

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓/๒๕๕๒



Technical Paper No. 3/2009

การผสมข้ามปลานิลแดงจาก ๓ แหล่งพันธุ์

Cross Breeding of Red Tilapia from 3 Hatchery Stocks

กฤษฎพันธ์ โกเมนไปรินทร์

Kridsanupan Komanpririn

เมตตา ทิพย์บรรพต

Metta Tipbunpot

สุชาติ จุลอตุณ

Suchat Jul-a-dung

สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ

Aquatic Animal Genetics Research and

Development Institute

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives



	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	4
วัตถุประสงค์	5
วิธีดำเนินการ	5
1. แหล่งพันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลอง	5
2. การเตรียมปลาทดลอง	5
3. วิธีดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล	6
4. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ	7
5. การวิเคราะห์ข้อมูล	7
ผลการศึกษา	9
1. การเจริญเติบโต	9
2. อัตรารอด	10
3. การเปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่าง	13
4. ผลด้านพันธุกรรมจากการผสมข้าม	14
5. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในกระชังทดลอง	16
สรุปและวิจารณ์ผล	17
คำขอบคุณ	19
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	23

ตารางที่

หน้า

1	ความยาวมาตรฐานและน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปลานิลแดง 9 แบบการผสม ที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง	10
2	ค่าเฉลี่ยความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอดตาย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปลานิลแดง 9 แบบการผสมแสดงผลแบบรวมเพศที่ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน	11
3	ค่าเฉลี่ยความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปลานิลแดง 9 แบบการผสม แสดงผลแบบแยกเพศ ที่ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน	12
4	ค่าเฉลี่ย heterosis ในด้านความยาวมาตรฐานน้ำหนัก และอัตรารอดตายของปลานิลแดง จากการผสมข้ามแหล่งพันธุ์ 6 แบบ	15
5	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลแดง 9 แบบการผสม โดยการเลี้ยงในกระชังที่จังหวัดชุมพร ระยะเวลา 120 วัน	16

ตารางผนวกที่

1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวมาตรฐาน และน้ำหนักเริ่มต้นของ ปลานิลแดง 9 แบบการผสม ที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร	23
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตรารอดตาย ของปลานิลแดง 9 แบบการผสม ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 120 วัน	24
3	ผลการวิเคราะห์ multivariate test statistics ของลักษณะรูปร่างโดยรวม เปรียบเทียบ ระหว่างปลานิลแดง 9 แบบการผสม	26
4	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนต่างๆ ต่อความยาวมาตรฐานลำตัวปลา และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างปลานิลแดง 9 แบบการผสม	27

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | ความสัมพันธ์ระหว่าง factor (1) และ factor (2) จากผลการวิเคราะห์ discriminant function analysis ของระยะ truss morphometric ปลานิลแดง 9 แบบการผสม | 14 |
| 2 | ค่า heterosis ของความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก และอัตราการตายของปลานิลแดง จากการผสมข้ามแหล่งพันธุ์ 6 แบบ | 15 |

ภาพผนวกที่

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | จุดพิกัดต่างๆ ของปลานิลแดงที่ใช้กำหนดในการสร้างข้อมูล truss morphometric network | 28 |
|---|--|----|

การผสมข้ามปลานิลแดงจาก ๓ แหล่งพันธุ์

กฤษฎพันธ์ โกเมนไปรินทร์* เมตตา ทิพย์บรรพต และ สุชาติ จุลอตุณ

ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร กรมประมง

บทคัดย่อ

การทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและสัดส่วนรูปร่างของปลานิลแดงที่ได้จากการผสมข้ามแบบพบกันหมด (diallel cross) ระหว่างพันธุ์ที่มาจาก 3 แหล่งพันธุ์ได้แก่ (1) พันธุ์ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร (C) เป็นพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตเป็นรุ่นที่ 2 (2) พันธุ์ที่นำมาจากสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดกำแพงเพชร (K) และ (3) พันธุ์จากฟาร์มเอกชนจังหวัดสุราษฎร์ธานี (S) ผลิตเป็น 9 แบบการผสม คือ CC, KK, SS, CK, CS, KC, KS, SC และ SK ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม 2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2552 ภายใต้สภาพการเลี้ยงในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ในอ่างเก็บน้ำศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร เป็นระยะเวลา 120 วัน ลูกปลามีความยาวมาตรฐานเริ่มต้นเฉลี่ย 13.21 ± 1.16 - 13.53 ± 1.28 เซนติเมตร และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 42.45 ± 10.67 - 45.82 ± 12.97 กรัม ปล่อยในอัตรา 50 ตัว/กระชัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปลานิลแดงจากการผสมแบบ CC มีความยาวมาตรฐานน้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกับแบบการผสม KC, CS, KK และ SC แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับอัตราการรอดตายของปลานิลแดงจากการผสมสลับทั้ง 9 แบบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และจากการเปรียบเทียบสัดส่วนโดยรูปร่างปลานิลแดงจากการผสมทั้ง 9 แบบโดยวิธี truss morphometric network พบว่า สัดส่วนรูปร่างโดยรวมแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยลูกผสมที่เกิดจากแหล่งพันธุ์ S และ K มีรูปร่างไม่แตกต่างจากพ่อแม่พันธุ์ ส่วนลูกผสมที่เกิดจากแหล่งพันธุ์ C มีความแตกต่างจากพ่อแม่พันธุ์ค่อนข้างชัดเจน และจากการวิเคราะห์สัดส่วนโดยวิธี pairwise comparison พบว่าปลานิลแดงทั้ง 9 แบบการผสมมีสัดส่วนหัว สัดส่วนความลึกของลำตัว และสัดส่วนความลึกของคอดหางต่อความยาวมาตรฐานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยแบบการผสมที่มีแหล่งพันธุ์ C เป็นพ่อแม่พันธุ์ ทำให้ลูกผสมมีสัดส่วนหัวเล็ก ส่วนปลานิลแดงแบบการผสมที่มีแหล่งพันธุ์ K และ S เป็นพ่อแม่พันธุ์ ทำให้ลูกผสมมีสัดส่วนความลึกของลำตัว และความลึกของคอดหางเพิ่มขึ้น

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

ปลานิลแดงแบบการผสม CS และ KS มีค่า heterosis ของความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก และ อัตรารอดตายเป็นค่าบวกทั้งหมด ซึ่งแสดงว่าปลานิลแดงทั้ง 2 แบบการผสม มีค่าดังกล่าวสูงกว่าปลานิลแดง ที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ ประมาณ 1.78 – 33.33 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า ปลานิลแดงแบบการ ผสม CC ให้ลูกปลานิลแดงที่มีการเจริญเติบโตเร็ว และอัตรารอดตายสูง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงใน เขตจังหวัดชุมพร

สำคัญ : ปลานิลแดง การผสมข้าม การเจริญเติบโต

Cross Breeding of Red Tilapia from 3 Hatchery Stocks

Kridsanupan Komanpririn * Metta Tipbunpot and Suchat Jul a dung

Chumphon Fisheries Test and Research Center, Department of Fisheries.

Abstract

Diallele cross among 3 hatchery stocks of red tilapia from Chumphon (C), Kampaengpetch (K), and Suratthani (S) was operated at the Chumphon Fisheries Test and Research Center during October 2007 to February 2009. The crossing fish named CC, KK, SS, CK, CS, KC, KS, SC, and SK with an initial size of 13.21 ± 1.16 - 13.53 ± 1.28 cm and 42.45 ± 10.67 - 45.82 ± 12.97 g were reared in 1 m^3 floating net cages with the stocking density of 50 fish/cage and fed to satiation by 30% protein pellet for 120 days. At the end of experiment, statistical analysis on standard length, body weight, daily weight gain and specific growth rate of the fish showed that the CC was not different from KC, CS, KK, and SC, but significantly different ($p < 0.05$) from the other. There were not significantly different in survival rate among the 9 crosses. Morphological comparison using truss morphometric network showed that the morphological structures among the 9 crosses were significantly different ($p < 0.01$). The proportion of head depth, body depth and peduncle depth to standard length were also significantly different ($p < 0.05$).

The CS and KS gave positive heterosis values on standard length, weight and survival rate, which performed 1.78 - 33.33 % better than their parental stocks. In conclusion, the CC red tilapia gave higher growth performance which appropriate for culture in Chumphon.

Key words: red tilapia, cross breeding, growth

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

e-mail : kidsanupan@hotmail.com

คำนำ

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรและกระแสด้านความนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การบริโภคเนื้อสัตว์ประเภทเนื้อปลามีแนวโน้มความต้องการเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเนื้อปลาจัดว่าเป็นสินค้าที่ตลาดมีความต้องการบริโภคสูง จากความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้กรมประมงและภาคเอกชนให้ความสำคัญในการพัฒนาสายพันธุ์ปลาชนิดใหม่ๆ ที่มีศักยภาพทางการเพาะเลี้ยงและการตลาด ตลอดจนสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมเพื่อรองรับต่อความต้องการ ซึ่งในปัจจุบันพบว่า ปลานิลแดงได้กลายเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจของไทยที่มีศักยภาพสูงในการบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออก โดยมีปริมาณการส่งออกในปี 2549 จำนวน 3,748.23 ตัน มูลค่ากว่า 425 ล้านบาท (กรมประมง, 2550)

การศึกษาด้านการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลแดงในประเทศไทยนั้น กรมประมง โดยหน่วยงานต่างๆ เช่น สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ ได้พยายามศึกษาค้นคว้าทางวิชาการ ซึ่งเริ่มต้นในปี 2528 โดยใช้วิธีการคัดพันธุ์ปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยจากลักษณะการเจริญเติบโตก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์ (พรรณศรี, 2528) ต่อจากนั้นได้มีการศึกษาการตอบสนองการคัดพันธุ์ปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยจากการเจริญเติบโตโดยการกำหนดค่าน้ำหนักจำเพาะ จำนวน 5 รุ่น (พรรณศรี และคณะ, 2529; พรรณศรี และคณะ, 2531) และได้มีการศึกษาการคัดพันธุ์ปลานิลแดงสายพันธุ์ไทย โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบหมู่เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตจำนวน 2 รุ่น (กฤษฎพันธ์ และสง่า, 2550) ในขณะเดียวกันได้มีการศึกษาด้านการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลแดงให้มีความสามารถทนเค็ม ในน้ำความเค็มระดับ 25-30 ส่วนในพัน (นวลมณี และคณะ, 2552)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปลานิลแดง ให้มีลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจเชิงเพาะเลี้ยงที่ดี มีการเจริญเติบโตที่เร็ว ปริมาณเนื้อที่บริโภคได้มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว สีสันตัวมีสีแดงสม่ำเสมอ ไม่มีกระสีดำบริเวณลำตัว โดยใช้วิธีการผสมข้ามภายในชนิดเดียวกัน (intraspecific cross) เพื่อใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสัดส่วนของจีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซโกต (heterozygote) ของประชากร และเกิด heterosis หรือ hybrid vigor ซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้ลูกผสมที่ได้จะมีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (สมชัย, 2530) การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกพันธุ์ปลานิลแดงที่มีลักษณะเด่นจาก 3 แหล่งพันธุ์ นำมาผสมแบบพบกันหมดแล้วนำประชากรรุ่นลูกที่ได้ไปเลี้ยงเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ลักษณะสัดส่วนรูปร่าง อัตรารอดตาย และความเด่นของลูกผสมเพื่อคัดเลือกกลุ่มผสมที่ให้พันธุ์ปลานิลแดงลูกผสมที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ลักษณะรูปร่างที่ดี อัตรารอดตายสูงเหมาะสมต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงเชิงการค้าต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และรูปร่างของลูกปลานิลแดงที่เกิดจากคู่ผสมแบบพบกันหมดระหว่างปลานิลแดง 3 แหล่งพันธุ์
2. เพื่อประเมินค่าเสดเทอโรซิสจากการผสมข้ามสลับระหว่างปลานิลแดง 3 แหล่งพันธุ์

วิธีดำเนินการ

1. แหล่งพันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลอง

พันธุ์ปลานิลแดงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้รวบรวมมาจากแหล่งเพาะเลี้ยง จำนวน 3 แห่ง คือ

- 1) พันธุ์ของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร (C) เป็นพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตโดยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่เป็นรุ่นที่ 2 (กฤษฎพันธ์ และสง่า, 2550)
- 2) พันธุ์ที่นำมาจากสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดกำแพงเพชร (K) เป็นพันธุ์ที่สถานีประมงน้ำจืดกำแพงเพชรพัฒนาพันธุ์ขึ้นมาใช้ในการเพาะเลี้ยงของสถานี
- 3) พันธุ์จากฟาร์มเอกชนจังหวัดสุราษฎร์ธานี (S) เป็นพันธุ์ปลาที่ นายภิญโญ พัฒน์แซม ได้ดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ปลานิลแดงที่เกษตรกรนิยมใช้เลี้ยงในจังหวัดสุราษฎร์ธานีมาเป็นพ่อแม่พันธุ์

2. การเตรียมปลาทดลอง

นำพันธุ์ปลานิลแดงของแต่ละแหล่งอายุ 1 เดือน ขนาด 2-3 เซนติเมตร จำนวน 3,000 ตัว มาเลี้ยงแยกในกระชังจนปลาอายุ 6 เดือน จึงทำการคัดแยกเพศ และสุ่มพ่อแม่พันธุ์ จำนวนเพศละ 60 ตัว/แหล่งพันธุ์ บันทึกน้ำหนักและวัดความยาว จากนั้นนำมาเพาะพันธุ์ในกระชังมุ้งฟ้าขนาด 12 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 9 กระชัง โดยปล่อยพ่อแม่พันธุ์ในอัตรา 20 : 20 ตัว/กระชัง ตามรูปแบบการเพาะพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross) (อุทัยรัตน์, 2543) ระหว่างปลานิลแดง 3 แหล่งพันธุ์ โดยใช้ชื่อแม่พันธุ์ก่อนตามด้วยชื่อพ่อพันธุ์ ได้เป็น 9 แบบการผสม ดังนี้

1) พันธุ์ชุมพร กับ พันธุ์ชุมพร (CC)

2) พันธุ์กำแพงเพชร กับ พันธุ์กำแพงเพชร (KK)

3) พันธุ์ฟาร์ม กับ พันธุ์ฟาร์ม (SS)

4) พันธุ์ชุมพร กับ พันธุ์กำแพงเพชร (CK)

5) พันธุ์ชุมพร กับ พันธุ์ฟาร์ม (CS)

6) พันธุ์กำแพงเพชร กับ พันธุ์ชุมพร (KC)

7) พันธุ์กำแพงเพชร กับ พันธุ์ฟาร์ม (KS)

8) พันธุ์ฟาร์ม กับ พันธุ์ชุมพร (SC)

9) พันธุ์ฟาร์ม กับ พันธุ์กำแพงเพชร (SK)

ดำเนินการแยกอนุบาลลูกปลาที่ได้จากการผสมทั้ง 9 แบบเป็นเวลา 2 เดือน (ลูกปลามีขนาด 30 - 40 กรัม) ทำการคัดแยกเพศ และคัดเลือกแบบสุ่มลูกปลาจากการผสมแบบละ 50 ตัว (เพศผู้ 25 ตัว และเพศเมีย 25 ตัว) เพื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบต่อไป

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552

3. วิธีดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 แผนงานทดลอง

การทดสอบดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) โดยทดลองเลี้ยงเปรียบเทียบปลาจากการผสม 9 แบบ (treatment) ในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 27 กระชัง ปล่อยปลาแบบการผสมละ 3 กระชัง (replication) อัตราการปล่อยกระชังละ 50 ตัว (เพศผู้ 25 ตัว และเพศเมีย 25 ตัว)

3.2 การดูแลและเก็บรวบรวมข้อมูล

ปลาทดลองได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ประเภทปลาคุกกี้เล็กพิเศษซึ่งมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จนอิ่มวันละ 2 ครั้ง (เช้า และเย็น) เป็นเวลา 60 วัน หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นอาหารประเภทปลาคุกกี้เล็กซึ่งมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน จนสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 120 วัน

ดำเนินการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลแดง 9 แบบ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง โดยสุ่มปลานิลแดงเพศละ 15 ตัว/กระชัง มาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของปลาแต่ละตัว เดือนละครั้ง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการวัดสัดส่วนรูปร่างปลานิล ตามวิธี truss morphometric analysis (Strauss and Bookstein, 1982; Corti *et al.*, 1987) ซึ่งได้กำหนด truss morphometric network จำนวน 8 ตำแหน่ง และบันทึกระยะห่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) ระหว่างจุดพิภัก (truss distance) รวมทั้งสิ้น 16 ระยะ ได้แก่ ปลายสุดของริมฝีปากบน (end of upper maxilla) ส่วนปลายสุดของ supraoccipital ส่วนด้านในของโคนครีบท้อง (upper insertion of ventral fin) ส่วนโคนของก้านครีบแข็งอันแรกของครีบหลัง (insertion first spine of dorsal fin) ส่วนโคนของก้านครีบบอนอันสุดท้ายของครีบกัน (insertion last ray of anal fin) ส่วนโคนของก้านครีบบอนอันสุดท้ายของครีบหาง (insertion last ray of caudal fin) รอยต่อด้านล่างของครีบหาง (lower

insertion of caudal fin) รอยต่อด้านบนของครีบทหาง (upper insertion of caudal fin) โดยสุ่มปลานิลแดงเพศละ 15 ตัว/กระชัง เช็ดตัวปลาให้แห้ง แล้ววางตัวอย่างปลาบนกระดาษเปล่า ใช้เข็มเย็บกดเครื่องหมายตามพิกัดจุดต่างๆ ของตัวปลา เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูล และวัดสัดส่วนตัวปลา 3 ค่า ได้แก่ ความลึกของส่วนหัว วัดเป็นแนวตั้งฉากผ่านกึ่งกลางของตา (head depth, HD) ความลึกของลำตัว วัดแนวตั้งฉากของกึ่งกลางลำตัว (body depth, BD) ความลึกของคอคหาง วัดแนวตั้งฉากของส่วนของคอคหาง (caudal peduncle depth, CD) ตามภาพภาคผนวกที่ 1

4. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเวลาประมาณ 07.00 – 07.30 น. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในกระชังทดลองทุกเดือน ก่อนทำการชั่ง-วัดปลา ซึ่งมีดัชนีที่วิเคราะห์ดังนี้

- ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ WTW รุ่น 320
- ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen, มิลลิกรัม/ลิตร) โดยวิธี titration (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)
- ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity, มิลลิกรัม/ลิตร) โดยวิธี titration (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)
- ความกระด้างของน้ำ (hardness, มิลลิกรัม/ลิตร) โดยวิธี titration (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)
- อุณหภูมิของน้ำ (temperature, องศาเซลเซียส) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตราการตาย

5.1.1 ความยาวมาตรฐาน และน้ำหนักเฉลี่ย

5.1.2 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (daily weight gain, DWG) คำนวณตาม Everhart *et al.* (1975) ; Ricker (1979) จากสูตร

$$\text{น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่ใช้ทดลอง}}$$

5.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) คำนวณตาม Brown (1957) จากสูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (\%/วัน)} = \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาสุดท้าย} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

5.1.4 อัตรารอดตาย (survival rate) คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตรารอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนเริ่มต้นทดลอง}} \times 100$$

นำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวข้างต้นไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance) โดยใช้โปรแกรม SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง (treatment) เมื่อพบอิทธิพลของชุดการทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของชุดการทดลองเป็นคู่ๆ ด้วยวิธี Tukey's test (Wilkinson *et al.*, 1992) โดยข้อมูลอัตรารอดตายทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี angular transformation (Sokal and Rohlf, 1981) เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้มีการกระจายแบบปกติ (normal distribution)

5.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่าง

วิเคราะห์เปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่างปลานิลแดงทั้ง 9 แบบการผสม 2 วิธี คือ

5.2.1 เปรียบเทียบด้วยวิธี multivariate morphometry หรือ truss morphometric analysis

โดยนำข้อมูล ระยะห่าง 16 ระยะ ที่บันทึกไปวิเคราะห์ โดยวิธี discriminant function analysis (Manly, 1994) โดยใช้สมการดังนี้

$$\zeta_i = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{16}x_{16}$$

โดย ζ_i คือ canonical discriminate function

a_i คือ dependent variable canonical coefficients

x_i คือ ระยะระหว่างจุดพิกัด (truss distance)

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992)

5.2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนต่างๆ ของตัวปลาด้วยวิธี analysis of variance

โดยนำข้อมูลสัดส่วนตัวปลา 3 ค่า คือ ความลึกของส่วนหัว ความลึกของลำตัว และความลึกของคอคอดหาง ต่อความยาวมาตรฐานของลำตัว นำข้อมูลที่ได้ไปแปลงข้อมูลแบบ arcsine

transformation เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) ตามวิธีการของ Sokal and Rohlf (1981)

การเปรียบเทียบสัดส่วนใช้โมเดลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ตามแบบของ Sokal and Rohlf (1981) ซึ่งมีปัจจัยหลักคืออิทธิพลของแบบการผสม และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแบบการผสม โดยวิธี Tukey's test ตามโปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992)

5.3 การวิเคราะห์ผลด้านพันธุกรรมจากการผสมข้ามแบบสลับ

ประเมินค่าความเด่นของลูกพันธุ์จากการผสมสลับหรือ heterosis ตามสูตรการคำนวณของ Falconer and Mackay (1996) ดังนี้

$$\text{heterosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกพันธุ์จากการผสมสลับ} - \text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}} \times 100$$

โดยค่าเฉลี่ยของลูกพันธุ์จากการผสมสลับนั้น คำนวณจากลูกผสมที่เกิดขึ้นจากทุกแบบของการผสมแหล่งพันธุ์แม่และแหล่งพันธุ์พ่อแบบพบกันหมด

ผลการศึกษา

1. การเจริญเติบโต

ปลานิลแดงทั้ง 9 แบบการผสมมีความยาวมาตรฐานเริ่มต้นเฉลี่ย $13.21 \pm 1.16 - 13.53 \pm 1.28$ เซนติเมตร และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย $42.45 \pm 10.67 - 45.82 \pm 12.97$ กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลา 120 วัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปลานิลแดงจากแบบการผสม CC มีการเจริญเติบโตด้านความยาวมาตรฐานเฉลี่ยแบบรวมเพศเป็น 22.23 ± 3.08 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากแบบการผสม KC และ CS แต่มีค่ามากกว่าปลานิลแดงแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

ปลานิลแดงแบบการผสม CC มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ยแบบรวมเพศเป็น 429.61 ± 128 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างจากแบบการผสม KK และ CS แต่มีค่ามากกว่าปลานิลแดงแบบการผสมแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

ปลานิลแดงจากแบบการผสม CC มีการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ยต่อวันแบบรวมเพศเป็น 3.22 ± 0.42 กรัม/วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากแบบการผสม KK, KC, SC และ CS แต่มีค่ามากกว่าปลานิลแดงแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

ปลานิลแดงจากแบบการผสม CC มีการเจริญเติบโตโดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแบบรวมเพศเป็น 0.83 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากแบบการผสม KK, KC, SC และ CS แต่มีค่ามากกว่าปลานิลแดงแบบการผสมแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแยกเพศแล้วพบว่า ผลการวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยของเพศเมีย และเพศผู้ เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการวิเคราะห์แบบรวมเพศ (ตารางที่ 3 และตารางผนวกที่ 2)

2. อัตรารอดตาย

อัตรารอดตายของปลานิลแดงจากการผสมทั้ง 9 แบบเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตรารอดตายระหว่าง 94.67 ± 5.03 - 98.67 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

ตารางที่ 1 ความยาวมาตรฐานและน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปลานิลแดง 9 แบบ การผสม ที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง

แบบการผสม (เพศเมีย × เพศผู้)	ความยาวมาตรฐานเฉลี่ย (เซนติเมตร)			น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)		
	เพศผู้	เพศเมีย	รวมเพศ	เพศผู้	เพศเมีย	รวมเพศ
CC	14.51 ± 0.56^a	12.35 ± 0.34^a	13.43 ± 1.20^a	54.00 ± 5.64^a	32.80 ± 3.99^a	43.40 ± 11.87^a
KK	14.30 ± 0.23^a	12.37 ± 0.57^a	13.33 ± 1.08^a	53.25 ± 3.01^a	34.10 ± 4.58^a	43.67 ± 10.52^a
SS	14.52 ± 0.38^a	12.02 ± 0.20^a	13.27 ± 1.31^a	54.20 ± 3.01^a	31.52 ± 2.20^a	42.86 ± 11.91^a
CK	14.43 ± 0.33^a	12.42 ± 0.31^a	13.42 ± 1.08^a	54.50 ± 3.57^a	34.95 ± 3.39^a	44.72 ± 10.58^a
CS	14.57 ± 0.40^a	12.04 ± 0.24^a	13.30 ± 1.33^a	55.55 ± 4.79^a	31.45 ± 2.59^a	43.50 ± 12.92^a
KC	14.71 ± 0.36^a	12.35 ± 0.50^a	13.53 ± 1.28^a	57.60 ± 5.58^a	32.35 ± 4.50^a	44.97 ± 13.86^a
KS	14.62 ± 0.31^a	12.17 ± 0.64^a	13.39 ± 1.35^a	56.80 ± 4.74^a	34.85 ± 8.06^a	45.82 ± 12.97^a
SC	14.31 ± 0.21^a	12.22 ± 0.32^a	13.27 ± 1.11^a	52.90 ± 2.18^a	32.40 ± 2.56^a	42.65 ± 10.77^a
FK	14.33 ± 0.16^a	12.10 ± 0.19^a	13.21 ± 1.16^a	52.45 ± 2.73^a	32.45 ± 3.27^a	42.45 ± 10.67^a

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอดตาย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปลานิลแดง 9 แบบการผสมแสดงผลแบบรวมเพศที่ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน

แบบการผสม (เพศเมีย × เพศผู้)	ความยาวมาตรฐาน (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	DWG (กรัม/วัน)	SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
CC	22.13±3.08 ^a	429.61±128.00 ^a	3.22±0.42 ^a	0.83±0.04 ^a	96.67±5.77 ^a
KK	21.36±1.85 ^b	392.50±103.22 ^{abc}	2.91±0.23 ^{ab}	0.79±0.02 ^{ab}	94.67±5.03 ^a
SS	18.99±1.86 ^d	249.71±71.44 ^c	1.72±0.06 ^d	0.64±0.01 ^d	97.33±1.15 ^a
CK	21.33±1.58 ^b	356.46±80.14 ^c	2.60±0.07 ^{bc}	0.75±0.01 ^{bc}	96.67±4.16 ^a
CS	22.59±1.94 ^a	406.22±104.92 ^{ab}	3.02±0.08 ^{ab}	0.81±0.01 ^a	94.67±1.15 ^a
KC	21.86±1.73 ^{ab}	381.39±94.55 ^{bc}	2.80±0.03 ^{ab}	0.77±0.01 ^{ab}	95.33±4.16 ^a
KS	20.36±1.83 ^c	352.14±97.85 ^c	2.55±0.09 ^{bc}	0.74±0.01 ^{bc}	98.00±2.00 ^a
SC	21.40±2.37 ^b	373.70±122.03 ^{bc}	2.76±0.13 ^{ab}	0.79±0.02 ^{ab}	98.67±1.15 ^a
SK	19.66±1.83 ^{cd}	303.72±78.00 ^d	2.18±0.25 ^{cd}	0.71±0.04 ^c	97.33±3.06 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับในแนวดังแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปลานิลแดง 9 แบบการผสม แสดงผลแบบแยกเพศ ที่ระยะเวลาเลี้ยง 120 วัน

เพศ	แบบการผสม (เพศเมีย × เพศผู้)	ความยาวมาตรฐาน (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	DWG (กรัม/วัน)	SGR (เปอร์เซ็นต์/วัน)
เมีย	CC	20.38±3.14 ^{abc}	342.11±78.63 ^{ab}	2.58±0.17 ^{ab}	0.85±0.02 ^{abc}
	KK	20.14±1.51 ^{cd}	326.11±74.06 ^{ab}	2.43±0.35 ^{abc}	0.82±0.05 ^{abc}
	SS	18.32±1.77 ^e	225.35±62.56 ^d	1.62±0.15 ^d	0.71±0.03 ^d
	CK	20.34±1.23 ^{bcd}	315.22±60.79 ^b	2.34±0.05 ^{abc}	0.80±0.01 ^{bc}
	CS	21.87±1.49 ^a	369.33±65.00 ^a	2.82±0.12 ^a	0.89±0.01 ^a
	KC	21.31±1.43 ^{ab}	344.00±70.21 ^{ab}	2.60±0.15 ^{ab}	0.86±0.02 ^{ab}
	KS	19.33±1.60 ^{de}	300.11±82.68 ^{bc}	2.21±0.17 ^{bc}	0.78±0.02 ^{bcd}
	SC	19.91±2.11 ^{cd}	301.40±92.16 ^b	2.24±0.23 ^{bc}	0.81±0.03 ^{bc}
	SK	18.83±1.64 ^e	270.44±74.83 ^{cd}	1.98±0.20 ^{cd}	0.77±0.03 ^{cd}
ผู้	CC	23.89±1.76 ^a	517.11±106.28 ^a	3.86±0.77 ^a	0.81±0.06 ^a
	KK	22.57±1.28 ^b	458.89±83.97 ^{ab}	3.38±0.12 ^{ab}	0.78±0.01 ^{ab}
	SS	19.76±1.67 ^d	277.82±71.42 ^c	1.87±0.06 ^d	0.59±0.01 ^d
	CK	22.33±1.26 ^{bc}	398.63±75.90 ^b	2.87±0.13 ^{bc}	0.72±0.01 ^{bc}
	CS	23.31±2.08 ^{ab}	443.11±123.52 ^b	3.23±0.09 ^{ab}	0.75±0.01 ^{ab}
	KC	22.42±1.84 ^{bc}	418.78±101.46 ^b	3.01±0.15 ^{abc}	0.72±0.02 ^{bc}
	KS	21.40±1.43 ^{cd}	404.18±83.62 ^b	2.89±0.00 ^{bc}	0.71±0.00 ^{bc}
	SC	22.89±1.52 ^{ab}	446.00±104.58 ^b	3.28±0.04 ^{ab}	0.77±0.00 ^{ab}
	SK	20.49±1.63 ^d	337.00±66.64 ^c	2.35±0.41 ^{cd}	0.66±0.05 ^{cd}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. การเปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่าง

3.1 การเปรียบเทียบรูปร่างโดยรวม

ผลการวิเคราะห์ multivariate test statistics ของระยะ truss เปรียบเทียบรูปร่างลักษณะของลำตัว โดยรวมระหว่างการผสมแบบต่างๆ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) ตารางภาคผนวกที่ 3 ซึ่งเมื่อนำค่าระยะ truss ไปใช้กำหนดสมการเพื่อจำแนกแบบการผสมได้ค่า canonical discriminant function ดังนี้

$$\xi_1 = -1.292X_1 + 0.180X_2 - 0.048X_3 + 0.198X_4 + 0.488X_5 - 0.188X_6 + 0.153X_7 - 0.434X_8 + 0.176X_9 + 0.135X_{10} + 0.042X_{11} + 0.057X_{12} + 0.095X_{13} + 0.098X_{14} + 0.097X_{15} - 0.159X_{16}$$

และ

$$\xi_2 = -0.263X_1 - 0.156X_2 + 0.376X_3 - 0.582X_4 - 0.098X_5 + 0.028X_6 - 0.099X_7 + 1.023X_8 + 1.069X_9 + 0.293X_{10} - 1.025X_{11} + 0.587X_{12} + 0.153X_{13} - 0.466X_{14} + 0.290X_{15} - 0.365X_{16}$$

เมื่อแทนค่าระยะ truss ที่วัดจากตัวอย่างแต่ละแบบการผสมแทนค่าในสมการค่า canonical discriminant function และเมื่อนำไปแสดงด้วยกราฟ โดยใช้สมการที่ 1 (factor 1) เป็นแนวตั้ง และสมการที่ 2 (factor 2) เป็นแนวนอน พบว่าสามารถจำแนกปลานิลแดงจากการผสมทั้ง 9 แบบ โดย ลูกผสมที่เกิดจากแหล่งพันธุ์ S และ K มีรูปร่างไม่แตกต่างจากพ่อและแม่พันธุ์มากนัก ในขณะที่ลูกผสมที่เกิดจากแหล่งพันธุ์ C มีความแตกต่างจากพ่อและแม่พันธุ์ค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 1)

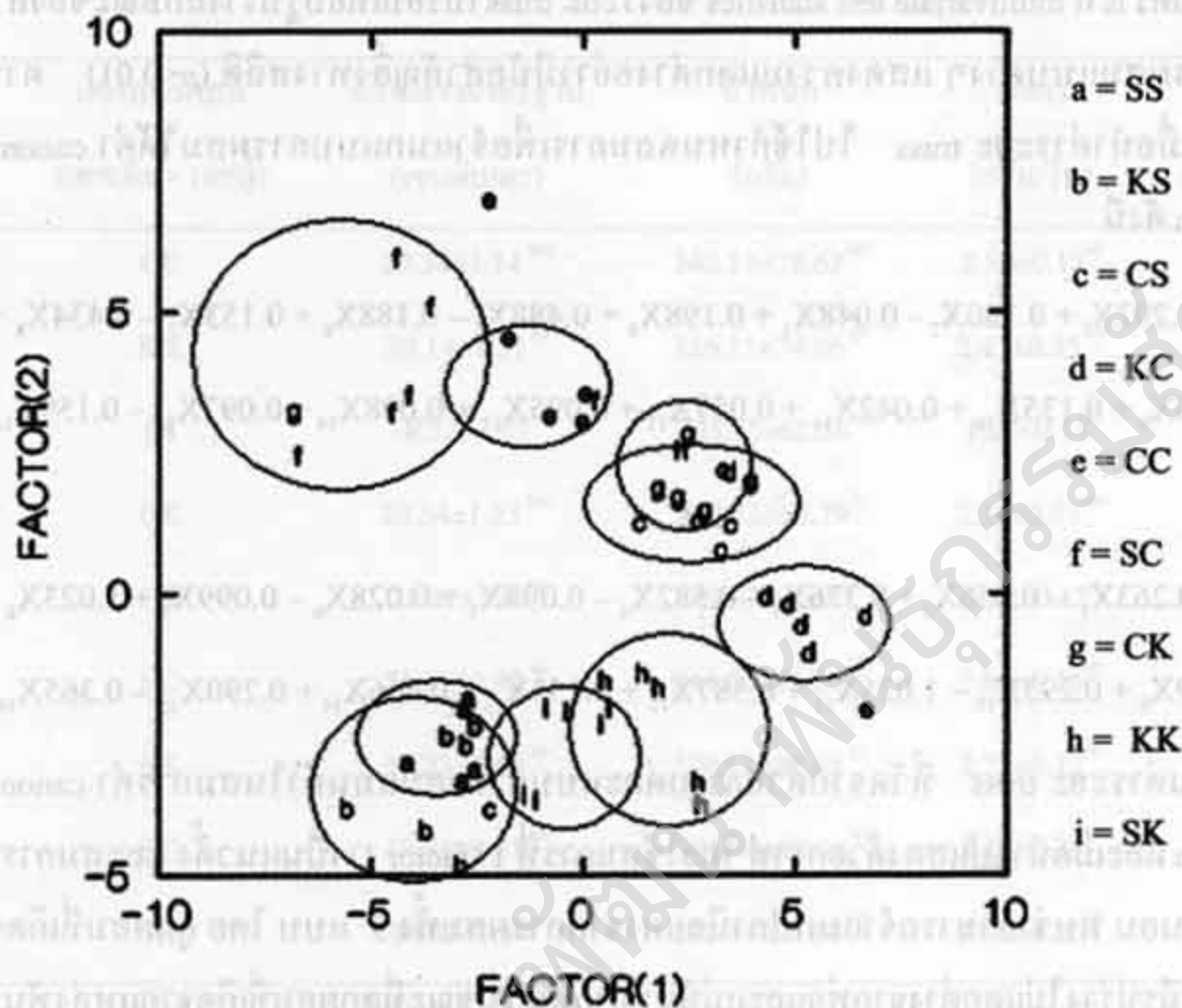
3.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนต่างๆ ของตัวปลา

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสัดส่วนต่างๆ ต่อความยาวมาตรฐานของตัวปลานิลแดงจากการผสมทั้ง 9 แบบ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางผนวกที่ 4 โดยพบว่า

ความลึกของส่วนหัวต่อความยาวมาตรฐานลำตัวของปลานิลแดงจากแบบการผสม SC, KC, CC และ CK มีสัดส่วนน้อยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.212 ± 0.012 , 0.217 ± 0.028 , 0.217 ± 0.021 และ 0.220 ± 0.024 ตามลำดับ และค่าสัดส่วนดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่าปลานิลแดงจากแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความลึกของลำตัวต่อความยาวมาตรฐานลำตัวของปลานิลแดงจากการผสมแบบ CK และ KS มีสัดส่วนมากไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.442 ± 0.038 และ 0.449 ± 0.019 ตามลำดับ และค่าสัดส่วนดังกล่าวนี้มีค่ามากกว่าปลานิลแดงจากแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความลึกของคอดหางต่อความยาวมาตรฐานลำตัวของปลานิลแดงจากการผสมแบบ KS และ SK มีสัดส่วนมากไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.168 ± 0.009 และ 0.165 ± 0.016 ตามลำดับ และค่าสัดส่วนดังกล่าวนี้มีค่ามากกว่าปลานิลแดงจากแบบการผสมอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



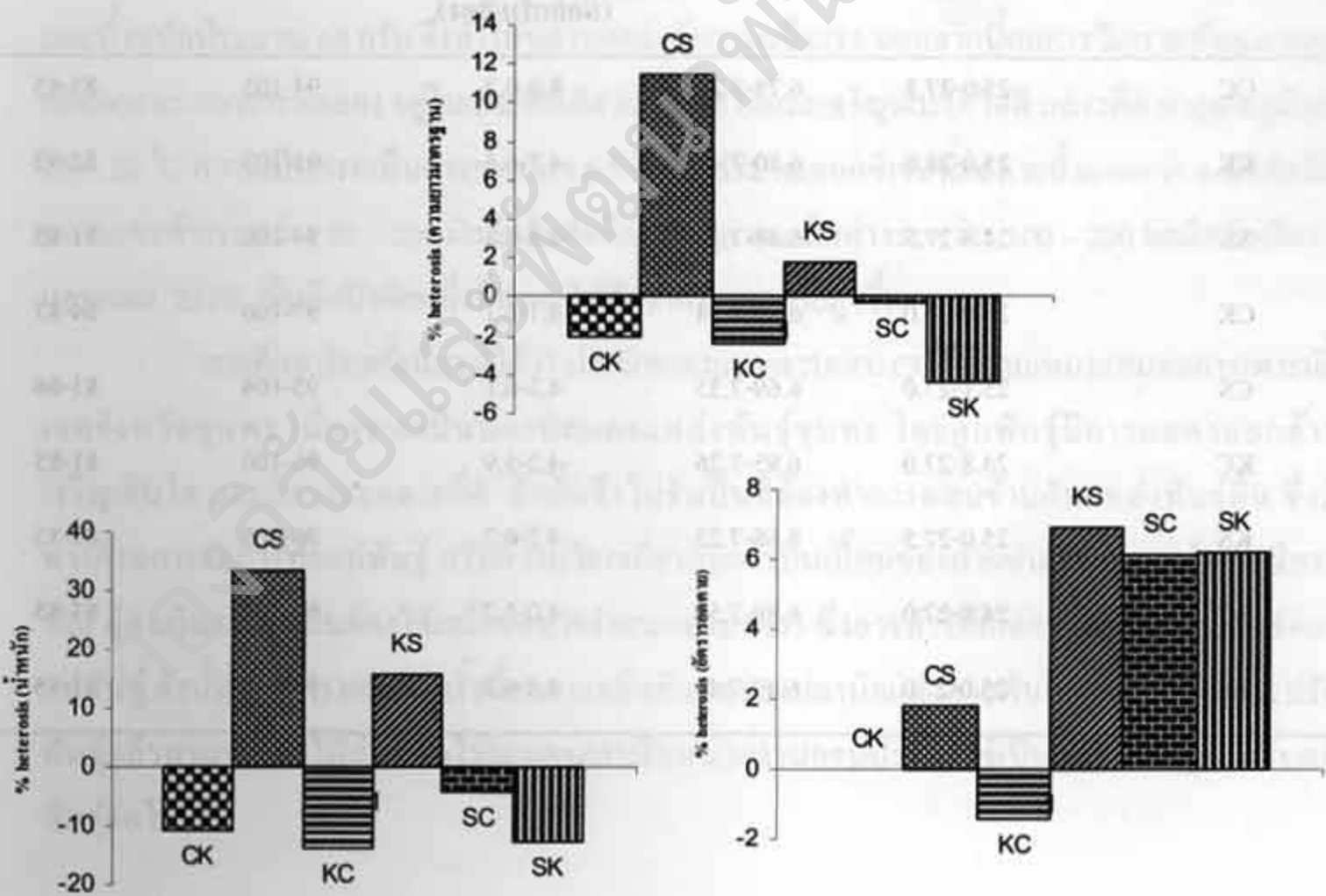
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง factor (1) และ factor (2) จากผลการวิเคราะห์ discriminant function analysis ของระยะ truss morphometric ปลานิลแดง 9 แบบการผสม

4. ผลด้านพันธุกรรมจากการผสมข้าม

ค่าความเด่นของลูกพันธุ์จากการผสมสลับระหว่างปลานิลแดงจากการผสม 6 แบบ พบว่ามีค่าเป็นบวกในแบบการผสม CS และ KS โดยแบบการผสม CS ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ heterosis สูงสุด โดยมีค่าความยาวมาตรฐาน 11.45 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 33.33 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการรอดตาย 1.78 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปลานิลแดงแบบการผสม CS มีความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก และอัตราการรอดตายมากกว่าปลานิลแดงที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ประมาณ 11.45, 33.33, และ 1.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแบบการผสม KS มีค่าเปอร์เซ็นต์ heterosis ของค่าความยาวมาตรฐาน 1.80 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 15.68 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการรอดตาย 6.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย heterosis ในด้านความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก และอัตราการตายของปลานิลแดงจาก
การผสมข้ามแหล่งพันธุ์ 6 แบบ

แบบการผสม (เพศเมีย × เพศผู้)	heterosis (เปอร์เซ็นต์)		
	ความยาวมาตรฐาน	น้ำหนัก	อัตราการตาย
CK	-2.02	-10.96	0.00
CS	11.45	33.33	1.78
KC	-2.41	-13.66	-1.39
KS	1.80	15.68	6.91
SC	-0.28	-4.25	6.10
SK	-4.38	-12.87	6.17



ภาพที่ 2 ค่า heterosis ของความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก และอัตราการตายของปลานิลแดงจากการผสมข้าม
แหล่งพันธุ์ 6 แบบ

5. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในกระชังทดลอง

ผลการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในกระชังทดลองระยะเวลาการทดลอง พบว่าคุณหมอน้ำมีค่าระหว่าง 24.8-28 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 6.48-7.46 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าระหว่าง 4.0-6.5 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้างมีค่าระหว่าง 94-106 มิลลิกรัม/ลิตร และความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 81-92 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทดลองระยะเวลาการเลี้ยงปลานิลแดง 9 แบบการผสม โดยการเลี้ยงในกระชังที่จังหวัดชุมพร ระยะเวลา 120 วัน

แบบการผสม (เพศเมีย × เพศผู้)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเป็น กรดเป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ ละลายน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)
CC	25.0-27.5	6.75-7.23	4.0-6.2	94-105	83-85
KK	25.0-28.0	6.80-7.41	4.7-6.5	95-103	82-92
SS	24.8-27.5	6.48-7.38	4.8-6.4	94-106	81-85
CK	25.0-28.0	6.85-7.34	4.1-6.1	97-106	84-87
CS	25.1-27.0	6.69-7.35	4.3-6.1	95-104	81-86
KC	24.8-27.0	6.95-7.26	4.2-5.9	96-106	81-85
KS	25.0-27.5	6.68-7.23	4.2-6.2	96-105	82-85
SC	24.9-27.0	6.89-7.50	4.0-5.7	98-104	83-85
SK	25.0-27.0	6.49-7.46	4.8-6.3	94-105	81-85

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้

อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

จากการทดลองเลี้ยงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 120 วันของปลานิลแดงจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ที่มาจาก 3 แหล่งพันธุ์ โดยพิจารณาผลทั้งแบบแยกเพศ และรวมเพศ สรุปได้ว่าปลานิลแดงจากแบบการผสม CC และ CS มีการเจริญเติบโตด้านความยาวมาตรฐาน น้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ย 22.13 ± 3.08 , 22.59 ± 1.94 เซนติเมตร 429.61 ± 128 , 406.22 ± 104.92 กรัม 3.22 ± 0.42 , 3.02 ± 0.08 กรัม/วัน และ 0.83 ± 0.04 , 0.81 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบการผสมอื่นๆ

สำหรับอัตราการรอดตายของปลานิลแดงทั้ง 9 แบบการผสม ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งมีอัตราการรอดตายสูงโดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง $94.67 - 98.67$ เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองครั้งนี้การปล่อยลูกปลาลงเลี้ยงในกระชังมีขนาดค่อนข้างโตและมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีขนาดความยาวประมาณ 13 เซนติเมตร และน้ำหนักประมาณ 40 กรัม จึงทำให้ปลาทดลองมีความแข็งแรง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง อยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำอาศัยได้และเจริญเติบโตได้ดี กล่าวคือ ค่าอุณหภูมิระหว่าง $25 - 32^{\circ}\text{C}$ ความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง $6.5 - 8.5$ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้างระหว่าง $80 - 200$ มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นด่างระหว่าง $100 - 200$ มิลลิกรัม/ลิตร (ภาณุและคณะ, 2539) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้อัตราการรอดตายสูงขึ้น

การศึกษานี้สรุปได้ว่า ปลานิลแดงแบบการผสม CC มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงในเขตจังหวัดชุมพร เนื่องจากเป็นปลานิลแดงแหล่งพันธุ์ชุมพร โดยลูกพันธุ์มีการแสดงออกด้านการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายที่ดี ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการผสมข้ามกับแหล่งพันธุ์อื่น ซึ่งมีข้อดีทางด้านการจัดการพ่อแม่พันธุ์ หรือความวิตกเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสายพันธุ์ นอกจากนี้ในกรณีการผสมข้าม ผู้ดำเนินงานจำเป็นต้องใช้เครื่องหมายจำแนกประชากร ซึ่งอาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดการพ่อแม่พันธุ์ ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้สามารถยืนยันผลของปลานิลแดงสายพันธุ์ชุมพร ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์แล้วสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรหรือหน่วยงานกรมประมงใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับผลิตลูกพันธุ์ต่อไป

การเปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่าง

การเปรียบเทียบรูปร่างโดยรวมของปลานิลแดงจากการผสม 9 แบบ สามารถแบ่งกลุ่มปลานิลแดงจากการผสม ทั้ง 9 แบบ ได้ชัดเจน โดยแทนค่าระยะ truss ที่วัดได้ในสมการ canonical discriminant function เพื่อจำแนกแบบผสม และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะสัดส่วนรูปร่างของตัวปลาระหว่างแบบการผสมแล้วจะพบว่า การผสมแบบที่มีแหล่งพันธุ์ C เป็นพ่อพันธุ์หรือแม่พันธุ์ ทำให้ลูกผสมมีสัดส่วนหัวเล็กลง ส่วนปลานิลแดงจากการผสมแบบที่มีแหล่งพันธุ์ K และ S เป็นพ่อพันธุ์หรือแม่พันธุ์ จะทำให้ลูกผสมมีสัดส่วนขนาดความลึกของลำตัว และความลึกของคอดหางมากกว่าแบบการผสมอื่น เพราะฉะนั้นปลานิลแดงแบบการผสม CC จะต้องทำการปรับปรุงลักษณะรูปร่าง ให้มีสัดส่วนขนาดความลึกของลำตัว และความลึกของคอดหางเพิ่มขึ้น จึงจะส่งผลต่อปริมาณเนื้อที่เพิ่มขึ้น

ผลด้านพันธุกรรมจากการผสมข้ามแบบสลับ

การทดลองในครั้งนี้พบว่า การผสมข้ามปลานิลแดงแบบการผสม CS แสดงค่าความเด่นของลูกผสมสูงสุด กล่าวคือมีค่าสูงกว่าพ่อแม่พันธุ์ โดยความยาวมาตรฐาน 11.45 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 33.33 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการรอดตาย 1.78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากต้องการปรับปรุงพันธุ์ปลานิลแดงโดยวิธีการผสมข้าม เพื่อประโยชน์ในการรวมลักษณะที่ดีของปลานิลแดงต่างแหล่งพันธุ์เข้าด้วยกัน จึงแนะนำให้ทำการผสมระหว่างแม่พันธุ์ชุมพรกับพ่อพันธุ์จากฟาร์มเอกชน (CS) จึงจะได้ปลานิลแดงลูกผสมที่มีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงกว่าแหล่งพันธุ์พ่อแม่ ผลจากการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำโดยวิธีการผสมข้ามสายพันธุ์ที่ได้มีการดำเนินการในสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ทั้งการวิจัยในประเทศไทยเช่น ปลาไน (วงศ์ปลามูม และคณะ, 2539; สุภัทรา และคณะ, 2543; สืบพงษ์ และคณะ, 2550) กุ้งก้ามกราม (นวลมณี และคณะ, 2549; สุภัทรา และคณะ, 2550) และปลานิล (นวลมณี และคณะ, 2551) สำหรับการวิจัยในต่างประเทศเช่น การทดลองผสมข้ามปลาเรนโบว์เทราท์สายพันธุ์ต่างๆ พบว่าค่าเฮเทอโรซิสของน้ำหนักตัวที่อายุ 2 ปีมีค่า 19 เปอร์เซ็นต์ (Gall, 1975)

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.สุภัทรา อุไรวรรณ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ ดร.วงศ์ปฐม กมลรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้านการประมง คณะกรรมการวิชาการระดับกองด้านพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ และดร.สง่า ลีสง่า ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพร ที่ได้ให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขและให้คำแนะนำจนรายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี พร้อมกันนี้ขอขอบคุณ คุณสุภาพ แก้วละเหียด หัวหน้าสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงราย และคุณภิญโญ พัฒน์เข้ม เจ้าของฟาร์มปลานิลแดงจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้การสนับสนุนพันธุ์ปลานิลแดงสำหรับการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณข้าราชการและพนักงานของศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำชุมพรทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในการจัดเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2550. เอกสารประกอบการสัมมนา การเพิ่มศักยภาพการผลิตปลานิลเพื่อการส่งออก.

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า.

กฤษฎพันธ์ โกเมนไปรินทร์ และ สง่า ลีสง่า. 2550. การปรับปรุงพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยโดยการคัดเลือกหมู่. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2550. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 27 หน้า.

นวลมณี พงศ์ธนา และ นนทปวิธ ออกแดง. 2549. การผสมข้ามพันธุ์กุ้งก้ามกราม. ใน: รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2549. กรมประมงและศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. หน้า 106 - 115.

นวลมณี พงศ์ธนา, มัลลิกา ทองสง่า และ ประจักษ์ บัวเนียม . 2551. การผสมข้ามปลานิล 2 สายพันธุ์. วารสารการประมง 61(5) : 406-412.

นวลมณี พงศ์ธนา, นนทปวิธ ออกแดง, มัลลิกา ทองสง่า และ ประจักษ์ บัวเนียม. 2552. การคัดพันธุ์ปลานิลแดงให้ทนทานต่อความเค็ม. วารสารการประมง 62(5) : 412-420.

พรรณศรี จริโมภาส. 2528. การคัดพันธุ์ปลานิลแดงสายพันธุ์ไทยจากลักษณะการเจริญเติบโตก่อนถึงวัยเจริญ

พันธุ์ (รุ่นที่ 2) . สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 19 หน้า.

พรรณศรี จริโมภาส และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์ . 2529. การตอบสนองการคัดพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยจาก
การเจริญเติบโตโดยการกำหนดน้ำหนักจำเพาะ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 65. สถาบันประมงน้ำจืด
แห่งชาติ, กรมประมง. 13 หน้า.

พรรณศรี จริโมภาส และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์ . 2531. การตอบสนองการคัดพันธุ์ปลานิลสีแดงสายพันธุ์ไทยจาก
การเจริญเติบโตโดยการกำหนดน้ำหนักจำเพาะ (รุ่นที่ 3-5). เอกสารวิชาการฉบับที่ 87. สถาบัน
ประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 9 หน้า.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และ นวลมณี พงศ์ธนา. 2539.

หลักการเพาะเลี้ยงปลา. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 30. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด,

กรมประมง. 124 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทาง

การประมง. สถาบันประมงแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.

วงศ์ปฐม กมลรัตน์, รจิต จาละ และ สุรินทร์ อภิรักษ์. 2539. การคัดเลือกและปรับปรุงรูปร่างปลาในสาย

พันธุ์พื้นเมือง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง,

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 22 หน้า.

สมชัย จันทรสว่าง. 2530. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 505 หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์, วงศ์ปฐม กมลรัตน์ และ พนิกา แก้วฤทธิ์. 2543. ผลของการ

ผสมข้ามและการผสมเหนียวนำสายพันธุ์ที่มีต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และรูปร่างของ

ปลาใน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2543. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 67
หน้า.

สุภัทรา อุไรวรรณ, ทงภพ อ่ำพลศักดิ์, พนม กระจำพจน์ สอดสุข, วิศณุพร รัตนธวัชวงศ์, สมศักดิ์

รุ่งทองใบสุรีย์, ศรีรัตน์ สอดสุข, ธนัญช์ สังกรชนกิจ และ กฤษฎพันธ์ โกเมนไพบรณิทร. 2550.

การตอบสนองในด้านการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งก้ามกรามจากการผสมแบบระหว่าง
ต่างสายพันธุ์และในสายพันธุ์เดียวกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2550. สถาบันวิจัยและพัฒนา
พันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง. 21 หน้า.

สืบพงษ์ ฉัตรมาลัย, นวลมณี พงศ์ธนา, สุจิตรา เพชรคง และ ชมพูนุช มรรคทรัพย์. 2550. การผสมข้ามปลา

ใน 3 สายพันธุ์. ใน: รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2550. กรมประมงและศูนย์
พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. หน้า 377-392.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2543. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 203 หน้า.

Brown, M.E. (ed.) 1957. The Physiology of Fish: Metabolism. Academic Press Inc., New York. 398 pp.

Corti, M., R.S. Thorpe, L. Sola, V. Sbordoni and S. Cataudella. 1987. Multivariate Morphometrics in
aquaculture: a case study of six stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. Can. J.
Fish. Aquat. Sci. 45:1548-1554.

Everhart, W.H., W.E. Alfred and D.Y. William. 1975. Principles of Fishery Science. Cornel University
Press, London. 288 pp.

Falconer, D.S. and T. F. C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics 4th ed. Longman Inc.,
London. 340 pp.

Gall, G.A.E. 1975. Genetics of reproduction in domesticated rainbow trout. J. Ani. Sci., 40:19-27.

Manly, B.F.G. 1994. Multivariate Statistical Methods: A Primer. 2nd edition. Chapman & Hall. London,
U.K. pp. 68-99.

Ricker, W.E. 1979. Growth rate and models. In: Hoar, W.S., D.J. Randall and J.R. Brett (eds.). Fish
physiology Vol. VIII. Bioenergetic and Growth. Academic Press, Inc., America. pp. 679-743.

Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1981. Biometry. 2nd edition. W.H. Freeman and Company. New York,
U.S.A.

Strauss, R.E. and F.L. Bookstein. 1982. The truss: body form reconstruction in morphometric. Syst. Zool. 31:113-135.

Wilkinson, L., M. Hill, J.P. Welna and G.K. Birkenbeuel. 1992. SYSTAT for windows Statistics. Version 5 Edition. Evanston, SYSTAT Inc. 751 p.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวมาตรฐาน และน้ำหนักเริ่มต้นของ
ปลาชนิดแดง 9 แบบการผสม ที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร

ความยาวมาตรฐาน					
Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศเมีย	1.852	8	0.232	1.444	0.191
แบบการผสม	12.984	81	0.160		
เพศผู้	1.661	8	0.208	1.721	0.106
แบบการผสม	9.769	81	0.121		
รวมเพศ	1.593	8	0.199	0.135	0.998
แบบการผสม	252.936	171	1.479		
น้ำหนัก					
เพศเมีย	141.510	8	17.689	0.980	0.457
แบบการผสม	1461.561	81	18.044		
เพศผู้	246.050	8	30.756	1.828	0.084
แบบการผสม	1362.575	81	16.822		
รวมเพศ	212.578	8	26.572	0.189	0.992
แบบการผสม	23989.998	171	140.292		

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวมาตรฐาน น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการตายของปลานิลแดง 9 แบบการผสม
ที่เลี้ยงในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 120 วัน

ความยาวมาตรฐาน					
Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศเมีย					
แบบการผสม	477.169	8	59.646	22.964	0.000
ความคลาดเคลื่อน	1028.571	396	2.597		
เพศผู้					
แบบการผสม	606.484	8	75.810	28.589	0.000
ความคลาดเคลื่อน	1031.525	389	2.652		
รวมเพศ					
แบบการผสม	1024.292	8	128.036	34.276	0.000
ความคลาดเคลื่อน	2965.949	794	3.735		
น้ำหนัก					
เพศเมีย					
แบบการผสม	670213.072	8	83776.634	15.274	0.000
ความคลาดเคลื่อน	2171963.333	396	5484.756		
เพศผู้					
แบบการผสม	1658953.574	8	207369.197	24.026	0.000
ความคลาดเคลื่อน	3357477.614	389	8631.048		
รวมเพศ					
แบบการผสม	2093261.774	8	261657.722	26.333	0.000
ความคลาดเคลื่อน	7889560.166	794	9936.474		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

(ต่อ) 5. กิจกรรมเกษตร

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน					
Sources	SS	DF	M.S.	F	P
เพศเมีย					
แบบการผสม	3.088	8	0.386	10.265	0.000
ความคลาดเคลื่อน	0.677	18	0.038		
เพศผู้					
แบบการผสม	8.187	8	1.023	11.158	0.000
ความคลาดเคลื่อน	1.651	18	0.092		
รวมเพศ					
แบบการผสม	4.979	8	0.622	16.912	0.000
ความคลาดเคลื่อน	0.662	18	0.037		
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ					
เพศเมีย					
แบบการผสม	21.285	8	2.661	10.158	0.000
ความคลาดเคลื่อน	4.715	18	0.262		
เพศผู้					
แบบการผสม	23.284	8	2.910	19.286	0.000
ความคลาดเคลื่อน	2.716	18	0.151		
รวมเพศ					
แบบการผสม	23.744	8	2.968	23.682	0.000
ความคลาดเคลื่อน	2.256	18	0.125		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

อัตราอคตยา

Sources	SS	DF	M.S.	F	P
แบบการผสม	0.048	8	0.006	0.376	0.920
ความคลาดเคลื่อน	0.285	18	0.016		

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ multivariate test statistics ของลักษณะรูปร่างโดยรวม เปรียบเทียบ

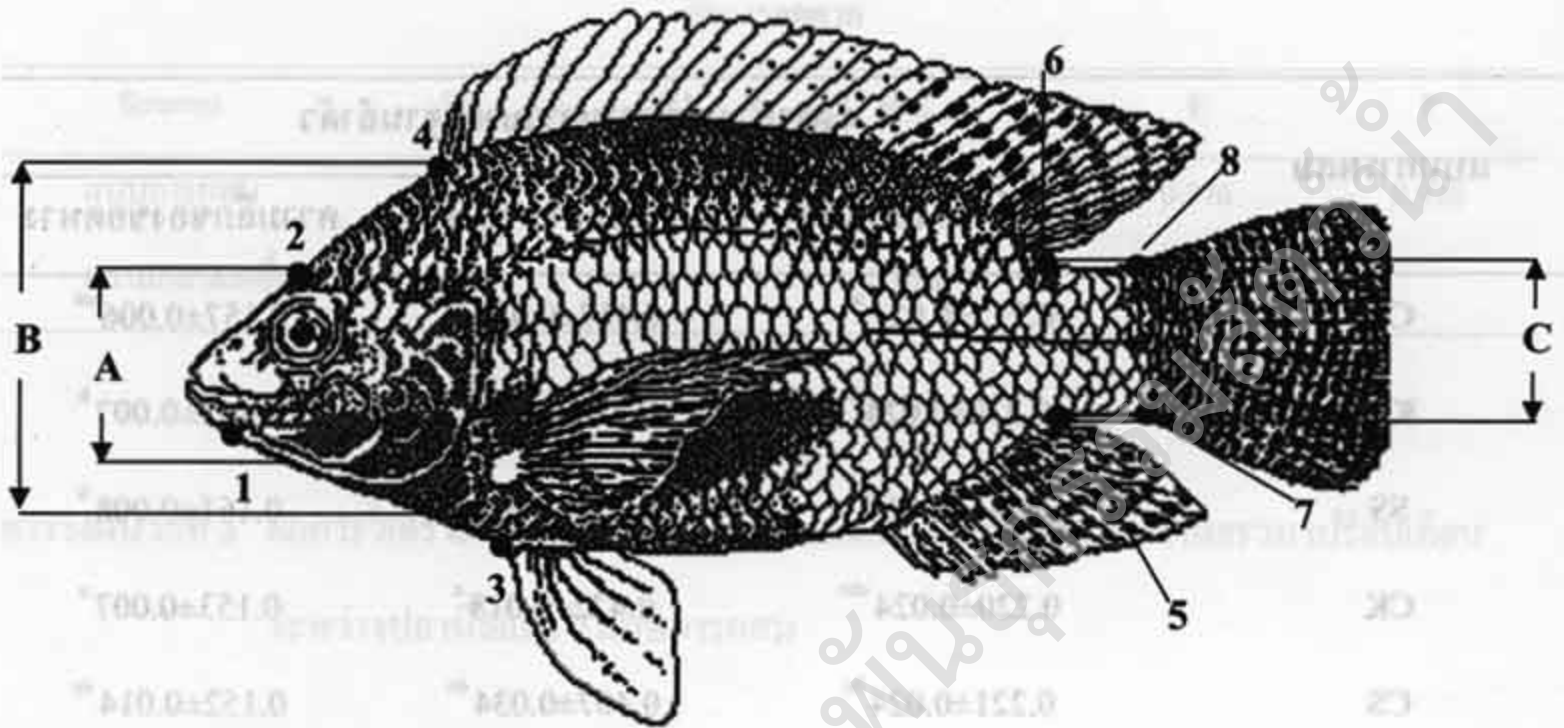
ระหว่างปลานิลแดง 9 แบบการผสม

multivariate test statistics	value	F-statistic	P-value
Wilks' Lambda	0.062	20.665	0.000
Pillai Trace	1.937	15.694	0.000
Hotelling-Lawley Trace	4.521	27.454	0.000

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนต่างๆ ต่อความยาวมาตรฐานลำตัวปลา และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างปลานิลแดง 9 แบบการผสม

แบบการผสม	อัตราส่วนต่อความยาวมาตรฐานลำตัว		
	ความลึกของส่วนหัว	ความลึกของลำตัว	ความลึกของขอบหาง
CC	0.217±0.021 ^{ac}	0.417±0.022 ^{cd}	0.157±0.006 ^{cd}
KK	0.230±0.024 ^b	0.436±0.192 ^b	0.163±0.007 ^b
SS	0.245±0.017 ^d	0.421±0.019 ^c	0.161±0.008 ^b
CK	0.220±0.024 ^{abc}	0.422±0.018 ^c	0.153±0.007 ^c
CS	0.221±0.024 ^{bc}	0.407±0.034 ^{de}	0.152±0.014 ^{de}
KC	0.217±0.028 ^{ab}	0.419±0.036 ^{cd}	0.153±0.013 ^{de}
KS	0.262±0.026 ^c	0.449±0.019 ^a	0.168±0.009 ^a
SC	0.212±0.012 ^a	0.400±0.015 ^c	0.160±0.009 ^{bc}
SK	0.231±0.029 ^b	0.442±0.038 ^{ab}	0.165±0.016 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับในแนวดังแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพผนวกที่ 1 จุดพิกัดต่างๆ ของปลานิลแดงที่ใช้กำหนดในการสร้างข้อมูล truss morphometric network

วัดระยะ 16 ระยะ ได้แก่ระยะห่างระหว่างจุดต่างๆ ดังนี้

$$X_1 = 1-3$$

$$X_2 = 1-2$$

$$X_3 = 2-4$$

$$X_4 = 3-4$$

$$X_5 = 2-3$$

$$X_6 = 1-4$$

$$X_7 = 3-5$$

$$X_8 = 4-5$$

$$X_9 = 3-6$$

$$X_{10} = 4-6$$

$$X_{11} = 5-6$$

$$X_{12} = 6-8$$

$$X_{13} = 7-8$$

$$X_{14} = 6-7$$

$$X_{15} = 5-7$$

$$X_{16} = 5-8$$

และ ระยะ A = ความลึกของส่วนหัว

ระยะ B = ความลึกของลำตัว

ระยะ C = ความลึกของคอคอดหาง