

## ผลของจำนวนหัวฉีดที่ปล่อยน้ำในระบบหมุนเวียนและรูปทรงถาดฟักไข่ต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาในระยะเวลาฟักเป็นตัว

### Effect of the nozzles number recirculating water discharge pipe and the tray shape on survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatching stage

ศิริภรณ์ โคตะมี<sup>1\*</sup>, อุไรวรรณ เปียสูงเนิน<sup>2</sup> และ ชิตพล คงศิลา<sup>3</sup>

Siriporn Kotamee<sup>1\*</sup>, Uraiwan Piasoongnoen<sup>2</sup> and Chitapol Kongsila<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

<sup>1</sup> Department of Agribusiness, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

<sup>2</sup> Nakhon Phanom Freshwater Aquaculture Research and Development Center, Nakhon Phanom 48000

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

<sup>3</sup> Department of mechanical engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของจำนวนหัวฉีดที่ปล่อยน้ำ และรูปทรงถาดฟักไข่ต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาในระยะเวลาที่ 3-5 ในระบบน้ำหมุนเวียน โดยวางแผนการทดลองออกเป็น 2x3 factorial in CRD (complete randomized design) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระบบที่ปล่อยน้ำ 2 แบบ ได้แก่ ที่ปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีด และ 2 หัวฉีด ปัจจัยที่ 2 คือ รูปทรงถาดฟักไข่ปลา ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี เริ่มเพาะฟักไข่ปลาในระยะเวลาที่ 2 จำนวน 5,000 ฟองต่อถาดฟัก เก็บข้อมูลอัตราการรอดของไข่ในระยะเวลาที่ 3, 4 และ 5 จากการศึกษาพบว่าการใช้ที่ปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด มีผลทำให้อัตราการรอดตายของลูกปลาสูงกว่าแบบ 1 หัวฉีด ในระยะเวลาที่ 3 และ 4 (86.06 % และ 69.86 % ตามลำดับ) และยังพบว่ารูปทรงถาดฟักไข่ทรงรี มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด ทั้งในระยะเวลาที่ 3, 4 และ 5 โดยมีอัตราการรอด 85.83 %, 69.26 % และ 60.00 % ตามลำดับ รองลงมาคือถาดฟักทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและทรงกลม จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่ปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด โดยใช้ถาดฟักไข่ทรงรีเป็นระบบเพาะฟักไข่ที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายที่สูง ซึ่งระบบเพาะฟักไข่นี้จึงถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการเพาะฟักไข่ปลาที่ต้องการอัตราการรอดตายสูง

**คำสำคัญ:** อัตราการรอดตาย; หัวฉีดที่ปล่อยน้ำ; ถาดฟักไข่

**ABSTRACT:** The objective of this research was to study the effect of the nozzles number recirculating water discharge pipe and the tray shape on survival rate of Nile tilapia (stage 3-5). A factorial experiment in completely randomized design with three replications was used. Factor A was two nozzles number (one nozzle and two nozzles) and factor B was three shape trays (rectangle, circle and oval). The second stage of tilapia egg hatching started with 5,000 eggs per hatching tray, and the egg survival rate was recorded at stages 3,4 and 5. The results indicated that survival rate under two nozzle tray (86.06 % and 69.86 %, respectively) was higher than one nozzle tray at stages 3 and 4. In addition, the two nozzles type with oval shaped hatching trays had the highest survival rate at stages 3, 4 and 5 with 85.83 %, 69.26 %, and 60.00 %, respectively, followed by rectangular and circle hatching trays. Our results revealed that two nozzle water release pipes with oval-shaped hatching trays was an efficient hatching technique which contributed to high survival rate of tilapia fry. This hatching technique is an alternative for hatching with a high survival rate.

\* Corresponding author: [siriporn.ko@udru.ac.th](mailto:siriporn.ko@udru.ac.th)

Received: date; November 11, 2022 Accepted: date; March 27, 2023 Published: date;

**Keywords:** survival rate; water nozzles; hatching tray

## บทนำ

การผลิตปลาไนทั้งในไทยและต่างประเทศได้มีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการผลิตอย่างต่อเนื่อง (จีซพล และคณะ, 2564; Jalut et al., 2022) ในประเทศไทยนั้นได้พัฒนาวิธีการผลิตปลาชนิดนี้มาเป็นระยะเวลาอันยาวนานกว่า 50 ปี (บังอร, 2549) โดยเฉพาะกระบวนการผลิตลูกพันธุ์ปลาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กระบวนการผลิตมีความทันสมัยง่ายต่อการจัดการและสามารถผลิตลูกพันธุ์ปลาได้ในปริมาณมาก ในกระบวนการผลิตลูกพันธุ์ปลาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกคือการเลี้ยงและจัดการพ่อแม่พันธุ์ ส่วนที่ 2 คือการเพาะฟักและอนุบาลลูกพันธุ์ สำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์มีการเลี้ยงทั้งในบ่อดิน (ปณรัตน์, 2555; Rahman et al., 2021; Gyalog et al., 2022) บ่อซีเมนต์หรือในถัง (พรรณศรี และคณะ, 2538; Maria et al., 2021) และในกระชังแขวนลอยในบ่อดิน (กิจจา และพรรณศรี, 2536; คณนา, 2559) ซึ่งปัจจุบันการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาไนในกระชังแขวนลอยในบ่อดินเป็นที่นิยมสูงสุด เนื่องจากปลาไม่มีรอยละของการวางไข่ต่อรอบและมีกำลังการผลิตไข่ของแม่ปลาสูงที่สุด (ฐาปนพันธ์ และคณะ, 2552) กระบวนการผลิตลูกพันธุ์ปลาไนนิยมวิธีการรวบรวมไข่จากปากแม่ปลาแล้วนำมาเพาะฟักในระบบเพาะฟักไข่ปลา ที่ออกแบบมาเพื่อเลียนแบบและทดแทนการฟักไข่ในปากของแม่ปลา (พรรณศรี และคณะ, 2538; นฤชยา, 2553) ด้วยการนำไข่ปลาไนระยะที่ 1 ใส่ในกรวยฟักแนวตั้งหรือถาดฟักแนวอนที่มีการเปิดน้ำให้เกิดกระแสไหลผ่านตลอดเวลา (เรณู และนพนันท์, 2549) การเปิดน้ำใส่ในกรวยฟักไข่ปลาไนแนวตั้งต้องเปิดน้ำผ่านท่อน้ำแนวตั้ง (น้ำลงแนวตั้ง) เรียกว่า “ระบบน้ำลง” (ณัฐพงษ์, 2560) หรือระบบน้ำดัน (วันเพ็ญ, 2540) เพื่อให้กระแสน้ำพัดพาไข่ปลาไน ซึ่งเป็นไข่ประเภทไข่จม (demersal egg) ที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก (Nassrin et al., 2016) สามารถลอยในกระแสน้ำได้จนไข่ปลาพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 5 เป็นระยะที่ลูกปลาพัฒนาอวัยวะครบสมบูรณ์และสามารถว่ายน้ำได้เอง (อาทิตยาพร และคณะ, 2559; Little et al., 1993; Koji and Norihiro, 2007) นอกจากระบบฟักไข่ปลาไนแนวตั้งแบบน้ำลงหรือน้ำดันแล้ว ยังมีการพัฒนาการใช้ถาดเพาะฟักแบบพื้นราบวางในแนวอน โดยนิยมใช้ถาดรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 27x42x8 ซม. หรือใกล้เคียง สามารถเพาะฟักไข่ปลาไนได้ 5,000-7,000 ฟอง ตำแหน่งด้านข้างถาดตามแนวยาวมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. จำนวน 2 แถว ให้น้ำไหลผ่านแล้วติดผ้าอวนไนลอนสีฟ้าขนาด 18 - 20 ช่องตา/นิ้ว ในตำแหน่งบริเวณเจาะรูดังกล่าว เพื่อป้องกันไข่หรือลูกปลาไหลออก (เรณู และนพนันท์, 2549) การเพาะฟักด้วยถาดต่างๆ เหล่านี้ จำเป็นต้องเปิดน้ำให้เกิดกระแสแบบหมุนวนภายในถาดเพาะฟักเพื่อให้ไข่ปลาเกิดการเคลื่อนที่ตลอดเวลาเพื่อลดการกองทับกันจนไข่ปลาเน่าเสีย และเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างการเพาะฟัก ดังนั้นจึงนิยมสร้างระบบเพาะฟักไข่ปลาไนเป็นระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ประกอบด้วยรางน้ำ ถาดฟักไข่ปลา บ่อบำบัดน้ำ และถังเก็บน้ำหลังบำบัด โดยน้ำที่ผ่านจากถาดเพาะฟักไข่ปลาไหลผ่านรางน้ำไปสู่อ่างบำบัด จากนั้นทำการสูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วขึ้นไปเก็บยังถังเก็บน้ำตั้งบนสูงเหนือพื้นดินประมาณ 3 ม. ด้วยเครื่องสูบน้ำเซนติฟูกอล (centrifugal) แบบจุ่มแล้วปล่อยน้ำให้ไหลลงมาจากถังเก็บน้ำบนสูงตามแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) ผ่านท่อน้ำเข้าสู่ถาดฟักไข่ปลาอีกครั้งหมุนเวียนเป็นวัฏจักรในระบบตลอดเวลา การลำเลียงน้ำจากบ่อบำบัดยังถังเก็บน้ำนี้จะเกิดความดันลดอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในท่อ ในระบบท่อปกติแล้วความดันลดของข้อต่อ ข้อต่อ และอุปกรณ์รวมกันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 % - 50 % ของความดันลดของท่อเอง ฉะนั้นในทางปฏิบัติวิศวกรรมระบบท่อจึงมักจะสมมุติให้ข้อต่อ ข้อต่อ และอุปกรณ์เหล่านี้มีความยาวสมมูลอยู่ประมาณ 20 % ถึง 50 % ของความยาวจริงของท่อ (วรวิทย์, 2551) การที่จะเลือกค่าได้นั้นก็ขึ้นอยู่กับระบบท่อที่มีอุปกรณ์เหล่านี้อยู่มากเพียงใด เนื่องจากระบบท่อในงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์เหล่านี้อยู่มาก ดังนั้นสมมุติให้ความยาวสมมูลของข้อต่อต่างๆมีค่าประมาณ 30% ของความยาวจริงของท่อ ในการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำจะต้องนำความดันลดเหล่านี้ไปรวมกับแรงดันอื่นๆ และเรียกแรงดันทั้งหมดเหล่านี้รวมกันว่า “แรงดันสุทธิ” (total dynamic head) ดังสมการ

$$\text{total dynamic head} = \text{static head} + \text{ความดันลดอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในท่อ} \times 1.3$$

เมื่อได้แรงดันสุทธิและอัตราการสูบน้ำที่ต้องการแล้วก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำได้จากสมการดังนี้

$$W = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

- เมื่อ  $W$  = วัตต์ของมอเตอร์
- $\rho$  = ความหนาแน่นของน้ำ  $\text{kg/m}^3$
- $g$  = ค่าความเร่งมีค่าเป็น  $9.81 \text{ m/s}^2$
- $Q$  = อัตราการไหลเชิงปริมาตรเป็น  $\text{m}^3/\text{s}$
- $H$  = แรงดันสุทธิเป็นเมตร
- $\eta$  = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ถังเก็บน้ำซึ่งตั้งอยู่สูงจะเพิ่มความดันของน้ำในระบบท่อแล้วปล่อยน้ำสู่สภาพเพาะปลูกไขปลาโดยผ่านหัวฉีด การไหลของน้ำภายในถาดเพาะปลูกไขปลาอาศัยเทคนิคการหมุนวนอิสระ (free vortex) ของกระแสน้ำ การหมุนวนอิสระจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งลักษณะหรือพฤติกรรมเด่นของการหมุนวนอิสระและการไหลแบบปั่นป่วนนั้นจะทำให้เกิดการกระจายความเร็วในแนวสัมผัส (circumferential velocity) ของการหมุนวนอิสระ โดยความเร็วในแนวสัมผัสจะเพิ่มขึ้นในทิศทางออกจากจุดศูนย์กลางและลดลงในทิศทางเข้าหาจุดศูนย์กลาง ความเร็วในแนวสัมผัสของการหมุนวนอิสระจะค่อยๆลดลงจนมีค่าเท่ากับศูนย์ที่จุดศูนย์กลางของการหมุนวน (Figure 1)

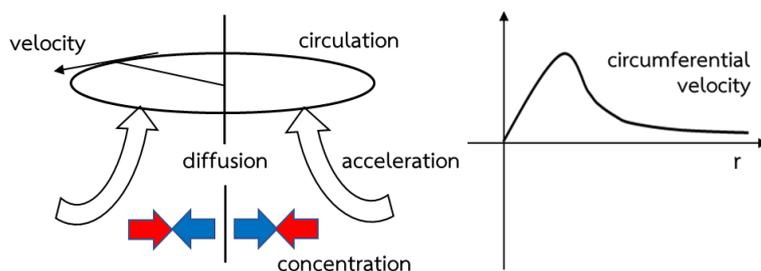


Figure 1 The occurrence of free vortex and the relationship of circumferential velocity to distance in the direction of ejection from the center of rotation.

การเกิดกระแสน้ำวนอิสระและการไหลแบบปั่นป่วนนั้นสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในธรรมชาติถ้าได้รับการออกแบบที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มความเร็วในแนวสัมผัสของการหมุนวนอิสระได้ซึ่งความเร็วของน้ำที่เกิดขึ้นในกระแสนวนจะช่วยให้ไขปลาในถาดเพาะปลูกเกิดการเคลื่อนที่ตลอดเวลาช่วยลดการกักกันลดการเน่าเสียของไขปลาที่พื้นถาดเพาะปลูก น้ำในถาดเพาะปลูกจะไหลผ่านลงสู่บ่อกรองน้ำแบบชีวภาพ (biological pond filter) จนได้น้ำที่สะอาดและถูกสูบกลับขึ้นสู่ถังเก็บน้ำหมุนเวียนเช่นนี้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การใช้ถาดเพาะปลูกพื้นราบสีเหลี่ยมผืนผ้าจำเป็นต้องเจาะรูขนาดเล็กที่ตำแหน่งปลายท่อปล่อยน้ำเพื่อให้มีน้ำไหลออกมีความแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนวนพัดพาไขปลาให้เคลื่อนที่ ซึ่งการเปิดน้ำที่มีแรงดันนี้หากเปิดแรงจนเกินไปอาจทำให้ไขปลานิลที่เต็มไปด้วยไข่แดงและไม่มีเยื่อหุ้มหรือตัวอ่อนของปลาที่เริ่มมีพัฒนาการของส่วนหัว ลำตัวและหางในระยะที่ 3 - 5 เกิดการบอบช้ำและตายในที่สุด ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงได้ทำการออกแบบระบบหัวฉีดน้ำและศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ในถาดพื้นราบที่มีรูปทรงต่างกัน 3 แบบ ดังนี้ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี ที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปลานิลระยะที่ 3 - 5 เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเพาะปลูกไขปลานิล ให้มีอัตราการรอดตายของลูกปลาที่สูงขึ้น และเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มทั้งหน่วยงานรัฐ เอกชน สถาบันการศึกษา หรือประชาชนที่สนใจต่อไป

## วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

การทดลองระยะที่ 1 ออกแบบระบบฟักไข่ปลานิลให้เป็นระบบปิดน้ำหมุนเวียน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ บ่อวางฟักไข่ปลา และฟักไข่ปลา ระบบบำบัดและเก็บกักน้ำ และท่อน้ำเข้าฟักไข่ปลาแบบ 1 และ 2 หัวฉีด จากนั้นทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำ (water flow) จากปลายท่อลงสู่ฟักไข่ปลาและทำให้น้ำไหลวนจนสามารถฟักไข่ปลาในระยะที่ 2 - 4 เคลื่อนที่และพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 - 5 ได้ภายใต้ปัจจัยที่ 1 คือ ท่อปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีด และแบบ 2 หัวฉีด และปัจจัยที่ 2 คือ รูปทรงฟักไข่ปลาชนิด ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

การทดลองระยะที่ 2 ทำการทดลองเพาะฟักไข่ปลานิลในระบบฟักไข่ระบบน้ำหมุนเวียนต่อเนื่องตลอดเวลาที่ได้จากการออกแบบของการทดลองระยะที่ 1 โดยวางแผนการทดลองออกเป็น 2x3 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ จำนวนหัวฉีดของท่อปล่อยน้ำสู่ฟักไข่ปลานิล 2 แบบ คือ ท่อปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีด และแบบ 2 หัวฉีด ปัจจัยที่ 2 คือ รูปทรงฟักไข่ปลานิล ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี ซึ่งไข่ปลานิลที่ใช้ในการทดลองเป็นไข่ปลาที่รวบรวมจากแม่ปลาที่เลี้ยงในกระชังของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดขอนแก่น โดยรวบรวมไข่ปลานิลระยะที่ 1 มาเพาะฟักจนเข้าสู่ระยะที่ 2 (eye egg) แล้วจึงนำมาใช้ในการทดลองที่ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี โดยใช้ไข่ปลาหน่วยทดลองละจำนวน 5,000 ฟอง (เรณู และ นพพันธ์, 2549) เปิดน้ำให้ไหลเวียนในอัตราที่ทำให้ไข่ปลาเคลื่อนที่ตลอดเวลา เก็บข้อมูลจำนวนรอดตายของลูกปลานิลระยะที่ 3 ถึง 5 จากสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการรอดตาย} = (\text{จำนวนไข่ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนไข่ปลาเริ่มต้น}) \times 100$$

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการออกแบบระบบฟักไข่ปลานิลแบบปิดระบบน้ำหมุนเวียน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ บ่อวางฟักไข่ปลาและฟักไข่ปลา ระบบบำบัดและเก็บกักน้ำและท่อน้ำเข้าฟักไข่ปลาแบบ 1 และ 2 หัวฉีด ดังนี้

**บ่อวางฟักไข่ปลา (pond) และฟักไข่ปลา (hatching tray)** เป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 1.2x3x0.8 ม. ท้ายบ่อด้านหนึ่งมีท่อระบายน้ำออกขนาด 1 ½ นิ้ว เชื่อมต่อไปยังถังบำบัดน้ำ (Figure 2) ส่วนฟักไข่ปลาเป็นวัสดุพลาสติกรูปทรงพื้นถาด 3 แบบ ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 27x42x8 ซม. ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 ซม. และทรงรี ขนาด 27x42x8 ซม. บริเวณด้านข้างของถาดเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. จำนวน 2 แถว แถวละ 15 รู สูงเหนือพื้นถาด 4 ซม. ติดผ้าวอนไนลอนสีฟ้าขนาด 18 ช่องตา/นิ้ว ทับรูที่เจาะเพื่อป้องกันไข่หรือลูกปลาออก (Figure 3)

**ระบบบำบัดและเก็บกักน้ำ (water treatments system)** เป็นถังพลาสติกขนาดความจุ 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง เชื่อมต่อกันด้วยท่อน้ำ PVC ขนาด 1 ½ นิ้ว ถังที่ 1 มีวัสดุกรองตะกอนอยู่ภายในใช้รับน้ำจากบ่อวางฟักไข่ปลา ถังที่ 2 และถังที่ 3 เป็นถังบำบัดที่มีกรวดหยาบขนาดต่างกัน จากเล็กไปใหญ่ เรียงซ้อนกัน 3 ชั้น ถังที่ 4 เป็นถังรับน้ำที่ผ่านการกรองแล้วและพร้อมใช้ ภายในติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มขนาด 1 นิ้ว จำนวน 1 เครื่องเพื่อสูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว ขึ้นถึงเก็บน้ำขนาดความจุ 200 ลิตร ที่ตั้งสูงเหนือพื้นดิน 2.5 ม. ด้านล่างของถังเก็บน้ำมีท่อปล่อยน้ำออกขนาด 1 นิ้ว ส่งน้ำไปยังบ่อฟักไข่ปลา โดยแยกท่อลงสู่ฟักไข่ปลาแต่ละฟักแล้วลดขนาดท่อเป็น ½ นิ้ว (Figure 4)

**ท่อน้ำเข้าฟักไข่ปลาแบบ 1 และ 2 หัวฉีด** เป็นท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว แบบ 1 หัวฉีด ต่อท่อในลักษณะตัว L ปิดปลายท่อด้วยฝาครอบท่อ แล้วเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. จำนวน 1 รู บริเวณด้านข้างห่างจากปลายท่อประมาณ 3 ซม. แบบ 2 หัวฉีด ต่อท่อลักษณะตัว T ปิดปลายท่อด้วยฝาครอบท่อ แล้วเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. จำนวน 1 รู บริเวณด้านข้างห่างจากปลายท่อประมาณ 3 ซม. เช่นเดียวกัน (Figure 5, Figure 6)

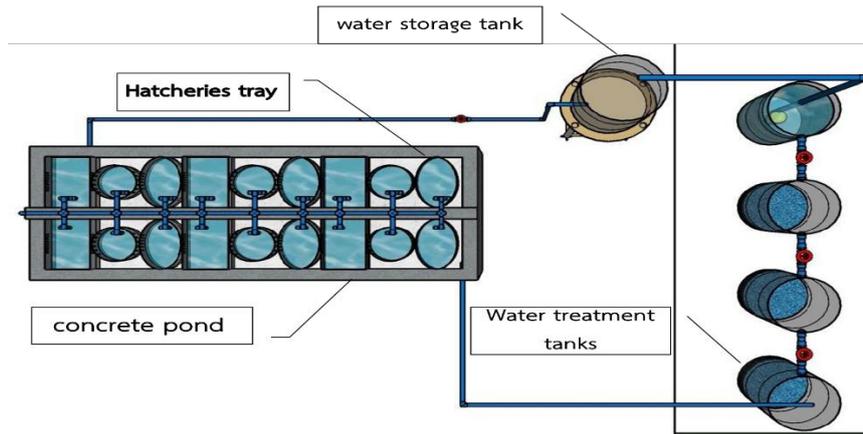


Figure 2 Nile tilapia hatching system.

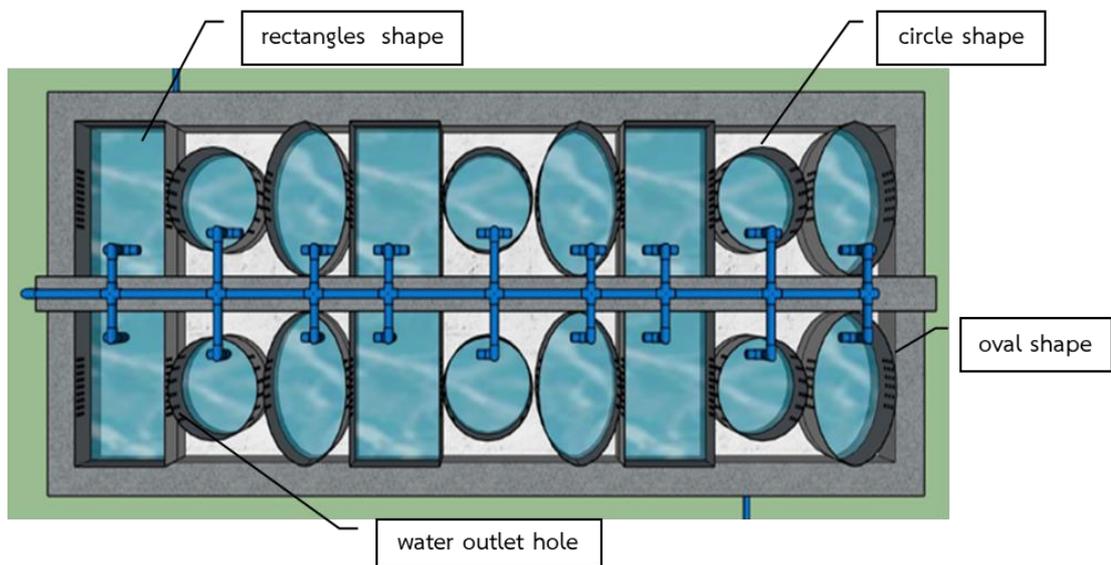


Figure 3 Nile tilapia Hatching tray.

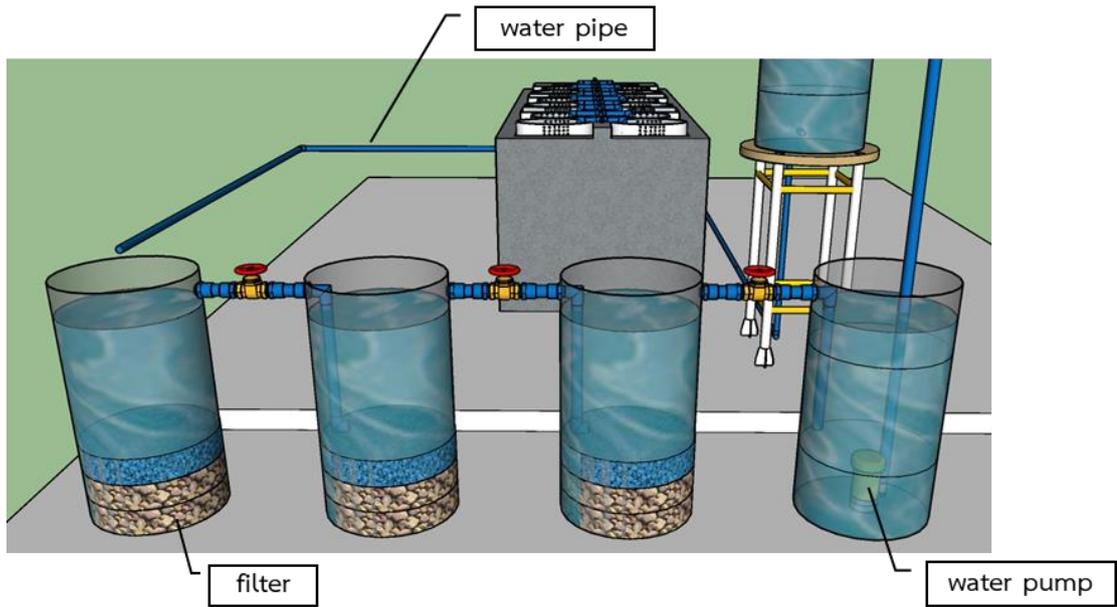


Figure 4 filter and circular system.

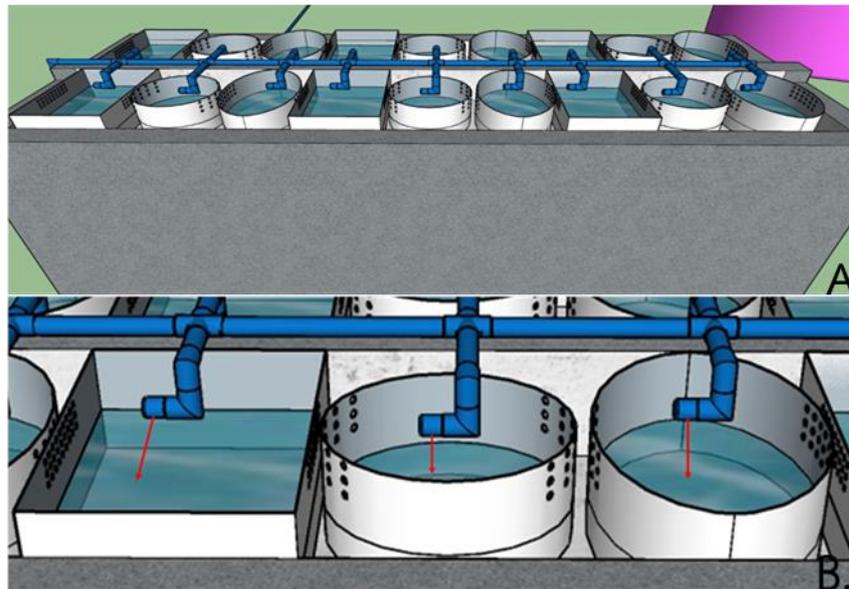


Figure 5 Nile tilapia Hatching tray on pond: A= Nile tilapia Hatching tray with 1 nozzles pipe, B=water direction by 1 nozzles pipe.

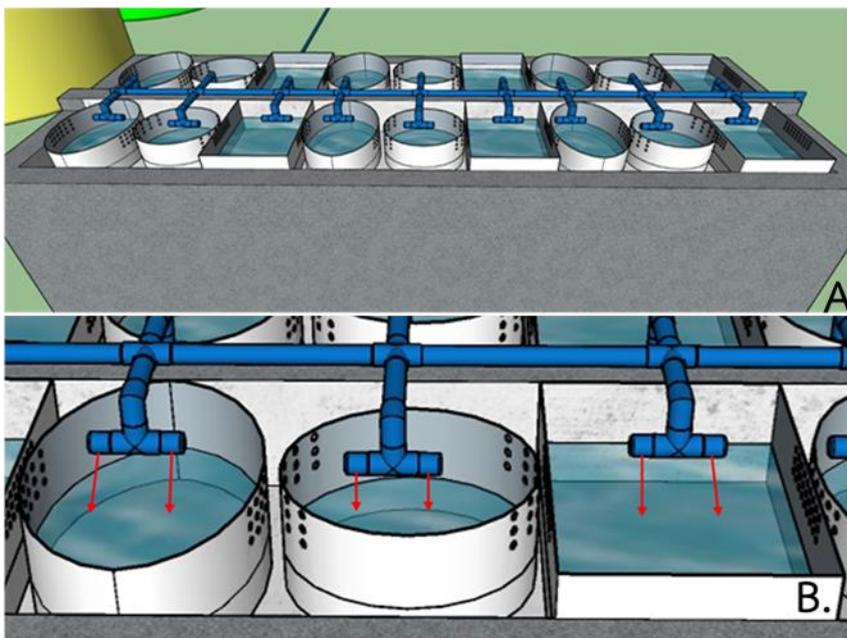
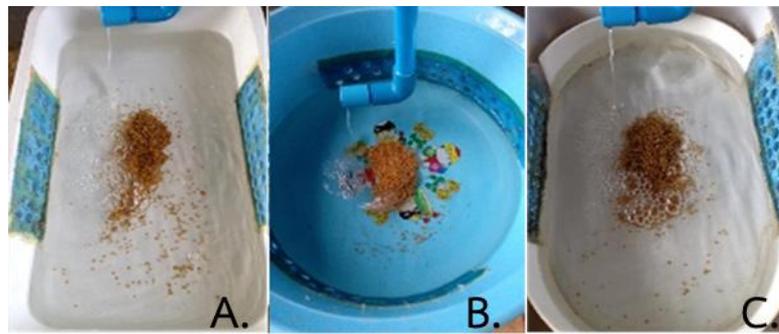


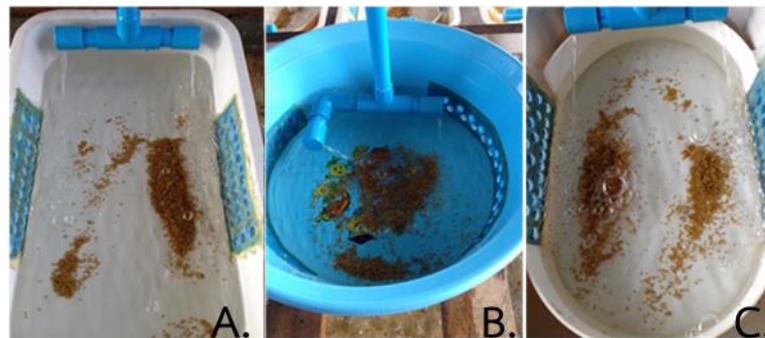
Figure 6 Nile tilapia Hatching tray on pond: A= Nile tilapia Hatching tray with 2 nozzles pipe, B=water direction by 2 nozzles pipe.

เมื่อทำการทดสอบการไหลเวียนน้ำในระบบ พบว่าน้ำมีการไหลเวียนเป็นอย่างดีสามารถเปิดให้ทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อปล่อยน้ำออกจากปลายหัวฉีดเข้าสู่ถาดฟักไข่ปลาแต่ละรูปทรงกระแสน้ำจะเกิดการหมุนวนอิสระเคลื่อนไปตามรูปทรงของถาดฟักไข่ ในกรณีปล่อยน้ำจากท่อ 1 หัวฉีดกระแสน้ำไหลออกจากมุมเดียวของถาดทำให้เกิดกระแสน้ำเคลื่อนตัวหมุนวนตามรูปทรงของถาดฟักไข่ เป็นวงชั้นเดียวในลักษณะการเคลื่อนตัวเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าในถาดทรงเหลี่ยม เป็นวงกลมในถาดทรงกลม และเป็นวงรีในถาดทรงรีเคลื่อนเข้าใกล้จุดศูนย์กลางของการหมุนแล้วลอยตัวขึ้นกระจายออก (diffusion) เป็นวัฏจักรเข้าไปเข้ามา (วรสิทธิ์, 2551) ส่วนท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีดกระแสน้ำไหลออกจากสองมุมของถาดทำให้เกิดกระแสน้ำเคลื่อนตัวหมุนวนตามรูปทรงของถาดฟักไข่เป็นวงสองชั้นในทิศทางหมุนตรงกันข้ามเคลื่อนเข้าหากันและชนกันบริเวณกึ่งกลางของถาด (Figure 7, Figure 8) ซึ่งการปล่อยน้ำผ่านท่อขนาด  $\frac{1}{2}$  นิ้วแล้วเจาะรูขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางเหลือ 2 มิลลิเมตร ที่บริเวณปลายท่อเพื่อสร้างแรงดันน้ำให้เกิดกระแสน้ำไหลแบบปั่นป่วน (tuebulent flow (สุนทร, 2558) ในถาดฟักจะช่วยให้ไข่ปลานิลซึ่งเป็นไข่ขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก (Nassrin et al., 2016) สามารถเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำได้ดี เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำที่สามารถฟักไข่ปลานิลระยะที่ 2 ถึง 4 ให้เคลื่อนที่จนพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 ถึง 5 ได้ ภายใต้ปัจจัยที่ 1 คือ ท่อปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีด และแบบ 2 หัวฉีด และปัจจัยที่ 2 คือ รูปทรงถาดฟักไข่ปลานิล ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี พบว่า การฟักไข่ปลาระยะที่ 2 เพื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 ในท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีดใช้ความเร็ว  $1.53 \pm 0.26$  มล./วินาที ต่ำกว่าแบบ 1 หัวฉีดที่มีค่าเท่ากับ  $2.03 \pm 0.35$  มล./วินาที เมื่อทดสอบฟักไข่ปลาระยะที่ 3 เพื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 ใช้ความเร็ว  $1.53 \pm 0.26$  และ  $2.13 \pm 0.27$  มล./วินาที และ สำหรับฟักไข่ปลาระยะที่ 4 เพื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 5 ใช้ความเร็ว  $1.27 \pm 0.10$  และ  $1.77 \pm 0.14$  มล./วินาที ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของรูปทรงถาดฟักไข่ปลา พบว่า การฟักไข่ปลานิลในระยะที่ 2 ถาดฟักทรงกลมใช้อัตราการไหลของน้ำต่ำที่สุด และต่ำกว่า ถาดทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ( $P < 0.01$ ) แต่ใกล้เคียงกับถาดทรงรี ขณะที่ถาดทรงรีไม่ต่างจากทรงกลมและทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ( $P > 0.01$ ) การฟักไข่ปลานิลในระยะที่ 3 และ 4 พบว่า ถาดฟักไข่ทรงกลมใช้อัตราการไหลต่ำที่สุดคือ  $1.54 \pm 0.37$  และ  $1.40 \pm 0.22$  มล./วินาที รองลงมาคือถาดฟักไข่ทรงรี  $1.83 \pm 0.27$  และ  $1.52 \pm 0.35$  มล./วินาที ส่วนการฟักไข่ปลาในภาชนะทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าใช้อัตราการไหลของน้ำสูงสุด  $2.13 \pm 0.37$  และ  $1.63 \pm 0.27$  มล./วินาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.01$ , Table 1) เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนหัวฉีดและรูปทรงพื้นถาดฟักไข่ปลานิล พบว่า การฟักไข่ปลานิลระยะที่ 2 ถึง 4 ด้วยท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด ไม่แตกต่างกันในทุกรูปทรงถาดฟักไข่ปลา ขณะที่การฟักไข่ปลาในระบบ 1 หัวฉีด

ในไข่ระยะที่ 3 ไข่ฟักทรงกลมและ รี ไม่แตกต่างกัน และต่ำกว่าไข่ฟักทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ( $P < 0.05$ ) ส่วนไข่ระยะที่ 4 ไข่ฟักทรง รี และสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าไข่ฟักทรงกลมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ , Table 2)



**Figure 7** Nile tilapia hatching system with 1 nozzle pipe and egg hatching tray shape: A=square shape, B=circle shape, C=oval shape.



**Figure 8** Nile tilapia hatching system with 2 nozzle pipes and egg hatching tray shape: A=square shape, B=circle shape, C=oval shape.

**Table 1** Water flow rate hatch under different number of nozzle and tray shape in tilapia egg hatching tray

Treatment	Water flow rate (ml/second)		
	Stage 2	Stage 3	Stage 4
number of nozzle (A)			
1 pipe	2.03±0.35 <sup>b</sup>	2.13±0.27 <sup>b</sup>	1.77±0.14 <sup>b</sup>
2 pipes	1.53±0.26 <sup>a</sup>	1.53±0.26 <sup>a</sup>	1.27±0.10 <sup>a</sup>
F-test (A)	**	**	**
tilapia eggs hatching tray shape (B)			
rectangle	2.03±0.37 <sup>b</sup>	2.13±0.37 <sup>c</sup>	1.63±0.27 <sup>c</sup>
Circle	1.55±0.43 <sup>a</sup>	1.54±0.37 <sup>a</sup>	1.40±0.22 <sup>a</sup>
Oval	1.77±0.27 <sup>ab</sup>	1.83±0.27 <sup>b</sup>	1.52±0.35 <sup>b</sup>
F-test (B)	**	**	**
A x B	ns	*	**
C.V. (%)	13.85	13.11	3.18

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference ( $P < 0.05$ )

ns, \*, \*\* Non significant and significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

**Table 2** Effect of number of nozzles and tray shapes on water flow rate in tilapia egg hatching tray at stage 3-5

Treatment	Water flow rate (ml/second)					
	Stage 2		Stage 3		Stage 4	
	1 pipe	2 pipes	1 pipe	2 pipes	1 pipe	2 pipes
rectangle	2.27±0.42	1.80±0.00	2.47±0.12 <sup>b</sup>	1.80±0.00	1.87±0.11 <sup>b</sup>	1.40±0.00
Circle	1.90±0.00	1.20±0.00	1.88±0.29 <sup>a</sup>	1.20±0.00	1.60±0.00 <sup>a</sup>	1.20±0.00
Oval	1.93±0.31	1.60±0.00	2.07±0.11 <sup>a</sup>	1.60±0.00	1.83±0.58 <sup>b</sup>	1.20±0.00
Mean	2.03±0.35	1.53±0.26	2.14±0.27	1.53±0.26	1.77±0.14	1.27±0.10

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference ( $P < 0.05$ )

เมื่อทำการเพาะฟักไข่ปลาเริ่มตันจากระยะที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของลูกปลาเมื่อเข้าสู่ระยะที่ 3, 4 และ 5 ที่เพาะฟักในระบบท่อปล่อยน้ำแบบ 1 และ 2 หัวฉีด ภายในถาดฟักไข่ปลา 3 รูปทรง คือ ถาดพื้นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และ ทรงรี พบว่า ไข่ปลาในระยะที่ 3 และ 4 ที่เพาะฟักในระบบท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด ( $86.04 \pm 1.80\%$  และ  $69.86 \pm 1.60\%$ ) มีอัตราการรอดตายสูงกว่าแบบ 1 หัวฉีด ( $82.18 \pm 3.19\%$  และ  $66.10 \pm 1.45\%$ , **Table 3**) กระแสน้ำที่ไหลด้วยความเร็วเมื่อกระทบไข่หรือลูกอ่อนปลาแรงเกินไปทำให้ลูกปลาเกิดความบอบช้ำ และตายได้ในที่สุดเพราะลูกปลาในระยะนี้เป็นระยะเริ่มฟักออกจากไข่ซึ่งมีความบอบบางสูง สอดคล้องกับ อาทิตยาพร และคณะ (2559); Koji and Norihiro (2007) รายงานว่าลูกปลานิลที่เริ่มฟักออกจากไข่ตัวอ่อนมีขนาดเพียง 1 มิลลิเมตร ระยะนี้มีถุงไข่แดง (yolk sac) ติดอยู่กับลำตัว และครีบอก ครีบหลัง ครีบท้อง และครีบหาง เริ่มพัฒนาการเป็นตุ่มเล็กๆ เมื่อเปิดน้ำในระบบท่อปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีดแรงจึงทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายต่ำ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณยู และคณะ (2551) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาตกแก้ว โดยใช้วิธีฟักไข่ที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการเพาะฟักไข่ปลาตกแก้วโดยผสมโคลน แล้วเพาะฟักในถาดเลียนแบบวิธีการฟักไข่ของปลานิล ลูกปลากดแก้วที่ฟักออกเป็นตัวในระยะแรกมีขนาดใกล้เคียงกับลูกปลานิล แต่มีลักษณะผิวบอบบางกว่า จึงทำให้ถูกแรงน้ำที่หมุนวนในถาดทำให้ลูกปลาบางส่วนบอบช้ำจนมีอัตราการรอดตายเพียง 30.77 %

เท่านั้น แต่เมื่อทดลองนำไข่ปลาสดแก้วผสมโคลน และเพาะฟักในถาดจนถึงระยะ heart formation stage แล้วจึงย้ายไปเพาะฟักต่อไปถึงไฟเบอร์กลาสเพื่อลดแรงกระแทกของน้ำ จะทำให้ลูกปลาสดแก้วมีอัตราการรอดตายสูงถึง 73.61 % ส่วนอิทธิพลของรูปทรงพื้นถาดเพาะฟัก พบว่าไข่ปลาระยะที่ 3 ที่เพาะฟักในถาดทรงรีมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (85.83±1.36 %) ใกล้เคียงกับถาดทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (85.61±2.11 %) แต่ไข่ปลาใน 2 รูปทรงถาดนี้สูงกว่าถาดทรงกลมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (80.90±3.15 %, P<0.01) ส่วนไข่ปลาระยะที่ 4 และ 5 ที่เพาะฟักในถาดทรงรีมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (69.26±1.63 % และ 60.00±2.68 %) รองลงมาคือถาดทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า(68.04±3.19 % และ 54.00±2.68 %) ขณะที่ถาดทรงกลมมีอัตราการรอดตายต่ำสุด (66.64±1.79 % และ 46.50±5.61 %) ทั้งนี้เนื่องจากกระแสน้ำที่เคลื่อนตัวในถาดฟักทรงกลมจะหมุนเข้าสู่ศูนย์กลางเป็นวงกลมพัดพาไข่ปลานิลให้กองรวมกันที่บริเวณกึ่งกลางพื้นถาด เมื่อกองทับกันเป็นเวลานานทำให้ไข่ที่ถูกทับอยู่ชั้นล่างตายหรือเน่าเสียเพราะไข่ปลานิลเป็นประเภทไข่จมขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.8 ถึง 2.0 มม. มีน้ำหนักมากถึง 0.0062 กรัม (Nassrin et al., 2016) เป็นสาเหตุให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายต่ำกว่าถาดฟักไข่รูปทรงอื่น ส่วนถาดฟักไข่ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบปัญหาการกองของไข่ปลาที่บริเวณมุมของถาดเพาะฟัก เมื่อไข่ถูกมวลน้ำพัดไปอยู่บริเวณดังกล่าวและหลุดพ้นจากรัศมีการเคลื่อนตัวของมวลน้ำแล้วทำให้ไข่ที่อยู่บริเวณนี้หยุดเคลื่อนที่และเน่าเสียในที่สุด แต่ในถาดทรงรีไม่มีมุมกระแสน้ำสามารถหมุนวนได้สะดวกทำให้ไข่ปลาเคลื่อนที่ได้ต่อเนื่องตลอดเวลา

เมื่อทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนหัวฉีดและรูปทรงพื้นถาดฟักไข่ปลา พบว่าเกิดอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยต่ออัตราการรอดตายของไข่ปลานิลทั้งในระยะที่ 3, 4 และ 5 (Table 4) ซึ่งพบว่าอัตราการรอดของไข่ปลาระยะที่ 3 ที่มีการใช้ระบบ 1 และ 2 หัวฉีด ที่มีการใช้ถาดฟักทรงรี (84.79±0.89 % และ 86.86±0.80 %) และทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (83.71±0.41 % และ 87.51±0.45 %) มีอัตราการรอดสูงกว่าแบบทรงกลม (78.03±0.27 % และ 83.76±0.38 %) ส่วนอัตราการรอดไข่ปลาระยะที่ 4 ในระบบแบบ 1 หัวฉีด พบว่าถาดทรงรีมีอัตราการรอดตายสูงสุด%67.87±0.63 รองลงมาคือทรงกลมและสี่เหลี่ยมผืนผ้า (65.23±0.69 % และ 65.20±0.74 % ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้ระบบแบบ 2 หัวฉีดในถาดฟักทรงรี (70.65±0.67 %) และทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (70.87±0.92 %) มีอัตราการรอดสูงกว่าในถาดทรงกลม ส่วนไข่ปลาระยะที่ 5 แบบ 1 หัวฉีด ไข่ในถาดฟักทรงรีมีอัตราการรอดตายสูงสุดรองลงมาคือทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และทรงกลมเท่ากับ 60.00±3.00 %, 54.00±3.00 % และ 42.00±3.00 % ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ระบบแบบ 2 หัวฉีด ถาดฟักทรงรีมีอัตราการรอดตายสูงสุด 60.00±3.00 % ซึ่งสูงกว่าถาดทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและทรงกลมที่มีอัตราการรอดตาย 54.01±3.00 % และ 51.00±3.00 % ตามลำดับ (Table 4) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในระบบท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีดในถาดเพาะฟักทรงกลม กระแสน้ำหมุนวนเป็น 2 วงเคลื่อนที่วนเข้าหากันบริเวณกึ่งกลางถาดเพาะฟัก ส่งผลให้ไข่ปลานิลเคลื่อนที่กระจายตัวตลอดเวลาโดยไม่กองทับกัน ขณะที่ถาดฟักไข่ทรงรีไม่มีมุมทำให้ไข่ปลานิลเคลื่อนที่ได้ดีโดยไม่มีสิ่งกีดขวางหรือตกในมุมอับ ส่วนถาดฟักไข่ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากระแสน้ำเคลื่อนที่ได้ทั่วถึงลดปัญหาหม้ออับ ทำให้ลดการตกค้างของไข่ปลานิลบริเวณมุมถาดเพาะฟักช่วยให้อัตราการรอดของปลาสูงขึ้น จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด โดยใช้ถาดฟักไข่ทรงรีเป็นระบบเพาะฟักไข่ที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้ลูกปลานิลมีอัตราการรอดตายที่สูง ซึ่งระบบเพาะฟักไข่ปลานิลดังกล่าวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ต้องการแก้ปัญหาการบอบซ้ำและตายของลูกปลาในช่วงระหว่างการเพาะฟัก

**Table 3** Survival rate of Nile tilapia egg stage hatch under different number of nozzle and tray shape at stage 3-5

Treatment	Survival rate (%)		
number of nozzle (A)	Stage 3	Stage 4	Stage 5
1 pipe	82.18±3.19 <sup>b</sup>	66.10±1.45 <sup>b</sup>	52.00±8.35
2 pipes	86.04±1.80 <sup>a</sup>	69.86±1.60 <sup>a</sup>	55.00±4.74
F-test (A)	**	**	ns
tilapia eggs hatching tray			
shape (B)			
rectangle	85.61±2.11 <sup>a</sup>	68.04±3.19 <sup>b</sup>	54.00±2.68 <sup>b</sup>
Circle	80.90±3.15 <sup>b</sup>	66.64±1.79 <sup>c</sup>	46.50±5.61 <sup>c</sup>
Oval	85.83±1.36 <sup>a</sup>	69.26±1.63 <sup>a</sup>	60.00±2.68 <sup>a</sup>
F-test (B)	**	**	**
A x B	**	*	*
C.V. (%)	0.76	1.29	6.06

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference ( $P \leq 0.05$ )

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

**Table 4** Effect of number of nozzles and tray shapes on water flow survival rate in tilapia egg hatching tray at stage 3-5

Treatment	Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	1 pipe	2 pipes	1 pipe	2 pipes	1 pipe	2 pipes
rectangle	83.71±0.41 <sup>a</sup>	87.51±0.45 <sup>a</sup>	65.20±0.74 <sup>b</sup>	70.87±0.92 <sup>a</sup>	54.00±3.00 <sup>b</sup>	54.01±3.00 <sup>b</sup>
Circle	78.03±0.27 <sup>b</sup>	83.76±0.38 <sup>b</sup>	65.23±0.69 <sup>b</sup>	68.05±1.23 <sup>b</sup>	42.00±3.00 <sup>c</sup>	51.00±3.00 <sup>b</sup>
Oval	84.79±0.89 <sup>a</sup>	86.86±0.80 <sup>a</sup>	67.87±0.63 <sup>a</sup>	70.65±0.67 <sup>a</sup>	60.00±3.00 <sup>a</sup>	60.00±3.00 <sup>a</sup>
Mean	82.18±3.19	86.04±1.80	66.10±1.45	69.86±1.60	52.00±8.35	55.00±4.74

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference ( $P \leq 0.05$ ).

## สรุป

ผลการศึกษ้อัตราการรอดตายของลูกปลานิลในระบบเพาะฟักไข่ปลานิลที่ปล่อยน้ำแบบ 1 และ 2 หัวฉีด และรูปทรงถาดฟักไข่ปลานิลที่แตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม และทรงรี โดยปล่อยน้ำไหลเวียนต่อเนื่องตลอดเวลา พบว่า ไข่ปลานิลระยะที่ 3, 4 และ 5 ที่เพาะฟักในระบบที่ปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด มีอัตราการรอดตายสูงกว่าระบบ 1 หัวฉีด ในทุกรูปทรงถาดฟักไข่ โดยระบบที่ปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด ถาดฟักไข่ทรงรี มีอัตราการรอดตายสูงสุด (86.86±0.80 %, 70.65±0.67 % และ 60.00±3.00 % ตามลำดับ) รองลงมาคือทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (87.51±0.45 %, 70.87±0.92 % และ 54.01±3.00 % ตามลำดับ) และทรงกลม (83.76±0.38 %, 68.05±1.23 % และ 51.00±3.00 % ตามลำดับ) ขณะที่ระบบที่ปล่อยน้ำแบบ 1 หัวฉีด ถาดฟักไข่ทรงรีลูกปลานิลมีอัตราการรอดตาย 84.79±0.89 %, 67.87±0.63 % และ 60.00±3.00 % ตามลำดับ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า 83.71±0.41%, 65.20±0.74 % และ 54.00±3.00 % ตามลำดับ และทรงกลม 78.03±0.27 %, 65.23±0.23 % และ 42.00±3.00 % ตามลำดับ ดังนั้นการเพาะฟัก

ไข่ปลาชนิดจำนวน 5,000 ฟอง ด้วยท่อปล่อยน้ำแบบ 2 หัวฉีด ในสภาพฟักไข่ทรงรี ขนาด 27x42x8 ซม.หรือใกล้เคียง ใช้ปริมาตรน้ำ 3 ลิตร เป็นระบบเพาะฟักไข่ปลาที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้ลูกปลานิลมีอัตราการรอดตายได้สูงที่สุด

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนไข่ปลาในการวิจัย และคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กิจจา ใจเย็น และพรรณศรี จริโมภาส. 2536. การศึกษาเบื้องต้นในการเลี้ยงปลานิลสีแดง แบบหนาแน่นในบ่อซีเมนต์. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาสัตว์ ประมง สัตวแพทยศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2536 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- คณนา อาจสูงเนิน. 2559. การสำรวจรูปแบบการเพาะเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ในหมู่บ้านปางหลวง อำเภอเวียงชัย จังหวัดเชียงราย. วารสารเกษตร. 32: 409-419.
- ฐานันท์ สุจริต, เรืองวิชัย ยืนพันธ์, ประพันธ์ศักดิ์ ศิริชะภา, สุบรรณ เสถียรจิตร และฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน. 2552. การศึกษาเปรียบเทียบระบบการเพาะพันธุ์ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และในกระชังแขวนลอยในบ่อดิน เพื่อผลิตลูกปลานิลเชิงพาณิชย์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, 17-20 มีนาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ณัฐพงษ์ ปานขาว. 2560. การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. วารสารเกษตรกรรม. 18: 45-47.
- ธัชพล การะเกตุ, มินตรา ศीलุดม และนนทวิทย์ อารีย์ชน. 2564. การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้จากปราชญ์ปลานิลเพื่อการเพาะเลี้ยงปลานิลแบบยั่งยืนในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 3: 454-468.
- นฤชยา ไกรเนตร. 2553. การเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสารแนะนำ ฝ่ายเผยแพร่ ส่วนเผยแพร่การประมง สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บังอร ไชยณรงค์. 2549. ปลานิล: ปลาพระราชทานเพื่อปวงชนชาวไทย. เอกสารแนะนำ ส่วนโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปมรัตน์ ผาดี. 2555. การวิจัยและพัฒนาการเลี้ยงปลานิลอินทรีย์ในบ่อระบบปิดในจังหวัดมหาสารคาม. วารสาร มทร.อีสาน. 5: 33-45.
- พรรณศรี จริโมภาส, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, บุญเลิศ เกิดโกมุท และพงษ์ศิริ ประสพสุข. 2538. การพัฒนาการเพาะพันธุ์ปลานิลสีแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 169/2538. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เรณู ว่องสงสาร และนนันท์ อยู่รอง. 2549. คู่มือการผลิตปลานิลแปลงเพศ. ศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดอุดรธานี, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วรัณยู ขุนเจริญ, อนุวัติ อุปนนไชย และจิระภา โปธิศรี. 2551. ประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาแดงโดยใช้วิธีฟักที่แตกต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วันเพ็ญ สิตะพงศ์. 2540. ประสิทธิภาพการฟักไข่ปลานิล 3 กรรมวิธี (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- วิทธิ อิงภรณ์. 2551. การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 6. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพมหานคร.
- สุนทร สุทธิบาก. 2558. กลศาสตร์ของไหล. แหล่งข้อมูล: <http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf>. ค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2565.

- อาทิตยาพร ชูศรีพัฒน์, พรพิมล เจียรนัยปรีเปรม และชุตินา หาญจวณิช. 2559. พัฒนาการเจริญของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) อายุ 1-20 วัน. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ. วันศุกร์ที่ 15 มกราคม 2559 ณ อาคารพจน์ สารสิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- Gyalog, G., J. Paola, C. Tovar, and B. Emese. 2022. Freshwater aquaculture development in EU Latin-America: insight on production trends and resource endowments. *Sustainability*. 14: 6443.
- Jalu, A.P., P. Bambang, W. Suryadi, A. Setiono, M.Y. Rofianingrum, T. Maftukhah, M.I. Afandi, I. Mulyanto, and H. Pratomo. 2022. Development of monitoring techniques and validation of the acidity level of biofloc pond water for optimizing tilapia aquaculture. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*. 1017: 012006.
- Koji, F., and N. Okada. 2007. Development of the embryo, larva and early juvenile of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). Developmental staging system. *Development growth & differentiation the Japanese society of developmental biologist*. 49: 301-324.
- Little, D.C., and G. Hulata. 2000. Strategies for tilapia seed production. In *Tilapias: Biology and Exploitation*. UK: Kluwer Academic Publishers London. 267-326.
- Maria R., R. Romana-Eguia, R.M. Patito, G.R. Caroscos, and N.D. Salayo. 2021. Assessment of Tilapia–Freshwater Prawn Co-Culture Schemes in tanks and Lake-Based Cages for increased farm production. *Sustainability*. 13: 13574.
- Nassrin M., F. Rajabipoura, M. Mohammadia, H. Sarsangi, A. Bitarafa, H. Hossein-Zadehb, and M. Sharif-Rohani. 2016. Reproduction of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in brackish water. *Journal of Applied Aquaculture*. 27: 1-8.
- Rahman, M.L., A.S. Md, and A. Nesar. 2021. Tilapia Farming in Bangladesh: Adaptation to Climate Change. *Sustainability*. 13: 7657.