วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2564 | Vol.2 No.3 September – December 2021

Received: September 17, 2021; Revised: October 26, 2021; Accepted: November 13, 2021

การอนุบาลปลาดุกอุยเทศในระบบน้ำไหลผ่าน

Nursing of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) in flow through water systems

พิเชฐ เดชอนันต์[1*] กฤติมา กษมาวุฒิ[1] และสำเนาว์ เสาวกูล[1]

Phichet Detanun[1*], Krittima Kasamawut[1] and Samnao Saowakoon[1]

[1]*คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์*

[*]*Corresponding Author E-mail Address: phichet.de@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาการอนุบาลปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การอนุบาลในระบบน้ำไหลผ่าน โดยใช้ถังพลาสติกกลมรูปวงรี ที่ระดับความหนาแน่น 500, 2,500, 5,000, 7,500 และ 10,000 ตัวต่อตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ให้ไรแดงเป็นอาหารในอัตราเต็มที่ น้ำไหลผ่านที่อัตรา 30 ลิตรต่อชั่วโมง ที่อายุ 1-10 วัน และช่วงที่ 2 นำมาลูกปลาที่ได้จากการทดลองช่วงที่ 1 มารวมกันในแต่ละระดับความหนาแน่นนำไปอนุบาลต่อในกระชังในบ่อดินที่ความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร ชุดละ 3 ซ้ำ ให้อาหารปลาดุกเล็กที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 5-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ปรับอาหารตามความเหมาะสมของปริมาณการกินของลูกปลาที่อายุ 11-30 วัน

ผลการศึกษาพบว่า ในการทดลองในช่วงที่ 1 ปลาชุดที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย และการเจริญเติบโตดีที่สุด แตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตรารอดตาย พบว่า กลุ่มปลาที่ความหนาแน่น 5,000 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการรอดตายดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับระดับความหนาแน่นอื่น ๆ ส่วนผลการทดลองในช่วงที่ 2 เป็นเจริญเติบโตของปลาตั้งแต่วันที่ 11 - 30 พบว่า ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย และอัตราเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต่อวัน ดีที่สุดแตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ความยาวเฉลี่ยและอัตราการรอดตายก็มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลาในชุดการทดลองอื่น ๆ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การอนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่าน สามารถเลี้ยงได้ถึง 7,500 ตัวต่อตารางเมตร ที่อายุ 1-10 วัน และเมื่อนำไปเลี้ยงต่อในบ่อดิน จนถึงอายุ 30 วัน ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

คำสำคัญ: ปลาดุกลูกผสม การอนุบาลปลา ระบบน้ำไหลผ่าน ความหนาแน่น

Abstract

The study on the nursery method of hybrid catfish *(Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) was divided into 2 periods: Phase 1 nursery in the flowing water system, using a round oval-shaped plastic bucket at stocking densities of 500, 2,500, 5,000, 7,500 and 10,000 fish larvae per square meter. A completely randomized design (CRD) trial was planned for 5 replications. Moina was given as feed to satiation. Water flowing at the rate of 30 liters per hour at 1-10 days of age, and Phase 2, bringing the fish larvae from the first phase of the experiment to nurse in cages in earthen ponds by taking the fry from the first phase of the experiment. They were combined at each density level before being nursed in cages in earthen ponds at the density of 500 individuals per square meter. These were arranged in 3 replicates. The small catfish were fed with 32% protein as food at the rate of 5-10% of body weight per day. The diet was adjusted accordingly to the feeding amount of the fish fry at 11-30 days of age.

The results showed that in the first phase, the fish were nursed for 1-10 days at a density of 500 fish/m^2 had statistically significant ($p<0.05$) higher in average weight, length, and daily weight gained and growth performance than all other experimental groups. When comparing survival rates, it was also found that fish groups at a density of 5,000 fish/m^2 had the best survival rate but not statistically different ($p>0.05$) from fish fed at other densities. The results of Phase 2 fish growth from day 11 to day 30. It was found that the fish at the density of 500 fish/m^2 had the statistically ($p<0.05$) highest in average weights and daily weight among all experimental groups. However, its mean length and survival rate were not statistically significantly different ($p>0.05$) from other fish in the experimental density groups. These results indicated that nursery for hybrid catfish in the flowing water system up to 7,500 fish/m^2 can be reared at 1-10 days of age and when further cultured in ponds until 30 days of age, there is no effect on growth and survival rates.

Keywords: Hybrid catfish, Nursing management, flow through water system, Stocking density

บทนำ

ปลาดุกอุยเทศหรือปลาดุกลูกผสม หรือโดยทั่วไปเรียกว่าปลาดุกบิ๊กอุย เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอันดับสองของประเทศไทยรองจากปลานิลทั้งเชิงผลผลิตและมูลค่า (กรมประมง, 2562) อีกทั้งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Yi et al., 2003) เป็นปลาลูกผสมระหว่างปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) กับปลาดุกเทศหรือปลาดุกยักษ์ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกากลาง (Viveen et al.,1986; Basiita and Rajts, 2021) โดยทั่วไปคนไทยนิยมบริโภคปลาดุกอุยเนื่องจากเนื้อมีสีเหลืองและรสชาติดี แต่พบว่าปลาชนิดนี้เจริญเติบโตช้าและอ่อนแอต่อโรคทำให้ไม่คุ้มค่าในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ขณะที่ปลาดุกยักษ์มีเนื้อสีขาวและลักษณะเหลวทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการบริโภค แต่ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและต้านทานโรคได้ดี ดังนั้นกรมประมงจึงทดลองผสมข้ามระหว่างปลาสองชนิดนี้ (Inter-specific hybridization) และประสบความสำเร็จในปี 2531 (มานพ และคณะ, 2533; สำเนาว์, 2561) จากการทดลองพบว่าการผสมข้ามระหว่างไข่แม่ปลาดุกอุยกับน้ำเชื้อปลาดุกยักษ์ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีเนื่องจากไข่มีอัตราฟักและอัตรารอดตายของลูกปลาสูง และปลาลูกผสมที่ได้มีลักษณะภายนอกและเนื้อคล้ายปลาดุกอุยรวมทั้งเจริญเติบโตเร็วคล้าย

ปลาดุกยักษ์ (Bartley et al., 2001) ขณะที่การผสมข้ามระหว่างการใช้น้ำเชื้อปลาดุกอุยกับไข่ปลาดุกยักษ์นั้นไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจเนื่องจากไข่มีอัตราการปฏิสนธิและลูกปลามีอัตราการฟักต่ำ (สุจินต์ และคณะ, 2533)

หลังจากประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์ กรมประมงได้ส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยเชิงพาณิชย์จนกระทั่งกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากปลาชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและสามารถเลี้ยงได้อย่างหนาแน่นทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณมาก ราคาจำหน่ายของปลาชนิดนี้จึงต่ำทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อยและมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ดังนั้นการศึกษาการอนุบาลและการให้อาหารในช่วงการอนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การศึกษาเทคนิคการอนุบาลและการจัดการปลาดุกบิ๊กอุยด้วยความหนาแน่นสูงที่เหมาะสมในระบบน้ำไหลผ่านจึงเป็นแนวทางที่น่าจะเป็นแนวทางที่เหมาะสม เนื่องจากมีการศึกษาแล้วพบว่าประสบผลสำเร็จในการเพาะพันธุ์ การอนุบาลและการเลี้ยงในปลา และสัตว์น้ำหลายชนิด ได้แก่ ปลาม้า และปลากะพงขาว เป็นต้น (สนธิพันธ์ และคณะ, 2556; ยศกร, 2564) ซึ่งระบบน้ำไหลผ่านในการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีรูปร่างแตกต่างกัน เช่น บ่อกลม บ่อสี่เหลี่ยม และบ่อแปดเหลี่ยม ด้านในของบ่อต้องลบมุมเพื่อให้การเคลื่อนตัวของน้ำเป็นวงกลมรอบศูนย์กลางของบ่อมากที่สุด เพื่อให้สารแขวนลอยหรือสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำถูกรวมไว้ตรงกลางบ่อเพื่อระบายออกมาได้จำนวนมากและเร็วที่สุด เนื่องจากรูปแบบการเคลื่อนตัวของน้ำดังกล่าวจะทำให้บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสะอาด ลดปริมาณสารแขวนลอยหรือสารอินทรีย์ได้มากขึ้น โดยอาศัยการเคลื่อนตัวของน้ำ ซึ่งทางเข้าของน้ำที่อยู่ด้านบนเมื่อปรับเป็นแนวนอน ขนานกับผิวน้ำจะสามารถควบคุมการไหลเวียนของน้ำในบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด (Timmons et al., 1998; Octaform, 2017)

การศึกษาครั้งนี้ใช้ถังพลาสติกรูปวงรี ปล่อยน้ำไหลผ่านและมีการเคลื่อนตัวของน้ำเป็นวงกลม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการผลิตลูกปลาชนิดนี้ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกปลาซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยให้มีประสิทธิภาพ และมีต้นทุนต่ำ (Sugama et al., 2001) เพื่อเป็นประโยชน์ให้เกษตรกรสามารถจัดการการอนุบาลปลาชนิดนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสมในการลงทุนต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษาช่วงที่ 1 อนุบาลในระบบน้ำไหลผ่าน

การอนุบาลลูกปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่าน ใช้ถังพลาสติกกลมรูปวงรีขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.07 เมตร ความสูง 0.30 เมตร เจาะรูระบายน้ำที่ ระดับความสูง 0.25 เมตร โดยปล่อยให้น้ำไหลผ่านเบา ๆ ตลอดเวลา (อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตรต่อชั่วโมง) น้ำล้นผ่านรูระบายน้ำ การวางแผนการศึกษาแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ให้ไรแดงเป็นอาหารในปริมาณที่มากพอ อนุบาลเป็นระยะเวลา 10 วัน ตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย

การศึกษาช่วงที่ 2 อนุบาลในระบบกระชังจำลองเหมือนบ่อดิน

นำลูกปลาที่ได้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมารวมกัน และนำลูกปลาที่ได้จากการศึกษาช่วงที่ 1 ในแต่ละกลุ่มการทดลองไปเลี้ยงต่อในกระชังขนาด ความกว้าง 1.00 เมตร ความยาว 1.00 เมตร ความสูง 1.50 เมตร (จมลงในดิน 0.10 เมตร อยู่ในระดับน้ำ 1.00 เมตร และพ้นน้ำ 0.40 เมตร) แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ในระบบบ่อดินที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อศึกษาว่าการอนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยในถังพลาสติกที่ความหนาแน่นสูงนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตในการเจริญเติบโตหรือไม่ โดยให้อาหารปลาดุกเล็กมีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ โดยการนำมาแช่น้ำแล้วบดปั้นเป็น

ก้อนให้ลูกปลากินในปริมาณ 10-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวในทุกกลุ่มการทดลองแล้วปรับอาหารตามความเหมาะสมของปริมาณการกินของลูกปลาเป็นเวลา 20 วัน (ตารางที่ 1)

ทำการประเมินอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมของระบบการอนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่าน โดยเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด และควบคุมคุณภาพของน้ำที่ใช้อนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยช่วงของการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทำการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเริ่มทดลอง และระหว่างการทดลองทุกกสัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ ความโปร่งแสงของน้ำใช้ Secchi disc ความเป็นกรดเป็นด่าง ใช้ pH meter ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ใช้ DO meter YSI 52 ปริมาณแอมโมเนีย และ ปริมาณไนไตรท์ ใช้การไตเตรต (วิรัช, 2561; APHA-AWWA-WEF, 1992)

การประเมินการเจริญเติบโตและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

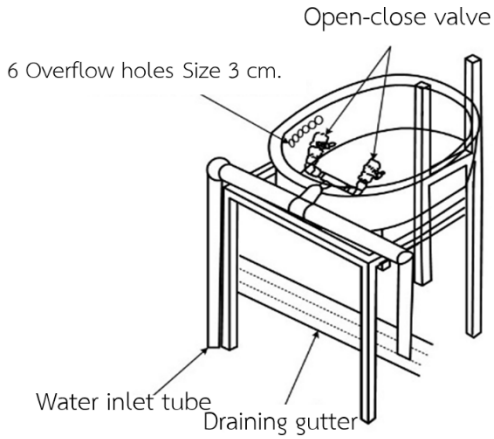
สุ่มลูกปลาดุกบิ๊กอุยในแต่ละชุดการทดลอง (ซ้ำ) ๆ ละ 10 ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงนำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เพื่อหาค่าเฉลี่ยและประเมินการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย (วิมล, 2536) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 Determination of the experimental groups

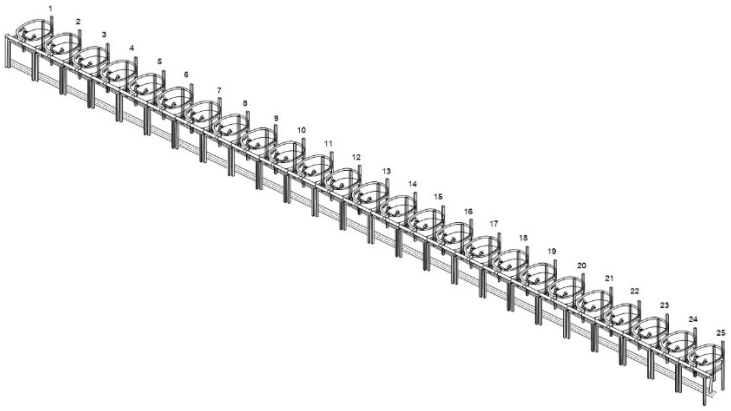
Treatment	Stocking density/(1) (fish/m^2)	Stocking density/(2) (fish/m^2)
T1	500	500
T2	2,500	500
T3	5,000	500
T4	7,500	500
T5	10,000	500

หมายเหตุ: /(1) Nursing in oval plastic tanks with flow through water system

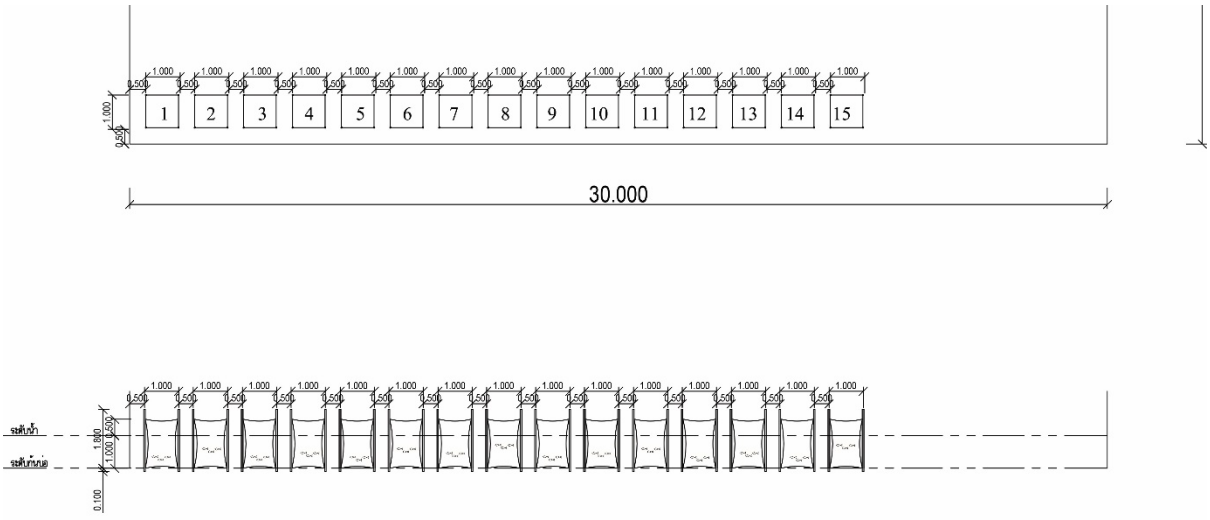
/(2) Nursing in earthen pond cages



รูปที่ 1 Characteristics of the oval plastic tanks with flow through water system



(1) Layout of oval plastic tanks with flow through water system in the experimental group



(2) Pattern of earthen pond cages in the experimental group

รูปที่ 2 Layout and pattern of nursing in oval plastic tanks with flow through water system (1) and earthen pond cages (2)

ผลการวิจัย

การศึกษาผลการอนุบาลลูกปลาดุกบิ๊กอุยในถังพลาสติกกลมรูปวงรีด้วยอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน 5 ระดับ อนุบาลเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แตกต่างจากทุกกลุ่มการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีอัตราการรอดตายดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตรารอดระดับความหนาแน่น 2,500, 5,000 และ 7,500 ตัวต่อตารางเมตร แต่แตกต่างจาก 10,000 ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 Average of body weight, length, and survival rate of hybrid catfish fry fed in each treatment during the experimental period of 10 days

Stocking density (fish/m^2)	Weight (g)	Length (cm)	Survival rate (%)
T1 (500)	0.0602±0.0075^{a}	1.8620±0.1360^{a}	83.40±7.70^{a}
T2 (2,500)	0.0301±0.0004^{b}	1.5500±0.0689^{b}	79.22±7.99^{ab}
T3 (5,000)	0.0276±0.0012^{b}	1.3320±0.0694^{c}	85.26±5.89^{a}
T4 (7,500)	0.0259±0.0004^{bc}	1.2620±0.0496^{cd}	80.05±3.70^{ab}
T5 (10,000)	0.0214±0.0017^{c}	1.1760±0.0467^{d}	72.79±6.03^{b}

หมายเหตุ: mean values that have the same superscript letter vertically are not significantly different (p>.05)

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ระหว่างการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลสัตว์น้ำ โดย อุณหภูมิน้ำ อยู่ในช่วง 29.60-29.73 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.06-7.30 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 4.67-4.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในในช่วง 0.18-0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนไตรท์ มีค่าอยู่ในในช่วง 0.08-0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 Water quality parameters of the oval plastic tanks with flow through water system during the experimental period of 10 days

Parameters	Stocking density (fish/m^2)				
	T1 (500)	T2 (2,500)	T3 (5,000)	T4 (7,500)	T5 (10,000)
Temperature (°C)	29.73±1.52	29.73±0.98	29.70±0.70	29.70±0.73	29.60±1.02
pH	7.16±0.05	7.30±0.10	7.06±0.11	7.14±0.09	7.16±0.05
DO (mg/l)	4.83±0.21	4.73±0.25	4.77±0.21	4.87±0.15	4.67±0.31
Ammonia (mg/l)	0.18±0.02	0.18±0.08	0.21±0.02	0.23±0.09	0.24±0.04
Nitrite (mg/l)	0.08±0.01	0.09±0.01	0.10±0.00	0.11±0.01	0.09±0.00

ผลการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยช่วงอายุระหว่างการทดลอง 11-30 วัน ที่เลี้ยงในกระชัง จำลองเหมือนบ่อดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้ลูกปลาดุกบิ๊กอุยที่ได้จากการนำลูกปลาที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 ทั้ง 5 ระดับ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ ค่าน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน ที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร ดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราความหนาแน่น 2,500 และ 7,500 ตัวต่อตารางเมตร ส่วนความยาวเฉลี่ยและอัตราการรอดตายของปลาดุกบิ๊กอุยทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างอย่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 Average of weight, length, and survival rate of hybrid catfish fry fed in earthen pond cages in each treatment during the experimental days 11 to 30

Stocking density (fish/m^2)	Weight (g)	Average Daily Weight Gain: ADG (g)	Length (cm)	Survival rate (%)
T1 (500)	0.6773±0.0392^{a}	0.0296±0.0012^{a}	4.0033±0.0750^{a}	55.80±4.26^{a}
T2 (2,500)	0.5922±0.0417^{b}	0.0281±0.0021^{ab}	4.0533±0.4523^{a}	56.26±0.64^{a}
T3 (5,000)	0.5433±0.0319^{bc}	0.0258±0.0015^{bc}	3.7567±0.2793^{a}	55.00±4.00^{a}
T4 (7,500)	0.5575±0.0435^{bc}	0.0266±0.0022^{abc}	3.9400±0.3850^{a}	60.93±7.87^{a}
T5 (10,000)	0.4953±0.0241^{c}	0.0237±0.0011^{c}	3.8667±0.1327^{a}	56.20±2.71^{a}

หมายเหตุ: mean values that have the same superscript letter vertically are not significantly different (p>.05)

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำทุก ๆ สัปดาห์ค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองของแต่ละพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองในทางสถิติคุณภาพน้ำ อุณหภูมิน้ำ อยู่ในช่วง 29.13-29.87 องศาเซลเซียส ความโปร่งแสงของน้ำอยู่ในช่วง 16.17-16.93 เซนติเมตร ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.00-7.24 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ในช่วง 4.49–4.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.48-0.51 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าไนไตรท์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.06-0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 Water quality of Hybrid Catfish fry fed in the earthen pond cages during the experimental days 11 to 30

Parameters	Stocking density (fish/m^2)				
	T1 (500)	T2 (2,500)	T3 (5,000)	T4 (7,500)	T5 (10,000)
Temperature (°C)	29.13±0.79	29.17±0.96	29.87±0.49	29.82±0.42	29.30±0.62
Transparency (cm)	16.43±0.45	16.93±0.49	16.17±0.85	16.67±1.25	16.83±0.34
pH	7.24±0.09	7.16±0.11	7.00±0.16	7.12±0.13	7.16±0.11
DO (mg/l)	4.57±0.06	4.62±0.50	4.49±0.23	4.66±0.17	4.59±0.28
Ammonia (mg/l)	0.50±0.11	0.50±0.25	0.51±0.08	0.49±0.04	0.48±0.15
Nitrite (mg/l)	0.09±0.02	0.06±0.01	0.07±0.01	0.08±0.02	0.09±0.04

การอภิปรายผล

การศึกษาผลการอนุบาลลูกปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่านที่มีระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 500, 2,500, 5,000, 7,500 และ 10,000 ตัวต่อตารางเมตร เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด และประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพของน้ำที่ใช้อนุบาล โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วงการทดลอง ช่วงการทดลองที่ 1 ทดลองที่อัตราความหนาแน่นกำหนดโดยการอนุบาลที่อายุหลังจากที่ปลาเริ่มกินอาหารอายุ 3 วัน การอนุบาลแตกต่างกันใช้ระบบน้ำไหลผ่านอนุบาลในถังพลาสติกกลมรูปวงรีที่ระยะเวลา 1-10 วัน ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด แตกต่างจากทุกกลุ่มการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบค่าอัตรารอดตายของปลาดุกบิ๊กอุย พบว่า ที่ระดับความหนาแน่น 5,000 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการรอดตายดี

ที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับอัตรารอดระดับความหนาแน่น 500, 2,500, 5,000 และ 7,500 ตัวต่อตารางเมตร แต่แตกต่างจาก 10,000 ตัวต่อตารางเมตร

การทดลองในช่วงที่ 2 พบว่าผลการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยช่วงอายุระหว่างการทดลอง 11-30 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ย ที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แตกต่างจากทุกชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าค่าน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวันนั้นที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตรดีที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอัตราความหนาแน่น 2,500 และ 7,500 ตัวต่อตารางเมตร ส่วนความยาวเฉลี่ยและอัตราการรอดตายของปลาดุกบิ๊กอุยทุกระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่านในครั้งนี้ สามารถอนุบาลได้ถึง 7,500 ตัวต่อตารางเมตร ที่อายุ 1-10 วัน และเมื่อนำไปเลี้ยงต่อในบ่อดิน จนถึงอายุ 30 วัน ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ซึ่งคุณภาพน้ำในการทดลองทั้งสองช่วงทำการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองของแต่ละพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย และไนไตรท์ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลสัตว์น้ำ (วิรัช, 2561) ซึ่ง Panakulchaiwit et al. (2011) กล่าวว่า การทดลองเลี้ยงปลานิลที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน พบว่า ระดับความหนาแน่นในการเลี้ยงปลามีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ณ ระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้น การเจริญเติบโตของลูกปลา (Individual growth rate) มีแนวโน้มลดลง (อนันต์ และคณะ, 2541) ได้อธิบายว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันความหนาแน่นของประชากรปลาเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต เนื่องจากบ่อหรือกระชังเลี้ยงปลามีกำลังการผลิตสูงสุด (Carrying capacity) จำกัดส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาแต่ละตัวลดลง ในการเจริญเติบโตของปลานั้นหากสภาพแวดล้อมเหมาะสมปลาจะกินอาหารและมีการสะสมอาหารในตัวปลามาก จึงทำให้ปลาอ้วนและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (สมโภชน์, 2535; Hepher, 1967) สามารถกำหนดอัตราการปล่อยที่เหมาะสมได้ โดยใช้วิธีการคำนวณจำนวนปลาที่ปล่อยลงเลี้ยงในบ่อหรือในกระชัง (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร) เท่ากับน้ำหนักปลาที่คาดว่าจะจับได้ทั้งหมดต่อลูกบาศก์เมตร หารด้วยน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ต้องการจับ (วิรัช, 2544) และอัตราการรอดตายของปลามีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับระดับความหนาแน่น คือเมื่อเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นที่มากขึ้นการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาจะลดลง เนื่องจากระดับความหนาแน่นที่มากขึ้นปลาจะมีความเครียดมากขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ส่วนอัตราการแลกเนื้อ มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งหากสามารถอนุบาลลูกปลาได้ในระดับความหนาแน่นสูง ๆ จะทำให้ได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้นและคุ้มต่อการลงทุน Shang (1986) กล่าวว่าการเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยบ่อเลี้ยงปลาสามารถให้ผลผลิตได้สูงสุดระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำนั้น ๆ และจะต้องมีที่ว่างสำหรับปลาอาศัยอยู่อย่างเพียงพอ รวมทั้งการบริหารจัดการคุณภาพน้ำและของเสียด้วย ซึ่งปลาดุกบิ๊กอุยสามารถอนุบาลได้ในอัตราความหนาแน่นที่สูง เนื่องจากเป็นปลาที่มีความอดทนสูง แข็งแรง อัตราความหนาแน่นนั้นจะส่งผลกระทบที่ชัดเจนต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน หากปล่อยในอัตราความหนาแน่นที่ต่ำเกินไปอัตราการเจริญเติบโตจะสูงแต่อาจไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ในทางตรงกันข้ามหากอนุบาลในอัตราความหนาแน่นมากเกินไปจะส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าและเพิ่มอัตราการตายได้ (สมหวัง และสนธิพันธ์, 2537)

นอกจากอัตราการปล่อยที่เหมาะสมยังมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น ชนิดของลูกปลา วิธีการอนุบาล ชนิดอาหาร การจัดการ ตลอดจนขนาดของลูกปลาที่ต้องการ (อุทัยรัตน์, 2535) โดยระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงจะส่งผลต่ออัตราการให้อาหาร การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในแต่ละช่วงอายุ และอัตราการรอดตายด้วย (สำเนาว์ และคณะ, 2543; หทัยรัตน์ และสำเนาว์, 2551; สำเนาว์ และคณะ, 2555; Garr et al., 2011; Roca and Main, 2012; Mensah et al., 2013; Mohamed et al., 2016) และมีผลต่อการกินอาหารของปลา (Yousif, 2002) ทั้งนี้การเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการการเลี้ยงสัตว์น้ำ การจัดการคุณภาพน้ำและของเสีย (Shang, 1986) ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งกระบี่ประสบปัญหาในการอนุบาลลูกปลา ซึ่งจะพบอัตรารอดตายต่ำในช่วงแรกของการอนุบาล โดยเฉพาะระยะแรกฟักจนถึงอายุ 7 วัน (อาคม และคณะ, 2546) สอดคล้องกับ Ismi et al. (2012) รายงานว่า

กลุ่มปลากะรังมีอัตรารอดตายค่อนข้างต่ำในระยะแรกของการอนุบาลลูกปลา ซึ่งความหนาแน่นของลูกปลาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตรารอดตาย นอกจากนี้ในช่วงอายุ 30-40 วันพบว่ามีอัตรารอดตายต่ำเช่นกัน เนื่องจากระยะนี้ปลามีการกินกันเอง (Cannibalism) ทำให้ผลผลิตของการอนุบาลค่อนข้างต่ำ (ไพบูลย์ และวรรเพ็ญ, 2558; Salari et al., 2012; Sugama et al., 2012) ซึ่งการเลี้ยงการอนุบาลลูกปลาในระบบน้ำไหลผ่านนั้นมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเจริญเติบโต และเพิ่มอัตราการรอดตาย เนื่องจากน้ำที่ไหลผ่านช่วยในการบำบัดน้ำที่เลี้ยงและทดแทนด้วยน้ำที่มีคุณภาพดี รวมถึงช่วยบำบัดของเสียที่เกิดจากการขับถ่าย รวมถึงตะกอนต่าง ๆ และเศษอาหาร ที่เป็นอันตรายต่อลูกปลา เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ เป็นต้น ทำให้ปลาได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ทำให้สามารถอนุบาลลูกปลาได้ในอัตราความหนาแน่นที่สูงกว่าระดับปกติ 5-10 เท่า

ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย โดยการใช้ถังพลาสติกรูปวงรีเพื่อใช้ในการอนุบาลปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่าน ส่งผลให้สามารถอนุบาลลูกปลาในระดับความหนาแน่นสูงขึ้นคุ้มค่าในการลงทุนและลดต้นทุนในการอนุบาลและมีผลตอบแทนการลงทุนที่สูงขึ้น สามารถจัดการผลผลิตปลาสู่ตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตปลาดุกบิ๊กอุยมีคุณภาพสูง มีระบบจัดการการเลี้ยงที่ไม่ซับซ้อน เหมาะกับเกษตรกรทั่วไปและผู้ประกอบการเชิงพาณิชย์ สอดคล้องกับความต้องการของตลาดปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตของผู้บริโภคที่ต้องการสัตว์น้ำที่มีคุณภาพและปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ควรหาวิธีการในการลดต้นทุนการผลิตลงอีก โดยเฉพาะต้นทุนด้านอาหาร ด้วยการเลือกชนิดอาหารให้มีต้นทุนต่ำ และปลาสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีอัตรารอดตายสูง โดยใช้วัสดุทดแทนที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีปริมาณมากพอในท้องถิ่น เช่น การศึกษาของ ธีรชัย และคณะ (2562) ทำการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาหลดด้วยอาหารสำเร็จรูปเพื่อทดแทนไรแดง รวมถึงพัฒนาประสิทธิภาพในการอนุบาลลูกปลาจนสามารถจัดการผลิตลูกปลาที่มีราคาถูกมาจำหน่าย ทั้งนี้จะได้ขยายผลไปสู่เกษตรกรเพื่อส่งเสริมต่อไป

บทสรุป

สรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยในระบบน้ำไหลผ่าน โดยปล่อยให้น้ำไหลผ่านเบา ๆ ตลอดเวลาด้วยอัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตรต่อชั่วโมง ให้น้ำล้นผ่านรูระบายน้ำ สามารถอนุบาลได้ถึง 7,500 ตัวต่อตารางเมตร ที่อายุ 1-10 วัน และเมื่อนำไปเลี้ยงต่อในบ่อดิน ที่อัตราความหนาแน่น 500 ตัวต่อตารางเมตร จนถึงอายุ 30 วัน ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณที่ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรเทคโนโลยีเกษตร และสาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จนการศึกษาสำเร็จเรียบร้อยอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2562). สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2560. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

ธีระชัย พงศ์จรรยากุล, ปราณีต งามเสน่ห์ และกาญจนา พยุหะ. (2562). รูปแบบที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาหลดด้วยอาหารสำเร็จรูปเพื่อทดแทนไรแดง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 36(1): 33-43.

ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และวรรเพ็ญ คำมี. (2558). ผลของความหนาแน่นในการอนุบาลปลากะรังเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal, 1775 ต่ออัตรารอดตายและต้นทุน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2558 กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุจินต์ หนูขวัญ, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และ กำชัย ลาวัณยวุฒิ. (2533). บิ๊กอุย ปลาเศรษฐกิจชนิดใหม่. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

ยศกร ประทุมวัลย์. (2564). ต้นแบบระบบอัตโนมัติสำหรับเพาะเลี้ยงปลากะพงในระบบปิด. ใน การประชุมวิชาการประจำปี สวทช. ครั้งที่ 16 ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ BCG เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. ม.ป.ท.

วิรัช จิ๋วแหยม. (2544). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

วิรัช จิ๋วแหยม. (2561). หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการจัดการคุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

วิมล จันทรโรทัย. (2536). การวางแผนการวิจัยด้านอาหารปลา. วารสารการประมง. 46(4): 323-330.

สำเนาว์ เสาวกูล. (2561). ปลาดุก: การเพาะเลี้ยงและบทบาทในระบบนิเวศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์รุ่งธนเกียรติออฟเซ็ท: สุรินทร์.

สำเนาว์ เสาวกูล, หทัยรัตน์ เสาวกูล, ประหยัด หวังเป็น และกิตติกร จินดาพล. (2543). ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตการเลี้ยงปลาหมอไทยในกระชัง. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17 14 - 16 กรกฎาคม 2543 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ. 260 -269

สำเนาว์ เสาวกูล, กฤติมา เสาวกูล และปราณีต งามเสน่ห์. (2555). ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและผลตอบแทนการเลี้ยงปลากดเหลืองในกระชัง. วารสาร มทร.อีสาน. 5(1): 14-25.

สุจินต์ หนูขวัญ, มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, กำชัย ลาวัณยวุฒิ และ ปรัชชัย วีรสิทธิ์. (2533). การผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกเทศ. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28, 29-31 มกราคม 2533. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 553-567.

สนธิพันธ์ ผาสุขดี, ทวี วิพุทธานุมาศ และกาญจนรี พงษ์ฉวี. (2556). การพัฒนาเทคโนโลยีระบบการผลิตปลาม้าเชิงพาณิชย์, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาเทคโนโลยีระบบการผลิตปลาม้าเชิงพาณิชย์. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน): กรุงเทพฯ.

สมโภชน์ อัคคะทวีวัฒน์. (2535). การศึกษาเบื้องต้นทางชีววิทยาบางประการและการทดลองผสมเทียมปลากระทิง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2535. ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดพระนครศรีอยุธยา กองประมงน้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมหวัง พิมลบุตร และสนธิพันธ์ ผาสุกดี. (2537). การอนุบาลลูกปลาม้าด้วยความหนาแน่นต่างระดับ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 49/2537. กองประมงน้ำจืด กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

หทัยรัตน์ เสาวกูล และสำเนาว์ เสาวกูล. (2551). ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตการเลี้ยงปลากดเหลืองในกระชัง. น. 394 - 402 ใน การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 46 สาขาประมง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนันต์ สี่หิรัญวงศ์, ไชยวัฒน์ รัตนดาดาษ และเจริญไชย ศรีสุวรรณ. (2541). ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเลี้ยงปลาหมอไทยในกระชังพื้นที่ดินพรุ จังหวัดนราธิวาส. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2523. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

อาคม สิงหบุญ, ไพบูลย์ บุญลิปตานนท์ และสามารถ เดชสถิตย์. (2546). พัฒนาการศัพภะและลูกปลาวัยอ่อนของปลาเก๋าเสือ *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775). เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. (2535). การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

APHA-AWWA-WEF. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater, 14thed, American public health association, American water works association, Water Environment federation: Washington D.C.

Bartley D.M., Rana K. and Immink A.J. (2001). The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. Rev. Fish Biol. Fisher. 10: 325-337.

Basiita R.K. and Rajts F. (2021). Guidelines for African catfish (*Clarias gariepinus*) spawning and fingerling production in the Democratic Republic of Congo. World Fish Communications and Marketing Department, CGIAR Research Program on Fish Agri-Food Systems. Guidelines: FISH-2021-01.Penang: Malaysia.

Garr AL., Lopez H., Pierce R. and Davis M. (2011). The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa.* Aquaculture. 311:139-145.

Hepher, B. (1967). Some biological aspects of warm-water fish pond management. 417-428. In Shellby D. Gerking (ed.) The biological basis of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

Ismi S., Sutarmat T., Giri N.A., Rimmer M.A., Knuckey R.M.J., Berding A.C. and Sugama K. (2012). Nursery Management of grouper: a best-practice manual. *ACIAR Monograph No. 150*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australian.

Mensah E.T., Attipoe F.K. and Johnson M.A. (2013). Effect of different stocking densities on growth performance and profitability of *Oreochromis niloticus* fry reared in hapa- in- pond system. International of Fisheries and Aquaculture. 5(8): 204-209.

Mohamed A.S., Tamador E.E. and Mohamed A.H. (2016). Effects of varying stocking densities and temperature on growth performance of Nile tilapia *(Oreochromis niloticus)* fingerlings cultured in semi closed system. International Journal of Advanced Science and Research. 1(11): 19-23.

Octaform. (2017). The Best Recirculating System in the World. Accessed 11 June 2017. http://web.octaform.com/blog/topic/aquaculture/page/2.

Panakulchaiwit R., Aue-umneoy D., Intarapuk N. and Taveethap B. (2011). Integrated farm between Nile tilapia culture and floating water convolvulus grown. Journal of Fisheries Technology Research. 5(1): 37-46.

Roca, C. Y. and Main K. L. (2012). Improving larval culture and rearing techniques on common snook (*Centropomus undecimalis*). In: Muchlisin, Z. (Ed.), Aquaculture. 187- 216.

Salari R.C., Saad R., Kamarudin M. S. and Zokaelfar H. (2012). Effect of different stocking densities on tiger grouper juvenile (*Epinephelus fuscoguttatus*) growth and a comparative study of the flow-through and recirculating aquaculture systems. African Journal of Agricultural Research. 7(26): 3765-3771.

Shang Y. C. (1986). Pond production systems: Stocking practices in pond fish culture. In: James, E. L., R. O. Smitherman and G. Tehobanoglous (eds.). Principle and practices of pond aquaculture. Oregon State University Press, Corvallis, Oragon: USA.

Sugama K., Tridjoko B., Slamet S., Ismi E., Setiadi E. and Kawahara S. (2001). Manual for the seed production of humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. Gondol Research Institute for Mariculture Central Research Institute for Sea Exploration and Fisheries, Ministry of Marine Affairs and Fisheries, and Japanese International Cooperation Agency.

Sugama K., Rimmer M.A., Ismi S., Koesharyani I., Suwirya K., Giri N.A. and Alava V.R. (2012). Hatchery management of tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*): a best-practice manual. *ACIAR Monograph No. 149*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.

Timmons M. B., Summerfelt S.T. and Vinci B. J. (1998). Review of circular tank technology and management. Aquacultural Engineering. 18(1998): 51-69.

Viveen W.J.A.R, Richter C.J.J., van Oordt P.G.W.J., Janssen J.A.L. and Huisman E.A. (1986). Practical manual for the culture of the African catfish (*Clarias gariepinus*). 2nd edition. Ministry of Foreign Affairs, The Hague: Netherlands.

Yi, Y., Lin C.K. and Diana J.S. (2003). Hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in an integrated pen-cum-pond system: growth performance and nutrient budgets. Aquaculture. 217: 395-408.

Yousif, O. M. (2002). The effects of stocking density, water exchange rate, feeding frequency and grading on size hatchery development in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Emirates Journal of Food and Agriculture. 14: 45-53.