

การตอบสนองต่อการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของปลายี่สกเทศรุ่นที่ 2

Selection Response on Growth of the 2nd Generation

of Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton)

วิศณุพร รัตนตรัยวงศ์¹ สมนึก คงทนต์² ศรีจรรยา เข้มกklad¹ โกศล ขำแสง¹

ทองอยู่ อุดเลิศ¹ และสุภาพร ชัยชิต¹

Wisanutporn Ratanatrivong¹ Somnuek Kongtaratana² Srijanya Khemklad¹

Kosol Khamsaeng¹ Thongyoo Outler¹ and Supaporn Chaichit¹

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์ ต. วังแดง อ. ตรอน จ. อุตรดิตถ์ 53140

Uttaradit Aquatic Animal Genetics Research and Development Center, Wangdaeng, Tron, Uttaradit 53140.

²สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Klong Luang, Pathumtani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกและอัตราพันธุกรรมประจำตัวของปลายี่สกเทศที่ปรับปรุงลักษณะการเจริญเติบโตโดยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น ดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2555 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์ ผลการทดลองพบว่าปลายี่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือก 2 รุ่น ประเมินค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกทั้งหมด (R) โดยความยาวและน้ำหนักได้ 0.97 เซนติเมตร และ 15.32 กรัม ตามลำดับ และมีค่าอัตราพันธุกรรมประจำตัว ซึ่งเป็นผลมาจากการคัดเลือกมีค่าโดยน้ำหนักและความยาวที่อายุ 180 วัน เป็น 0.30±0.055 และ 0.35±0.058 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในกลุ่มที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความยาว น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าปลายี่สกเทศที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกหรือกลุ่มควบคุม คิดเป็น 5.41%, 21.54%, 21.57% และ 13.67% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในขณะที่อัตราของประชากรปลายี่สกเทศทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการศึกษาค้นคว้านี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการคัดเลือกแบบหมู่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ปลายี่สกเทศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตในการเลี้ยงปลายี่สกเทศได้

คำสำคัญ : ปลายี่สกเทศ การตอบสนองต่อการคัดเลือก การคัดเลือกแบบหมู่ อัตราการเจริญเติบโต พันธุกรรม สัตว์น้ำ

Abstract

The present study aimed to estimate genetic response and growth of Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) after two generations of mass selection. The mass selection experiment had been carried out in the Uttaradit Aquatic Animal Genetics Research and Development Center during October 2008 to September 2012.

Two generations of mass selection were carried out, estimation of response to selection (R) of length and weight were 0.97 cm and 15.32 g, respectively. The realized heritability (h^2_R) of length and weight at 180 days of age estimated were 0.30 ± 0.055 and 0.35 ± 0.058 , respectively. Growth traits of the 180 days of age of the selected population was higher significantly than those of the control population ($P < 0.01$), including total body length (5.41%), body weight (21.54%), daily weight gain (21.54%) and specific growth rate (13.67%). However, there were no significant differences on survival rate of selected and control populations ($P > 0.05$). The results indicated that mass selection technique provided the effective genetic improvement of growth rate in Rohu, which should increase growth and rehabilitation of Rohu culture.

Key words: Rohu, *Labeo rohita*, selection response, mass selection, growth rate, genetic

คำนำ

ปลาน้ำจืดเป็นปลาพื้นเมืองของประเทศอินเดีย ได้มีการนำเข้ามาในประเทศไทยในปี 2512 มีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ ซึ่งสามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อและแหล่งน้ำธรรมชาติและได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงและผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง (Daungsawas *et al.*, 1984) ในปี 2541 กรมประมงโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้นำเข้าปลาน้ำจืดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ 2 รุ่น จากประเทศอินเดียอีกครั้งหนึ่งและได้ทดลองเลี้ยงเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เดิม ณ ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำอุดรดิตถ์ พบว่าปลาน้ำจืดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของความยาว น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าสายพันธุ์เดิม (Phaukgeen *et al.*, 2006) ซึ่งต่อมาในปี 2548 ศูนย์ฯ ได้ใช้ประชากรปลาน้ำจืดนี้เป็นประชากรเริ่มต้นในการปรับปรุงพันธุ์ โดยการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) จำนวน 3 รุ่น พบว่าปลาน้ำจืดอายุ 180 วัน ที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความยาว น้ำหนัก น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าปลาน้ำจืดที่ไม่ได้ผ่านการคัดเลือกหรือกลุ่มควบคุม คิดเป็น 7.20%, 21.11%, 20.91% และ 5.52% ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ประเมินค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกทั้งหมด (R) โดยความยาวและน้ำหนักได้ 1.26 เซนติเมตร และ 13.21 กรัม ตามลำดับ และอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2_R) ที่เป็นผลมาจากการคัดพันธุ์ของลักษณะความยาวและน้ำหนักมีค่าเป็น 0.31 และ 0.30 ตามลำดับ (Ratanatrivong *et al.*, 2009) และศูนย์ฯ ได้กระจายพันธุ์ปลาน้ำจืดที่ได้รับการปรับปรุงแล้วให้กับศูนย์ฯ/สถานีประมงน้ำจืด รวมทั้งเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วประเทศ ซึ่ง

ผลผลิตปลายี่สกเทศจากการเลี้ยงในปี 2552 ประมาณ 1,459 ตัน คิดเป็นมูลค่า 48.6 ล้านบาท (Department of Fisheries, 2011)

ปลายี่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกของศูนย์ฯ มีการตอบสนองต่อการคัดเลือกอยู่ในเกณฑ์ดีและประชากรกลุ่มคัดเลือกมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่อง ศูนย์ฯ จึงเห็นควรให้มีการศึกษาวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์ปลายี่สกเทศ โดยนำประชากรกลุ่มคัดเลือกรุ่นที่ 2 จากการศึกษาของ Ratanatrivong *et al.* (2009) มาเป็นประชากรพื้นฐาน เพื่อทำการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปลายี่สกเทศให้ได้ปลายี่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่น้อย 2 รุ่น ที่มีการเจริญเติบโตดีและเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตในบ่อและแหล่งน้ำธรรมชาติ เพิ่มผลตอบแทนให้กับเกษตรกรและยังเป็นการฟื้นฟูปลายี่สกเทศให้คงอยู่และมีคุณภาพเป็นสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การดำเนินการคัดเลือก

การวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ปลายี่สกเทศโดยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ (Falconer, 1989) เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกันยายน 2555 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์ โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1.1 เพาะพันธุ์ปลายี่สกเทศจำนวน 50 คู่ โดยวิธีการผสมเทียมจากประชากรที่คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์แล้ว 2 รุ่น (F_2) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์

1.2 อนุบาลลูกปลาที่ได้โดยเลี้ยงรวมกันในบ่อดินขนาด 600 ตารางเมตร จำนวน 3 บ่อ อัตราปล่อย 100,000 ตัว/บ่อ

1.3 เมื่ออายุครบ 1 เดือน จึงสุ่มลูกปลาเพื่อปรับอัตราปล่อยเป็น 2,000 ตัว/บ่อ

1.4 เลี้ยงและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุกเดือนจนปลาอายุ 6 เดือน จึงดำเนินการคัดเลือกปลาที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด 10% ของประชากร เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับประชากรคัดเลือกรุ่นต่อไป

1.5 ขณะที่ทำการคัดเลือกปลาเพื่อใช้ผลิตเป็นประชากรกลุ่มคัดเลือกสุ่มปลาจำนวนเท่าๆ กัน กับกลุ่มคัดเลือกเพื่อนำมาผลิตประชากรกลุ่มควบคุม เรียกปลาระดับรุ่นประชากรของทั้งสองกลุ่มนี้ว่า ประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_0)

1.6 เลี้ยงประชากรรุ่นพ่อแม่กลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมในบ่อดินขนาด 600 ตารางเมตร กลุ่มประชากรละ 3 บ่อ รวมเป็น 6 บ่อ อัตราปล่อย 200 ตัว/บ่อ จนถึงวัยเจริญพันธุ์ เมื่อปลาอายุประมาณ 12 เดือน

1.7 สุ่มพ่อแม่พันธุ์ปลาที่สมบูรณ์กลุ่มละ 50 คู่ เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์เพื่อดำเนินการเพาะพันธุ์โดยวิธีการผสมเทียม ลูกปลาที่ผลิตได้ของทั้งสองกลุ่มนี้ เรียกว่า ประชากรรุ่นที่ 1 (F_1)

1.8 ดำเนินการอนุบาลและเลี้ยงปลายี่สกเทศรุ่นที่ 1 ทั้งสองกลุ่มเช่นเดียวกับประชากรรุ่นพ่อแม่ตามข้อ 1.2 ถึง 1.8 จนสามารถเจริญพันธุ์ได้ จึงทำการเพาะพันธุ์ผลิตประชากรรุ่นที่ 2 (F_2) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับประชากรรุ่นที่ 1

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การประเมินค่าทางพันธุกรรม

นำข้อมูลความยาวและน้ำหนักของปลายี่สกเทศที่อายุ 180 วัน ของประชากรรุ่นพ่อแม่, รุ่นที่ 1 และ 2 มาคำนวณค่าทางพันธุกรรมต่อไปนี้

2.1.1 ความแตกต่างของการคัดเลือก (selection differential, S)

ความแตกต่างของการคัดเลือก คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะเป้าหมายในประชากรทั้งหมด กับค่าเฉลี่ยของลักษณะเป้าหมายในกลุ่มสัตว์ที่คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ (Falconer, 1989) ซึ่งสามารถอธิบายในรูปของสมการคือ $S_i = (\bar{X}_{si}) - (\bar{X}_i)$

เมื่อ S_i = ค่าความแตกต่างของการคัดเลือกในประชากรรุ่นที่ i

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

\bar{X}_i = ค่าเฉลี่ยของลักษณะประชากรทั้งหมดในรุ่นที่ i

2.1.2 การตอบสนองของการคัดเลือก (response to selection, R)

การตอบสนองของการคัดเลือก คือ ความแตกต่างระหว่างลักษณะของสัตว์ในประชากรรุ่นคัดเลือกกับประชากรรุ่นพ่อแม่ (Falconer, 1989) ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำประชากรกลุ่มควบคุมมาปรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปแต่ละรุ่นตามวิธีการของ Hill (1972) โดยการนำค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มควบคุมที่อายุเท่ากันและเลี้ยงรุ่นเดียวกันมาลบออกจากค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มคัดเลือก สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

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

เมื่อ R_i = ค่าตอบสนองของการคัดเลือกในประชากรรุ่นที่ i

\bar{X}_i = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i ในกลุ่มคัดเลือก

\bar{C}_i = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i ในกลุ่มควบคุม

\bar{X}_{i-1} = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i-1 หรือรุ่นพ่อแม่ของประชากรรุ่นที่ i ในกลุ่มคัดเลือก

\bar{C}_{i-1} = ค่าเฉลี่ยประชากรรุ่นที่ i-1 หรือรุ่นพ่อแม่ของประชากรรุ่นที่ i ในกลุ่มควบคุม

โดย i = 0, 1, 2, s0, และ s1 เป็นค่าของประชากรพ่อแม่พันธุ์, กลุ่มควบคุมรุ่นที่ 1, กลุ่มควบคุมรุ่นที่ 2, กลุ่มพ่อแม่พันธุ์คัดเลือก และกลุ่มคัดเลือกรุ่นที่ 1 ตามลำดับ

2.1.3 อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability, h^2_R)

อัตราพันธุกรรมประจักษ์ คือ ค่าที่ประเมินจากสัดส่วนระหว่างค่าตอบสนองของการคัดเลือกกับความแตกต่างของการคัดเลือก ($h^2_R = R/S$) ในกรณีที่มีการคัดเลือกมากกว่า 1 รุ่นขึ้นไป ค่า h^2_R ประเมินจากค่าตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมดกับความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด (Hill, 1972; Falconer and Mackay, 1996)

$$\text{ในงานวิจัยนี้คำนวณ } h^2_R = \frac{\text{ค่าตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด}}{\text{ค่าแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด}}$$

$$\text{ในที่นี้ ค่าตอบสนองการคัดเลือกทั้งหมด} = R_1 + R_2$$

$$\text{ความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด} = S_1 + S_2$$

และประเมินค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (standard error of cumulative realized heritability, S_{h^2}) จากสูตร

$$\text{เมื่อ } \sigma_R = \frac{\sigma_R / (S_1 + S_2)}{\text{ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าการตอบสนองต่อการคัดเลือก}}$$

โดยสามารถคำนวณค่าได้จากสูตร

$$\sigma^2 = V_p [t^2 / N_e] + (1/m)R \quad (\text{Falconer, 1989})$$

เมื่อ V_p = แวเรียนซ์ของลักษณะที่คัดเลือก
 t = จำนวนรุ่นที่คัดเลือก
 N_e = จำนวนพ่อแม่พันธุ์
 m = จำนวนปลาที่ซังวัด

2.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโต

2.2.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างประชากรกลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมในแต่ละรุ่น

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลายีสกเทศระหว่างกลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมที่อายุเท่ากันแยกวิเคราะห์เป็นประชากรรุ่นที่ 1 และ 2 โดย 3 วิธีการ คือ

1) การเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของความยาวและน้ำหนักของปลายีสกเทศระหว่างกลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมที่อายุเท่ากันแยกวิเคราะห์เป็นประชากรรุ่นที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992) ตามโมเดลทางสถิติแบบ one-way nested analysis of variance (Sokal and Rohlf, 1981) โดยมีกลุ่มประชากรเป็นอิทธิพลหลักและปอดทดลองเป็นซ้ำจำนวน 3 บ่อ/ประชากรมีโมเดลดังนี้

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

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะการเจริญเติบโตโดยความยาวหรือน้ำหนักของปลาตัวที่ k จากบ่อหรือซ้ำที่ j ของประชากรที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

α_i = อิทธิพลจากประชากรที่ i

β_{ij} = อิทธิพลจากบ่อหรือซ้ำที่ j ของประชากรที่ i

ε_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน

2) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (daily weight gain, DWG) คำนวณตาม Brett (1979)

จากสูตร

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

3) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR) คำนวณตาม Brett (1979) จากสูตร

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

นำข้อมูลน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไปวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มคัดเลือกและกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992)

2.2.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างรุ่นของประชากรกลุ่มคัดเลือก

วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของความยาวหรือน้ำหนักของปลาที่สกัดระหว่างรุ่นของประชากรกลุ่มคัดเลือกจากประชากรรุ่นพ่อแม่, รุ่นที่ 1 และ 2 ซึ่งนำข้อมูลของประชากรกลุ่มควบคุมมาลบออกโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992) ตามโมเดลทางสถิติแบบ one-way analysis of variance (Sokal and Rohlf, 1981) และเปรียบเทียบความแตกต่างของประชากรในแต่ละรุ่นเป็นคู่ ๆ โดยวิธี Tukey's test (Wilkinson *et al.*, 1992) มีโมเดลดังนี้

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

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตของลักษณะการเจริญเติบโตโดยความยาวหรือน้ำหนักของปลาจากบ่อหรือซ้ำที่ j ของประชากรที่ i

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

α_i = อิทธิพลจากประชากรที่ i

ε_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อน

2.3 อัตรารอดตาย

ข้อมูลอัตราการรอดตายของปลาэйสกเทศที่อายุ 180 วัน ของประชากรรุ่นพ่อแม่, รุ่นที่ 1 และ 2 นำมาแปลงข้อมูลด้วยวิธี angular transformation เป็นค่า arcsine ตามวิธีการของ Sokal and Rohlf (1981) เพื่อปรับให้ข้อมูลมีการกระจายแบบ normal distribution ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way analysis of variance (Sokal and Rohlf, 1981) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SYSTAT (Wilkinson *et al.*, 1992)

ผลการศึกษา

1. การประเมินค่าทางพันธุกรรม

1.1 ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก (S)

ค่าความแตกต่างของการคัดเลือก แสดงในตารางที่ 1 เมื่อปลาอายุ 180 วัน ค่าความแตกต่างของการคัดเลือกของประชากรคัดเลือกรุ่นที่ 1 และ 2 มีค่า 1.59 เซนติเมตร และ 1.67 เซนติเมตร โดยความยาวตามลำดับ และมีค่า 20.33 กรัม และ 23.97 กรัม โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมดใน 2 รุ่น ของการคัดเลือกพันธุ์โดยความยาวและน้ำหนักมีค่า 3.26 เซนติเมตร และ 44.30 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

1.2 ค่าตอบสนองต่อการคัดเลือก (R)

ค่าตอบสนองต่อการคัดเลือกในประชากรรุ่นที่ 1 และ 2 ของการคัดเลือกพันธุ์ มีค่า 0.73 เซนติเมตร และ 0.24 เซนติเมตร โดยความยาว ตามลำดับ และมีค่า 8.42 กรัม และ 6.90 กรัม โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (Table 1) การตอบสนองต่อการคัดเลือกทั้งหมดใน 2 รุ่น ของการคัดเลือกพันธุ์โดยความยาวและน้ำหนักมีค่า 0.97 เซนติเมตร และ 15.32 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

1.3 ค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ (h^2_R)

เมื่อผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น สามารถประเมินค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ได้จากการประเมินสัดส่วนของค่าตอบสนองของการคัดเลือกทั้งหมด (R_1+R_2) กับความแตกต่างของการคัดเลือกทั้งหมด (S_1+S_2) ของความยาวและน้ำหนัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.30 ± 0.055 และ 0.35 ± 0.058 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Selection differential (S), response to selection (R_i) and realized heritability (h^2_R) by length (cm.) and weight (g.) at 180 days of age after two generations of mass selection.

Trait	Selection differential (S)			Response to selection (R_i)			$h^2_R = [\sum R_i / \sum S_i] \pm S_{h^2}$
	F_1	F_2	$\sum S_i$	F_1	F_2	$\sum R_i$	
Average total length (cm)	1.59	1.67	3.26	0.73	0.24	0.97	$0.97/3.26=0.30\pm 0.055$
Average body weight (g)	20.33	23.97	44.30	8.42	6.90	15.32	$15.32/44.30=0.35\pm 0.058$

2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโต

2.1 การเจริญเติบโตของประชากรรุ่นพ่อแม่

การเจริญเติบโตโดยความยาว น้ำหนัก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 30 วัน ในประชากรรุ่นพ่อแม่มีค่าเฉลี่ยความยาว 2.42 ± 0.52 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.18 ± 0.16 กรัม (Table 2) เมื่อเลี้ยงปลาจนมีอายุ 180 วัน พบว่า การเจริญเติบโตมีค่าเฉลี่ยความยาว 17.79 ± 1.03 เซนติเมตร และน้ำหนัก 65.84 ± 10.55 กรัม (Table 3)

น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรรุ่นพ่อแม่ที่อายุ 180 วัน มีค่าเฉลี่ย 0.365 ± 0.010 กรัม/วัน และ 2.502 ± 0.021 %/วัน ตามลำดับ (Table 3)

2.2 การเจริญเติบโตของประชากรรุ่นที่ 1 และ 2

2.2.1 ประชากรรุ่นที่ 1

การเจริญเติบโตโดยความยาว น้ำหนัก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 30 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความยาว 2.66 ± 0.54 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.25 ± 0.19 กรัม ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความยาว 2.44 ± 0.54 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.21 ± 0.18 กรัม (Table 2) เมื่อเลี้ยงปลาจนถึงอายุ 180 วัน พบว่าประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความยาว 18.61 ± 1.25 เซนติเมตร และน้ำหนัก 76.53 ± 13.01 กรัม ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความยาว 17.88 ± 1.02 เซนติเมตร และน้ำหนัก 68.11 ± 10.67 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3) และเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว กลุ่มคัดเลือกมีการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักมากกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.82 เซนติเมตร และ 10.68 กรัม ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 180 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ย 0.424 ± 0.005 กรัม/วัน ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 0.377 ± 0.006 กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 180 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ย 2.900 ± 0.016 %/วัน ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 2.594 ± 0.015 %/วัน ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3)

2.2.2 ประชากรรุ่นที่ 2

การเจริญเติบโตโดยความยาว น้ำหนัก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 30 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความยาว 3.18 ± 0.28 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.33 ± 0.11 กรัม ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความยาว 2.90 ± 0.33 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.29 ± 0.12 กรัม (Table 2) เมื่อเลี้ยงปลาจนถึงอายุ 180 วัน พบว่าประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ยความยาว 18.98 ± 1.01 เซนติเมตร และน้ำหนัก 86.53 ± 11.57 กรัม ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความยาว 18.01 ± 1.09 เซนติเมตร และน้ำหนัก 71.21 ± 11.76 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3) และเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว กลุ่ม

คัดเลือกมีค่าการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักมากกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.97 เซนติเมตร และ 15.32 กรัม ตามลำดับ

น้ำหนักเพิ่มขึ้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 180 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ย 0.479 ± 0.008 กรัม/วัน ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 0.394 ± 0.010 กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อายุ 180 วัน ในประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าเฉลี่ย 2.961 ± 0.021 %/วัน ส่วนประชากรกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 2.605 ± 0.011 %/วัน ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 3)

Table 2 Mean and standard deviation (SD) of total length (cm) and body weight (g) at 30 days of age

Generation	Trait	Mean \pm SD	
P ₀	Total length (cm)	2.42 \pm 0.52	
	Body weight (g)	0.18 \pm 0.16	
F ₁		Selected line	Control line
	Total length (cm)	2.66 \pm 0.54	2.44 \pm 0.54
	Body weight (g)	0.25 \pm 0.19	0.21 \pm 0.18
F ₂	Total length (cm)	3.18 \pm 0.28	2.90 \pm 0.33
	Body weight (g)	0.33 \pm 0.11	0.29 \pm 0.12

Table 3 Mean and standard deviation (\pm sd.) of total length (cm), body weight (g), daily weight gain (g/day), specific growth rate (%/day) and survival rate (%) at 180 days of age in parental generation (X₀), selected line of F₁ and F₂ (\bar{X}_1 , \bar{X}_2) and control line (\bar{C}_1 , \bar{C}_2)

Trait	P ₀	F ₁		F ₂	
	X ₀	\bar{X}_1	\bar{C}_1	\bar{X}_2	\bar{C}_2
Total length (cm)	17.79 \pm 1.03	18.61 \pm 1.25 ^a	17.88 \pm 1.02 ^b	18.98 \pm 1.01 ^a	18.01 \pm 1.09 ^b
Body weight (g)	65.84 \pm 10.55	76.53 \pm 13.01 ^a	68.11 \pm 10.65 ^b	86.53 \pm 11.57 ^a	71.21 \pm 11.76 ^b
Daily weight gain (g/day)	0.365 \pm 0.010	0.424 \pm 0.005 ^a	0.377 \pm 0.006 ^b	0.479 \pm 0.008 ^a	0.394 \pm 0.010 ^b
Specific growth rate (%/day)	2.502 \pm 0.021	2.900 \pm 0.016 ^a	2.594 \pm 0.015 ^b	2.961 \pm 0.021 ^a	2.605 \pm 0.011 ^b
Survival rate (%)	74.60 \pm 1.47	79.18 \pm 2.76 ^a	75.07 \pm 1.29 ^a	79.72 \pm 2.84 ^a	75.20 \pm 1.57 ^a

Remark: average values in the same row in each generation with different superscripts are significantly different ($P < 0.01$)

2.3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างรุ่นของประชากรกลุ่มคัดเลือก

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักของปลาเลี้ยงที่อายุ 180 วัน โดยนำค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มควบคุมในแต่ละรุ่นมาหักออกเพื่อปรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาจากประชากรรุ่นพ่อแม่, กลุ่มคัดเลือกรุ่นที่ 1 และ 2 พบว่า ประชากรกลุ่มคัดเลือกรุ่นที่ 1 มีค่ามากกว่าประชากรรุ่นพ่อแม่ เท่ากับ 0.82 ± 0.28 เซนติเมตร และ 10.68 ± 1.53 กรัม คิดเป็น 4.60% และ 16.27% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) (Table 4)

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักของประชากรกลุ่มคัดเลือกรุ่นที่ 2 พบว่ามีค่ามากกว่าประชากรรุ่นที่ 1 เท่ากับ 0.97 ± 0.20 เซนติเมตร และ 15.32 ± 1.18 กรัม คิดเป็น 5.41% และ 21.54% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในลักษณะความยาว ($P > 0.05$) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ในลักษณะน้ำหนัก (Table 4)

Table 4 The difference between selected and control line of average total length (cm) and bodyweight gain (g) in each generation of selection at 180 days of age

Generation	Average of selected line - Average of control line			
	Total length		Body weight	
	cm	%	g	%
P ₀	0.00±0.00 ^a	0.00	0.00±0.00 ^a	0.00
F ₁	0.82±0.28 ^b	4.60	10.68±1.53 ^b	16.27
F ₂	0.97±0.20 ^b	5.41	15.32±1.18 ^c	21.54

Remark: average values in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.01$)

2.4 อัตรารอดตาย

อัตราการรอดตายของประชากรรุ่นพ่อแม่มีค่าเฉลี่ย $74.60 \pm 1.47\%$ (Table 3)

อัตราการรอดตายของประชากรรุ่นที่ 1 กลุ่มคัดเลือก และกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ย $79.18 \pm 2.76\%$ และ $75.07 \pm 1.29\%$ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 3)

อัตราการรอดตายของประชากรรุ่นที่ 2 กลุ่มคัดเลือก และกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ย $79.72 \pm 2.84\%$ และ $75.20 \pm 1.57\%$ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) (Table 3)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของความยาวและน้ำหนักของประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมในรุ่นเดียวกัน และการเจริญเติบโตของปลาเลี้ยงที่ผ่านการคัดเลือกในรุ่นถัดไปมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในทุกรุ่น โดยประชากรปลาเลี้ยงที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นที่ 2 มีการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักเพิ่มขึ้น คิดเป็น 5.41% และ 21.54% ตามลำดับ ซึ่งการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นในด้านน้ำหนัก

ของปลาเย่สกเทศที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Mahapatra *et al.* (2000) ที่ปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกโดยคุณลักษณะครอบครัว (family selection) 2 รุ่น มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 17% ต่อรุ่น และมีค่าใกล้เคียงกับประชากรปลาเย่สกเทศที่นำมาใช้เป็นประชากรพื้นฐานในครั้งนี้อาจจากการทดลองของ Ratanatrivong *et al.* (2009) ที่ปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 3 รุ่น มีการเจริญเติบโต โดยความยาวและน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ 7.20% และ 21.11% ตามลำดับ โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในการปรับปรุงพันธุ์ปลาเย่สกเทศทั้ง 3 การทดลองนี้สูงกว่าปลาทั่วไป ซึ่งได้รับการคัดเลือกโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 6 – 7% ต่อรุ่น เท่านั้น (Dunham *et al.*, 2001)

สำหรับการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาเย่สกเทศที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ประชากรกลุ่มคัดเลือกมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่ากลุ่มควบคุมในรุ่นเดียวกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกรุ่นของการคัดเลือกสอดคล้องกับการเจริญเติบโตโดยความยาวและน้ำหนักดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยพบว่าประชากรปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกรุ่นที่ 2 มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้น เท่ากับ 21.57% และ 13.67% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวันในการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Ratanatrivong *et al.* (2009) ที่ปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 3 รุ่น มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวัน เท่ากับ 20.91% อย่างไรก็ตามอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในการศึกษาดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าการศึกษาใน ครั้งนี้ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นเพียง 5.52% เท่านั้น จากลักษณะการเจริญเติบโตของปลาเย่สกเทศที่เพิ่มมากขึ้นในทุกรุ่นของการคัดเลือกเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าวิธีการคัดเลือกแบบหมู่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ปลาเย่สกเทศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้ดีขึ้น

อัตราพันธุกรรมประจักษ์ (realized heritability) ที่ประเมินจากการคัดเลือกปลาเย่สกเทศในครั้งนี้มีค่า 0.30 โดยความยาวและ 0.35 โดยน้ำหนัก ซึ่งถือว่ามีค่าค่อนข้างสูง (Tave, 1986) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกแบบหมู่มีความเหมาะสมที่จะใช้ปรับปรุงพันธุ์ปลาเย่สกเทศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต เนื่องจากค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ที่มีค่าค่อนข้างสูงนี้ แสดงว่า การเจริญเติบโตของปลาเย่สกเทศโดยความยาวและน้ำหนักเป็นอิทธิพลมาจากการกำหนดของยีนผลบวก (additive gene effect) ที่สามารถส่งผ่านไปสู่ประชากรรุ่นต่อ ๆ ไปได้ (Falconer, 1989) ดังนั้นหากคัดเลือกปลาเย่สกเทศที่มีลักษณะดีมาเป็นพ่อแม่พันธุ์จะทำให้ลูกที่ผลิตได้มีลักษณะดีตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับประชากรปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกในครั้งนี้มีผลการตอบสนองต่อการคัดเลือกโดยความยาวและน้ำหนักในเกณฑ์ดี ส่งผลให้ประชากรกลุ่มคัดเลือกมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุมในรุ่นเดียวกัน และมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นในทุกรุ่นของการคัดเลือกอย่างต่อเนื่อง โดยค่าอัตราพันธุกรรมดังกล่าวยังมีค่าใกล้เคียงกับปลาเย่สกเทศที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ 3 รุ่น (Ratanatrivong *et al.*, 2009) ที่นำประชากรคัดเลือกรุ่นที่ 2 มาเป็นประชากรเริ่มต้นในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมโดยความยาวและน้ำหนัก เท่ากับ 0.31 และ 0.30 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราพันธุกรรมจากวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ของสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ในการคัดเลือกเพื่อ

เพิ่มการเจริญเติบโตของกึ่งกุลาดำได้ 1 รุ่น มีค่าอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของการเติบโตกึ่งกุลาดำที่อายุ 120 วัน โดยน้ำหนักและความยาว เป็น 0.34 และ 0.30 ตามลำดับ (Uraiwan *et al.*, 2004) และอัตราพันธุกรรมประจักษ์ของน้ำหนักและความยาวปลาตะเพียนขาวที่มีการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่ 2 รุ่น มีค่า 0.35 โดยความยาว และ 0.61 โดยน้ำหนัก (Uraiwan *et al.*, 2005)

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้งบประมาณปกติของกรมประมงในส่วนกิจกรรมพัฒนาการเพาะเลี้ยงและปรับปรุงพันธุ์ รหัสทะเบียนวิจัยที่ 52-0602-52077

เอกสารอ้างอิง

- Brett, J.R. 1979. Environmental factor and growth. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (eds.). Fish Physiology. Academic Press, New York. p. 599-667.
- Daungsawas, S., T. Sunthonsatit, S. Banyen and B. Kertkomut. 1984. Study on Biology of Rohu (*Labeo rohita*). Technical Paper No. 42. National Fisheries Institute, Department of Fisheries. 29 p. [in Thai]
- Department of Fisheries. 2011. Fisheries Statistics of Thailand 2009. No. 9/2011. Information Technology Center, Department of Fisheries. 91 p. [in Thai]
- Dunham, R.A., K. Majumdar, E. Hallerman, G. Hulata, G. Mair, D. Bartley, M. Gupta, Z. Liu, N. Pongthana, P. Rothlisberg and G. Horstweeg-Schwark. 2001. Status of aquaculture genetics and prospects for the third millenium. In: Proceedings Conference on Aquaculture in the Third Millennium. 20-25 February 2000. Bangkok, Thailand. p. 129-157.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. 3rd ed. Longman Scientific and Technical, Co publish in the United States with John and Son, Inc., New York. 438 pp.
- Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Longman, Essex. 464 pp.
- Hill, W.G. 1972. Estimation of realized heritability from selection experiments. II Selection in one direction. Biometrics, 28: 767-780.
- Mahapatra, K.D., P.K. Meher, J.N. Saha, B. Gjerde, P.V.G.K. Reddy, R.K. Jana, M. Sahoo, and M. Rye 2000. Selection response of rohu, *Labeo rohita*, for two generations of selective breeding. In: The Fifth Indian Fisheries Forum. 17-20 January 2000. Bhubaneswar, Orissa, India. Abstract.

- Phaukgeen, S., S. Kongtaratana, T. Utlert and S. Cheenmik . 2006. Aquacultural Traits Performance Comparison Study Between Two Strains of *Labeo rohita* Cultured in Earthen Ponds. Technical Paper no. 2/2006. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Department of Fisheries. 20 p. [in Thai]
- Ratanatrivong, W., S. Uraiwan, S. Kongtaratana, S. Kaewchana, T. Utlert and S. Sukmanomon. 2009. Mass Selection on Growth of Rohu (*Labeo rohita*). Technical Paper No. 7/2009. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Department of Fisheries. 26 p. [in Thai]
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1981. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, New York. 859 pp.
- Tave, D. 1986. Genetic for Fish Hatchery Managers. AVI Publishing Company, New York. 299 pp.
- Uraiwan, S., P. Keawrit and S. Jeenmuak. 2005. Selection and Genetic Sustention of *Barbodes gonionotus* (Bleeker, 1850). Technical Paper No. 4/2005. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Department of Fisheries. 27 p. [in Thai]
- Uraiwan, S., T. Tatanon, Th. Klowklieng, T. Jeenmauk and T. Vingvirachart. 2004. Estimate Realized Heritabilities on Growth Rate of Black Tiger Prawn (*Penaeus monodon*) Cultured in Earthen Ponds. Technical Paper No. 4/2004. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute, Department of Fisheries. 21 p. [in Thai]
- Wilkinson, L., M. Hill, J.P. Welna and G.K. Birkenbeuel. 1992. SYSTAT for Windows Statistics, Version 5 Edition. Evanston, IL: SYSTAT, Inc. 751 pp.