

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (°C)ออกซิเจน (mg/L) คาร์บอนไดออกไซด์ (mg/L) ความเป็นด่าง (mg/L) ความกระด้าง (mg/L) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)ของบ่อทดลองในฟาร์มเกษตรกรและสถานีประมงฯ ทำการเก็บตัวอย่างการวิเคราะห์น้ำช่วงเวลาประมาณ 8.30-9 30 น และสายคัดพันธุ์เลี้ยงรวมกับสายไม่คัดพันธุ์ในบ่อเดียวกัน

ระยะเวลา	บ่อ	อุณหภูมิน้ำ (°C)	ออกซิเจน (mg/L)	คาร์บอนไดออกไซด์	ความเป็นด่าง (mg/L)	ความกระด้าง (mg/L)	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
2 พค.38-2 มค 39	A	26 4	6 2	3 4	100	124	6.9
2 พค 38-2 มค.39	B	26 7	6 3	3.2	105	115	6 8
2 พค.38-2 มค.39	C	26.5	6 4	3 3	115	130	6.9
2 พค.38-2 มค 39	D	26.8	6.8	3.1	130	145	7.1