

การเจริญเติบโตและผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศความหนาแน่นสูงในกระชัง บ่อดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Growth Performance and Economic Return of High Density Floating Net Cage-Cultured of Sex-Reversed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Earthen Pond Using Internet of Things

ชลิดา ช่างแก้ว*, บัญญัติ ศิริธนาวงศ์, อัจฉรีย์ ภูมิวรรณ, รุ่งกานต์ กล้าหาญ, ทิพย์สุตา ชงัดเวช และจุฑามาศ ทะแกลัวพันธ์
Chalida Changkaew*, Bunyat siritanavong, Archaree Pummawan, Rungkan Klahan, Thipsuda Changadvach and
Chutamas Thaklaewpun

สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Department of Aquaculture, Faculty of Agriculture Technology, Phetchaburi Rajabhat University

*Corresponding author E-mail; Chalida.cha@mail.pbru.ac.th

Received: 24 April 2024 /Revised: 30 May 2024 /Accepted: 19 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังบ่อดินด้วยความหนาแน่นสูง โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง(IoT)วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) จัดเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ความหนาแน่นของการเลี้ยง 30 ตัว/ม³/กระชัง (T1), 50ตัว/ม³/กระชัง (T2) และ 70 ตัว/ม³/กระชัง(T3) การดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ น้ำ และกล้องวงจรปิด พร้อมระบบส่งการทำงานเครื่องเติมอากาศผ่านสมาร์ตโฟน ด้วยระบบ IoT 2. เลี้ยงปลานิลแปลงเพศขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 40.83 กรัม/ตัว ที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ ในกระชังบ่อดินเป็นเวลา 5 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 30, 50 และ 70 ตัว/ม³ มีน้ำหนักเฉลี่ย 442.38, 431.36 และ 438.92 กรัม/ตัว ตามลำดับ การเจริญเติบโตจำเพาะมีค่า 1.59%, 1.58% และ 1.57% ต่อวัน มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 88.33%, 84.67% และ 84.33% ตามลำดับ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้าน พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p \geq 0.05$ สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) มีค่า 1.53, 1.63 และ 1.64 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) ระหว่างการเลี้ยงสามารถรายงานผลปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ น้ำ การสั่งงานเครื่องเติมอากาศ และการแสดงภาพตามเวลาจริง ผ่านสมาร์ตโฟน ด้วยระบบ IoT ตลอดระยะการทดลอง ด้านต้นทุนเฉลี่ยของการเลี้ยงคิดเป็น 60.21, 59.34 และ 57.06 บาท/กิโลกรัม และมีอัตราผลตอบแทนคิดเป็น -0.33%, 1.22% และ 5.16% ตามลำดับ การวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลานิลในกระชังบ่อดินร่วมกับการใช้ระบบ IoT ให้เลี้ยงปลานิลได้ในความหนาแน่นมากขึ้น มีต้นทุนเฉลี่ยต่ำลง และได้ผลตอบแทนการเลี้ยงสูง

คำสำคัญ: การเลี้ยงปลานิล ผลตอบแทน ความหนาแน่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

The purpose of this research was to study the growth performance and economic return of sex-reversed male Nile tilapia in earthen pond cage culture with high density through the Internet of Things Technology (IoT). The experiments were conducted with a completely randomized design, carried out under three treatments each with three replications. The stocking densities were 30 fish/m³/cage (T1), 50 fish/m³/cage (T2), and 70 fish/m³/cage (T3). The research methodology consisted of two stages. In the first stage, instruments for measuring dissolved oxygen, water temperature, and closed-circuit television cameras were installed, and the aerator was controlled through a smartphone using Internet of Things Technology (IoT). The second stage involved culturing Nile tilapia with an initial mean weight at 40.83 g/fish in each treatment for 5 months. The findings revealed that tilapia in T1, T2 and T3 exhibited mean weight growth rates of 442.38, 431.36, and 438.92 g/fish, respectively. The specific growth rate was found to be 1.59%, 1.58%, and 1.57% per day. The survival rate was 88.33%, 84.67%, and 84.33% respectively. The result showed no statistically significant difference at 0.05 level ($p \geq 0.05$). However, the feed conversion ratios were 1.53, 1.63, and 1.64, respectively with a statistically significant difference at the 0.05 level ($p < 0.05$). Throughout the fish culturing process, real-time data on dissolved oxygen levels, water temperature, aerator control, and pond images were accessible via smartphone using IoT. Finally, the cost of culturing sex-reversed male Nile tilapia was found to be 60.21, 59.34, and 57.06 baht/kg with returns rates of -0.33%, 1.22% and 5.16% respectively. In conclusion, cage culturing of tilapia using IoT in earthen pond facilitates high-density fish culture, resulting in better yields and economic returns.

Keywords: Tilapia aquaculture, Return, Density, Internet of Things

บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน เพราะเลี้ยงง่าย โตเร็ว และได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีรสชาติดี เนื้อมีสีขาว สามารถปรุงอาหารได้หลากหลาย จึงเป็นที่ต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทย มีผลผลิตปลานิล

ประมาณ 185,902 ตัน และมีพื้นที่เพาะเลี้ยง 422,393 ไร่ การเลี้ยงปลานิลสามารถเลี้ยงได้หลายรูปแบบ โดยการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินมีข้อดีคือจะควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ สร้างอาหารธรรมชาติได้ ลดปัญหาการลักขโมย แต่มีข้อเสียคือปลามีกลิ่นโคลน จับปลาได้ยาก ปล่อยปลาได้จำนวนน้อย และมีผลผลิตต่ำ ส่วนการเลี้ยงปลานิลกระชังในแหล่งน้ำไหลมีความนิยมเลี้ยงเช่นกัน

เนื่องจากใช้เงินลงทุนน้อย เลี้ยงปลาได้หนาแน่น สะดวกต่อการจัดการ และการเคลื่อนย้าย เนื้อปลาไม่เหม็นกลิ่นโคลนแต่มีข้อเสียเช่นกันได้แก่ เสียต่อการลักขโมย เสียจากภัยธรรมชาติ และการติดโรค สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังบ่อดินมีข้อดีในความสะดวกต่อการจับปลาและการจัดการ เนื้อปลาไม่มีกลิ่นสาบโคลน ลดปัญหาการลักขโมยและสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้²⁻³ ดังนั้นการเลี้ยงปลาในกระชังบ่อดินจึงเป็นการรวมข้อดีของการเลี้ยงบ่อดินและกระชังไว้ด้วยกัน

ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น เช่น การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และรายงานผลตามเวลาจริง รวมทั้งยังสั่งงานให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานได้ตามต้องการผ่านสมาร์ทโฟน⁴ ดังนั้นหากได้นำระบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในบ่อปลานิลเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลให้มีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาได้ตลอดเวลาจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลานิลได้มากขึ้น การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังบ่อดินที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันโดยการนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาช่วยในการควบคุมปริมาณออกซิเจนในบ่อให้เพียงพอซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเลี้ยงปลานิลในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการเจริญเติบโตและผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ความหนาแน่นสูงในกระชังบ่อดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง วางแผนการวิจัยแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง ตามระดับความหนาแน่นในการเลี้ยงปลานิล ที่อัตรา 30, 50, 70 ตัว/ม³ ในกระชังอวนโพลีเอทิลีนขนาด ๓ ๖ ๒.๕ เซนติเมตร ขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร ลึก 2.0 เมตร ทางกระชังให้มีส่วนที่อยู่ในน้ำลึก 1 เมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรน้ำต่อกระชัง เท่ากับ 3 ม³ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ติดตั้งระบบและอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในบ่อดินทดลอง** (Figure 1, 2) ดำเนินการโดย

- 1.1 การเขียนคำสั่งการรายงานผล และควบคุมเครื่องตีน้ำไปพวยผ่านสมาร์ทโฟน โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk ทำการอัปโหลดลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP 8266 ทำการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำรุ่น PR-3001-DO-N01-20 เข้ากับบอร์ดเพื่อให้บอร์ดประมวลผลและรายงานค่าออกซิเจนละลายน้ำอุณหภูมิผ่านหน้าจอแสดงผล และสมาร์ทโฟน ทำการเชื่อมต่อบอร์ด รีเลย์ และเครื่องตีน้ำแบบไปพวยเพื่อสามารถควบคุมการปิดเปิดเครื่องตีน้ำผ่านสมาร์ทโฟน

- 1.2 ติดตั้งกล่องวงจรปัดรูน CH-H8c (Figure 3) จากนั้นทำการติดตั้งแอปพลิเคชัน EZVIZ สัญญาณภาพจะส่งผ่านสมาร์ทโฟน การทดสอบการทำงานของระบบดัดแปลงจากกิตติศักดิ์ โสมาก และธนโชติ พรบุญญานนท์⁵ โดยทดสอบการรายงานค่าออกซิเจนละลายน้ำอุณหภูมิของน้ำผ่านจอแสดงผล และสมาร์ทโฟน

การควบคุมการปิดเปิดเครื่องตีน้ำแบบอัตโนมัติผ่าน
 สมาร์ทโฟน และการรายงานภาพกระชังเลี้ยงปลา
 นิลผ่านสมาร์ทโฟน ทำการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง
 จากนั้นนำผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การทำงาน

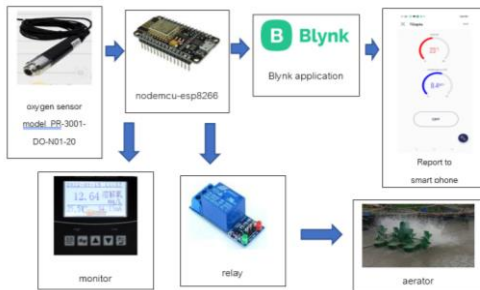


Figure1. Processing Internet of Things in the experiment



Figure 2. Box for control equipment and reporting parameters to smartphone



Figure 3. The camera sends pictures to the smartphone

2. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลตอบแทน การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ



Figure 4. Experimental cages culture of sex-reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in earthen pond

ปลานิลที่ใช้ในการทดลองเป็นปลานิลแปลงเพศจากฟาร์มเพาะพันธุ์ปลาเอกชน โดยลำเลียงมาพักจนแข็งแรงแล้วนำปลามาเลี้ยงในกระชังทดลองบ่อดิน การเตรียมกระชังในบ่อดินใช้กระชังทำด้วยอวนโพลีเอทิลีนขนาดตา 2.5 เซนติเมตรกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร ลึก 2.0 เมตร จำนวน 9 กระชัง ยึดกับเสาไม้ไผ่ที่ปักในบ่อ ปิดด้วยตาข่ายกันนก ด้านบนของพื้นที่กระชัง กางกระชังในบ่อดินพื้นที่ผิวน้ำ 1,600 ตารางเมตร ติดตั้งระบบให้อากาศควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ทำการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดลอยน้ำโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินจนปลาหยุดกินอาหาร วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 8.00 น. และ 17.00 น. ทุกวัน ทำการถ่ายน้ำในบ่อดิน 50 เปอร์เซ็นต์ทุก 2 อาทิตย์

วิธีการเก็บข้อมูล สุ่มชั่งน้ำหนักเป็นกรัมและวัดความยาวเป็นเซนติเมตร ก่อนเริ่มการทดลองจำนวน 50 ตัว หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุกเดือนเพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย น้ำหนัก



เพิ่มต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ⁶⁻⁷ ข้อมูลที่รวบรวมได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New MultipleRange Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ศึกษาข้อมูลต้นทุนการผลิตประกอบด้วย ค่าลูกพันธุ์ปลา ค่าอาหาร ค่ากระชัง ค่าไฟฟ้า และเชื้อเพลิง เมื่อสิ้นสุดการวิจัยทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิล⁷⁻⁸

ในระหว่างการเลี้ยงทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 1 เดือน โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำในระหว่างที่ทำการสูมวัดการเจริญเติบโตของปลา ได้แก่ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)⁹⁻¹⁰ โดยใช้เครื่องมือ ดังนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และอุณหภูมิโดย Oxygen sensor model PR-3001-DO-NO1-20 วัดความเป็นกรดเป็นด่าง

(pH) โดยเครื่อง YSI Professional Plus และวัดค่าแอมโมเนียรวมโดยเครื่องวัดแอมโมเนีย HI97700C

สถานที่ทำการวิจัยใช้บ่อดินพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร อยู่ภายในศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คณะเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยสภาพของบ่อสามารถถ่ายเทน้ำได้สะดวก

ผลการวิจัย

1. การทำงานของระบบอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งในบ่อทดลอง

ทดสอบการทำงานของระบบอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการแสดงผล (Table 1) โดยการทดลองใช้งานระบบ และให้รายงานผลปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ น้ำ การควบคุมการปิดเปิดเครื่องตีน้ำแบบใบพัดในบ่อเลี้ยงปลานิล ที่ทำการทดลอง และการแสดงภาพเคลื่อนไหวของพื้นที่บริเวณกระชังเลี้ยงปลาตามเวลาจริงผ่านสมาร์ทโฟน

Table 1. Operation testing of the system on real-time reporting of dissolved oxygen levels, water temperature, images of pond and aerator control through smartphone using Internet of Things

Time (number)	Function of system controlled through smartphone			
	Dissolved oxygen levels	Temperature	Aerator control	Real-time images
1	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓
Operation rate (%)	100	100	100	100

* Operation rate (%) = $\frac{\text{The number of times the system has functioned.} \times 100}{\text{The number of times the system has been tested.}}$

โดยการทดสอบการใช้งานระบบจำนวน 5 ครั้งพบว่า ระบบสามารถทำการรายงานผล และสั่งเปิดเครื่องตีน้ำได้ปกติครบ 5 ครั้ง คิดเป็นความสามารถทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศ

ปลานิลแปลงเพศน้ำหนักเริ่มต้น 40.83 กรัม เมื่อเลี้ยงได้ 1 เดือน ปลาที่มีน้ำหนักระหว่าง 122.86-126.37 กรัม (Table 2) ในเดือนที่ 2, 3

และ 4 อัตราการเติบโตยังคงไม่แตกต่างกัน ในเดือนที่ 5 ปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 50 และ 70 ตัว/ม³ มีอัตราการเจริญเติบโตเชิงน้ำหนัก 431.36 และ 438.92 กรัม ลดลงกว่าปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 30 ตัว/ม³ ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเชิงน้ำหนัก 442.38 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

Table 2. Growth rate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in cage earthen pond 5 months

Time (Months)	Weight (Grams)		
	30 (fish/m ³)	50 (fish/m ³)	70 (fish/m ³)
0 ^{ns}	40.83 ±2.31	40.83 ±2.31	40.83 ±2.31
1 ^{ns}	122.86±2.75	123.63±7.99	126.37±26.10
2 ^{ns}	165.58±5.68	164.83±28.87	162.80±30.79
3 ^{ns}	248.92±33.42	248.02±40.07	219.25±24.82
4 ^{ns}	353.13±22.49	386.70±36.72	352.75±27.80
5 ^{ns}	442.38±21.03	431.36±41.19	438.92±32.84

*NS, no significant differences ($p \geq 0.05$) in the same row

ปลานิลที่เลี้ยงในความหนาแน่น 30, 50 และ 70 ตัว/ม³ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันใกล้เคียงกัน คือ 2.68±0.14, 2.60±0.27 และ 2.65±0.22 กรัม/วัน ตามลำดับ (Table 3) คิดเป็นค่าการเจริญเติบโตจำเพาะของปลา เท่ากับ 1.59±0.03, 1.57±0.06 และ 1.58±0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 30 ตัว/ม³ มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ 88.33±2.89% , 84.67±1.75% และ 84.33±2.56% ตาม ลำดับ

จากการวิเคราะห์พบว่า การเลี้ยงปลานิลทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น ร่วมกับการใช้ระบบ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำ และการเติมอากาศ ส่งผลให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p \geq 0.05$ แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 30 ตัว/ม³ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดคือ 1.53±0.03 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ทางสถิติ ($p < 0.05$) กับปลานิลที่เลี้ยงความหนาแน่น 50 และ 70 ตัว/ม³ ที่ 1.63 ± 0.02 และ

1.64 ± 0.05 ตามลำดับ

Table 3. Growth performance and feed utilization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in cage earthen pond with different stocking density for 5 months

Growth parameters	Stocking density (fish/m ³)		
	30	50	70
Initial length (cm)	11.71 ± 0.49	11.71 ± 0.49	11.71 ± 0.49
Initial weight (g)	40.83 ± 2.31	40.83 ± 2.31	40.83 ± 2.31
Final length (cm) ^{ns}	26.47 ± 0.42	27.01 ± 1.96	26.63 ± 0.40
Final weight (g) ^{ns}	442.38 ± 21.03	431.36 ± 41.19	438.92 ± 32.84
Average daily growth (g/day) ^{ns}	2.68 ± 0.14	2.60 ± 0.27	2.65 ± 0.22
Specific growth rate (%/day) ^{ns}	1.59 ± 0.03	1.57 ± 0.06	1.58 ± 0.05
Survival rate (%) ^{ns}	88.33 ± 2.89	84.67 ± 1.75	84.33 ± 2.56
Feed conversion ratio (FCR)	1.53 ± 0.03^a	1.63 ± 0.02^b	1.64 ± 0.05^b

*Mean in the same row with different superscripts are significant differences ($p < 0.05$).

*NS, no significant differences ($p \geq 0.05$) in the same row.

3 การศึกษาผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

ต้นทุนของการเลี้ยงปลาประกอบด้วย (Table 4) ค่าลูกพันธุ์ปลา (ตัวละ 4 บาท) ค่ากระชัง (57.29 บาท/ชุดการทดลอง) ค่าพลังงาน (ไฟฟ้า และน้ำมันเครื่องสูบน้ำ 258.05 บาท) และค่าอาหารปลา คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อชุดการทดลองที่ความหนาแน่น 30, 50 และ 70 ตัว/ม³ เท่ากับ $2,115.19 \pm 22.68$, $3,242.43 \pm 183.28$ และ $4,437.19 \pm 400.58$ บาท ได้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 35.14 ± 0.90 ,

54.78 ± 5.27 และ 77.81 ± 7.66 กิโลกรัม/กระชัง คิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมเท่ากับ 60.21 ± 1.13 , 59.34 ± 2.32 และ 57.06 ± 0.47 บาท/กิโลกรัม มีผลตอบแทนการเลี้ยงเท่ากับ -6.90 ± 38.81 , 44.42 ± 132.96 และ 231.38 ± 60.46 บาท/กระชัง และหากเทียบอัตราผลตอบแทนเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้ -0.33 ± 1.85 , 1.22 ± 3.98 และ 5.16 ± 0.88 เปอร์เซ็นต์/กระชัง ตามลำดับ

**Table 4.** Economic returns of tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in cage earthen pond for 5 months

Items/cage	Stocking density (fish/m ³)		
	30	50	70
1. Cost (Thai; Baht)			
Fish fingerlings ¹	360	600	840
Fish feed ²	1,347.35±22.68	2,234.59 ± 183.28	3,189.35 ±400.58
Depreciation cost ³	57.29	57.29	57.29
Electricity and fuel cost	258.05	258.05	258.05
Internet of things cost ⁴	92.50	92.50	92.50
Total cost	2,115.19±22.68	3,242.43±183.28	4,437.19±400.58
2. Fish production (Kg/cage)	35.14±0.90	54.78±5.27	77.81±7.66
Production cost (Baht/Kg)	60.21±1.13	59.34±2.32	57.06±0.47
3. Income (Thai ; Baht)			
Total income from selling fish ⁵	2,108.28±54.10	3,286.85±316.01	4,668.57±459.54
Profit/cage ⁶	-6.90±38.81	44.42±132.96	231.38±60.46
Profit/Kg ⁷	-0.21±1.13	2.36±2.16	4.14±0.37
4. Return on investment (%/cage)	-0.33±1.85	1.22±3.98	5.16±0.88

Note: 1. Fish's cost 4 Baht for one fish

2. Feed's cost for 27 Baht each kilogram

3. Cage's depreciation from cage cost one cage 550 baht /48 months

4. Internet of things cost on one cage 1,110 baht /60 months

5. Market's selling price 60 Baht (Phetchaburi, Thailand)

6. Total income subtract with total cost on one cage

7. Total profit divide by total fish weight

4 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในบ่อ ระหว่างดำเนินการทดลอง (Table 5) ในวันที่ทำการสุ่มซึ่งวัดน้ำหน้าปลา พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองน้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 6.9-7.6 อุณหภูมิ

อยู่ระหว่าง 28.5-29.6 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5.1-5.8 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ระหว่าง 0.03-0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ

Table 5. Some major water quality parameters in earthen pond

Parameter	Mean $\pm$ SD	Range
pH	7.27 $\pm$ 0.26	6.9 - 7.6
Temperature ($^{\circ}$ C)	29.17 $\pm$ 0.42	28.5 - 29.6
Dissolved oxygen (mg/L)	5.52 $\pm$ 0.30	5.1 - 5.8
Total ammonia nitrogen, NH ₃ (mg/L)	0.07 $\pm$ 0.02	0.03 - 0.09

อภิปรายผล

การทำงานของระบบอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่ง ในบ่อทดลอง

ในการทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศมีการใช้ระบบอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่ง รายงานระดับออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิในน้ำ การควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบใบพาย และแสดงภาพบริเวณบ่อปลานิลทดลองได้ตามเวลาจริงผ่านสมาร์ทโฟน ทำให้จัดการเลี้ยงปลาได้สะดวกขึ้นสามารถติดตามการเลี้ยงปลาได้แม้ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ทดลอง จึงนับว่ามีประโยชน์มากในการในการทดลองสอดคล้องกับ ภัทรพล อาภาษา และคณะ¹¹ ที่ได้นำระบบอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่งเข้ามาใช้ในการเลี้ยงปลานิล โดยการพัฒนาเทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับฟาร์มที่เพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง เชื้อนลำปะทาว จังหวัดชัยภูมิ โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิของน้ำ อุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ควบคุมเครื่องเติมอากาศและเครื่องให้อาหารปลา พบว่าระบบสามารถทำงานได้ดีและเกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมาก นอกจากนี้ วรวิทย์ เทพาหุดี¹² ยังรายงานการพัฒนากระบวนการเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน โดยการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่งมาใช้ในการ

ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และรายงานผลผ่านสมาร์ทโฟนได้ตลอดเวลา สามารถส่งอุปกรณ์ทำงานผ่านสมาร์ทโฟน และมีการแจ้งเตือนเมื่อมีสิ่งผิดปกติระหว่างการเลี้ยง ซึ่งสามารถช่วยให้การเลี้ยงปลานิลมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่นเดียวกันกับการวิจัยนี้ซึ่งเห็นได้ว่าปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 70 ตัว/ม³ มีอัตราการตอบสนองที่สูงกว่าปลาที่เลี้ยงความหนาแน่น 30 และ 50 ตัว/ม³ ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งคือการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่งมาช่วยในการเลี้ยงปลานิลในการรายงานคุณภาพน้ำและการส่งเครื่องต้นน้ำให้ทำการเติมอากาศได้ตามเวลาจริงทำให้ประที่เลี้ยงความหนาแน่น 70 ตัว/ม³ ยังคงมีการเจริญเติบโตได้เป็นปกติ

การศึกษาการเจริญเติบโตการเลี้ยงปลานิล แปลงเพศ

มีรายงานการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินที่ไม่มีการเติมอากาศ โดยปล่อยปลาความยาว 3-5 เซนติเมตร อัตราปล่อย 3 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารสมทบโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกใช้เวลาเลี้ยง 6 เดือน จะให้ผลผลิตประมาณ 650-1,000 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็น 0.40- 0.62 กิโลกรัม/ตารางเมตร¹³ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้ที่มีผลผลิตเฉลี่ย 35.14-77.81 กิโลกรัมต่อกระชังขนาด 3 ม³ หรือคิดเป็น 11.71-25.93 กิโลกรัม/ม³

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำหนักลานิลเริ่มต้นปล่อยมีขนาดเล็กกว่า ประกอบกับไม่มีการเติมอากาศในบ่อ ทำให้ปล่อยปลาหนาแน่นมากไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในบ่อดินโดยไม่มีการให้อากาศ ในประเทศจีน³ พบว่าปลานิลที่ปล่อยในอัตรา 6 และ 12 ตัว/ตารางเมตร ให้อาหารสำเร็จรูปโปรตีน 34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงพบว่า ชุดการทดลองที่ปล่อยปลา 6 ตัว/ตารางเมตร ให้ผลผลิต 0.84 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนชุดการทดลองที่ปล่อยปลา 12 ตัว/ตารางเมตร ให้ผลผลิต 1.1 กิโลกรัม/ตารางเมตร จะเห็นว่าปลาที่ปล่อยในอัตรา 6 ตัว/ตารางเมตร ให้ผลผลิตของน้ำหนักลาต่อตารางเมตรใกล้เคียงกับ การปล่อยเลี้ยงที่ 12 ตัว/ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเทียบผลผลิตเป็นน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวปลาจะเป็น 14 และ 9.1 กรัม/ตัวตามลำดับ มีการศึกษาการเลี้ยงปลานิลเพศผู้ในบ่อดินที่มีการเติมอากาศ น้ำหนักปล่อยเริ่มต้น 98–112 กรัม ปล่อยในอัตรา 3 และ 11 ตัว/ตารางเมตร หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 74 วัน พบว่าปลาที่ปล่อย 3 ตัว/ตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 192 กรัม มีผลผลิต 0.63 กิโลกรัม/ตารางเมตร ซึ่งต่ำกว่าชุดที่ปล่อยปลา 11 ตัว/ตารางเมตรที่มีอัตราการเติบโต 214 กรัม และมีผลผลิต 2.1 กิโลกรัม/ตารางเมตร³ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการให้อากาศในบ่อจะให้ผลผลิตที่สูงขึ้นสอดคล้องกับการทดลองนี้

เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงปลานิลในบ่อที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย จะเลี้ยงปลานิลได้ผลผลิต 30 กิโลกรัม/ม³ และมีอัตราการรอดสูงกว่า 90%⁴ ซึ่งจากการวิจัยนี้ได้ผลผลิตปลา 11.71-25.93 กิโลกรัม/ม³ และมีอัตราการรอดตาย 84.33-88.33% ซึ่งมีผลผลิต

และอัตราการรอดตายที่ต่ำกว่า ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตต่างกันขึ้นกับระบบของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลา การวิจัยนี้ใช้การถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยง แต่การเลี้ยงในบ่อที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย มีการไหลเวียนน้ำตลอดเวลาทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงปลาทบิมในกระชังโดยสมศักดิ์ ระย่น และคณะ¹⁴ ได้ทดลองเลี้ยงปลาทบิมในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี อัตราความหนาแน่น 27, 30 และ 35 ตัว/ม³ เริ่มต้นปล่อยน้ำหนักเฉลี่ย 120.43 กรัม เลี้ยงเป็นเวลา 98 วัน พบว่าความหนาแน่นที่เหมาะสมเท่ากับ 27 ตัว/ม³ ปลาทบิมมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 876.51 กรัม มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 7.70 กรัม/วัน และอัตราการรอดเฉลี่ย 91.36% เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้อัตราการปล่อยที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 70 ตัว/ม³ ซึ่งมีอัตราการปล่อยที่หนาแน่นมากกว่า ในด้านการเจริญเติบโต น้ำหนักเริ่มต้นของปลาทบิมที่สมศักดิ์ ระย่น และคณะ¹⁴ ทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นใกล้เคียงกับการทดลองนี้ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือนที่มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 122–126 กรัม ในขณะที่ สมศักดิ์ ระย่น และคณะ¹⁴ เลี้ยงเป็นเวลา 98 วัน มีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 876.51 กรัม หากเทียบกับการเลี้ยง 4 เดือน จากน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันในเดือนที่ 1 จากการทดลองนี้จะมีน้ำหนักปลา 252–386 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าการวิจัยของสมศักดิ์ ระย่น และคณะ¹⁴ จากการทดลองนี้น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน 2.60-2.68 กรัม/วัน ซึ่งน้อยกว่าการทดลองของสมศักดิ์ ระย่น และคณะ¹⁴ เช่นกัน ที่มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย 7.70 กรัม/วัน กรมประมงเผยแพร่ข้อมูลการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังขนาด 50 ม³ ที่มีน้ำ

ถ่ายเทได้สะดวก ใช้ปลูกปลาน้ำหนัก 30-50 กรัมเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว/ม³ ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 4 เดือน 15 วัน จะได้ผลผลิตขนาด 800-900 กรัม/ตัว¹⁵ เมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยนี้ที่เลี้ยงในระยะเวลาเท่ากัน แต่มีอัตราการเจริญเติบโตเชิงน้ำหนักเพียง 431.36- 442.38 กรัม ซึ่งจะเห็นว่าการวิจัยนี้มีการเติบโตช้ากว่า อาจเป็นเพราะว่าการวิจัยของสมศักดิ์ ระยัน และคณะ¹⁴ และ กรมประมง¹⁵ เป็นการเลี้ยงในอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาณ และคุณภาพน้ำดีกว่าการเลี้ยงกระชังบ่อดิน

ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

จากข้อมูลของกรมประมงในการศึกษาด้านทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน แบบไม่มีการเติมอากาศในจังหวัดนครศรีธรรมราช¹⁶ พบว่า ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินเท่ากับ 43.46 บาท/กิโลกรัม และได้ผลตอบแทนร้อยละ 21.21 ในขณะที่การศึกษาของคณะผู้วิจัยครั้งนี้ มีต้นทุนเท่ากับ 57.06-60.21 บาท/กิโลกรัม และอัตราผลตอบแทนร้อยละ -0.33-5.16 เห็นว่าการวิจัยนี้มีต้นทุนที่สูงกว่าและผลตอบแทนต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะระบบการเลี้ยงที่มีค่ากระชัง และค่าไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์การเติมอากาศ ซึ่งการเลี้ยงในบ่อดินไม่มีค่าใช้จ่ายดังกล่าว สุวรรณีย์ สุขยั้ง¹⁷ ได้วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินของกลุ่มสมาชิกสหกรณ์ บ้านต้า จังหวัดพะเยา ระหว่างกลุ่มบ่อเลี้ยงปลาที่ติดกังหันตื้นน้ำ และกลุ่มที่เลี้ยงปลาไม่ติดกังหันตื้นน้ำ พบว่า บ่อที่ติดกังหันตื้นน้ำเพื่อปั้มน้ำในบ่อมีต้นทุนเฉลี่ย 47.71 บาท/กิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ย 46.49 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่บ่อที่ไม่ติดกังหันตื้นน้ำที่มีต้นทุนรวมเฉลี่ย 45.92 บาท/กิโลกรัม ราคาขายเฉลี่ย 46.10 บาท/กิโลกรัม นั่นคือ ในการศึกษาของคณะผู้วิจัยที่มีการนำระบบ

IoT มาใช้ร่วมในระบบเลี้ยง มีต้นทุนที่สูงกว่าของกลุ่มสมาชิกสหกรณ์บ้านต้า จังหวัดพะเยา แต่การดำเนินงานของกลุ่มมีปัญหาขาดทุนเนื่องจากราคาปลาที่จำหน่ายได้ต่ำกว่าราคาค้นทุนที่ผลิต ในขณะที่งานศึกษาของคณะผู้วิจัยครั้งนี้มีผลผลิตออกจำหน่ายในช่วงที่ปลามีราคาสูงกว่าต้นทุนการผลิต ดังนั้นราคาปลาในตลาดซื้อ-ขาย จึงเป็นปัจจัยสำคัญมากต่อผลตอบแทนในการเลี้ยง

เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนการวิจัยครั้งนี้กับการเลี้ยงปลานิลในกระชังแม่น้ำตามเอกสารเผยแพร่ของกรมประมง ซึ่งการเลี้ยงปลานิลในกระชังแม่น้ำจะมีต้นทุน 53.39 บาท/กิโลกรัม และผลตอบแทนเท่ากับ 10.53 เปอร์เซ็นต์¹⁵ ในขณะที่งานวิจัยนี้มีต้นทุน 57.06-60.21 บาท/กิโลกรัม และมีอัตราผลตอบแทนร้อยละ -0.33-5.16 ซึ่งผลตอบแทนที่ต่ำกว่าอาจเนื่องจากการทดลองนี้มีค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศในบ่อ จึงทำให้ต้นทุนสูง และได้ผลตอบแทนต่ำกว่า ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับการเลี้ยงปลาทั้บิมในกระชัง โดยสมศักดิ์ ระยัน และคณะ¹⁴ ได้ทดลองปล่อยเลี้ยงปลาทั้บิมในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำ เขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่ามีอัตราการตอบแทนการลงทุนร้อยละ 23.52 ในขณะที่การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีอัตราผลตอบแทนเพียง -0.33-5.16 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะการเลี้ยงปลาในกระชังในอ่างเก็บน้ำไม่มีค่าใช้จ่ายในการถ่ายเทน้ำในบ่อและค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ

ในส่วนคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา พบว่าคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตตามปกติของสัตว์น้ำ⁶⁻⁹

สรุปผลการวิจัย

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังบ่อดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้สามารถติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยง และสามารถส่งงานผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อเติมอากาศในบ่อเลี้ยง ทำให้สามารถจัดการเลี้ยงปลาได้ที่ระดับความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดยกรมประมง¹⁵ ได้แนะนำความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาในกระชัง สำหรับปลาขนาด 30-50 กรัม/ตัว ที่ 30 ตัว/ม³ ซึ่งในการวิจัยนี้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่ความหนาแน่น 30, 50 และ 70 ตัว/ม³ เป็นเวลา 5 เดือน ได้ผลผลิตซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต ค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของการเลี้ยงความหนาแน่นต่ำ จะดีกว่าการเลี้ยงความหนาแน่นสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีผลต่อต้นทุนในการเลี้ยงที่ใกล้เคียงกัน คือ เท่ากับ 60.21, 59.34 และ 57.06 บาท/กิโลกรัม และมีผลตอบแทนที่สูงขึ้นในระดับความหนาแน่นที่มากขึ้น เท่ากับ -0.33, 1.22 และ 5.16 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลานิลในกระชังบ่อดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถเลี้ยงได้ที่ความหนาแน่นสูงขึ้น โดยความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงเท่ากับ 70 ตัว/ม³ เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยนี้กับผลการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินแบบไม่เติมอากาศ¹⁶ และแบบเติมอากาศ³ การเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน⁴ หรือการเลี้ยงในกระชังในแหล่งน้ำไหล¹⁴⁻¹⁵ เห็นได้ว่าการเลี้ยงปลานิลในกระชังบ่อดิน

ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้ผลตอบแทนการเลี้ยงที่น้อยกว่า

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการประยุกต์นำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำ ร่วมกับการบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยง และสามารถหมุนเวียนน้ำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งจะทำให้ลดปริมาณการใช้น้ำ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คณะเทคโนโลยีเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการศึกษา รวมทั้งคณะผู้บริหาร และคณาจารย์ของคณะเทคโนโลยีเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมประมง. คู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลานิล. เอกสารเผยแพร่กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร: 2561.
2. ศิริ กอนันตกุล, จุฬ สีนชัยพานิช. การเลี้ยงปลานิลในกระชัง. เอกสารเผยแพร่กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร: 2549.
3. El-Sayed AFM. Tilapia culture [Internet]. London: CABI Publishing; 2006 [cited 2023 Sep 22]. Available from: <https://www.researchgate.net/profile/Ab>



- del-El-Sayed/publication/287293649_Tilapia_Culture/links/5692200208aee91f69a606af/Tilapia-Culture.pdf
4. สรวิต เผ่าทองสุข. เลี้ยงปลาหนาแน่นสูง ผลผลิตเพิ่ม 30 เท่า [อินเทอร์เน็ต]. ไทยรัฐออนไลน์; 2561 [เข้าถึงเมื่อ 28 ม.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thairath.co.th/news/local/bangkok/1262706>
 5. กิตติศักดิ์ โอมาก, ธนโชติ พรบุญญานนท์. การตรวจสอบและการควบคุมของระบบเลี้ยงปลาอัจฉริยะ. [ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. หาดใหญ่: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2564.
 6. วิมล จันทรโรทัย. การวางแผนการวิจัยด้านอาหารปลา. วารสารการประมง 2536;46. 323–30.
 7. ฉัตร ชำชอง. หลักการจัดการฟาร์ม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2526.
 8. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2553.
 9. ไมตรี ดวงสวัสดิ์, จารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง; 2528.
 10. Boyd CE. Water quality in pond for aquaculture. Alabama: Agriculture Experiment Station, Auburn University; 1990.
 11. ภัทรพล อาจอาษา, วิโรจน์ อภินันท์ธนากร, ประมุข ศรีชัยวงศ์ และวิระพงศ์ จันทรสนาม. การพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลโดยใช้อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเป็นฐาน. วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์ 2564;6:531-44.
 12. วรวิทย์ เทพาหุดี. แอปพลิเคชัน นิล 4.0 เวอร์ชัน 2 [อินเทอร์เน็ต]. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์; 2567 [เข้าถึงเมื่อ 21 มี.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: แอปพลิเคชัน นิล 4.0 เวอร์ชัน 2 – Kasetsart University Research and Development Institute (ku.ac.th)
 13. จามรี เครือหงส์. การเลี้ยงปลา. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครสวรรค์: อ่างวนการพิมพ์; 2565.
 14. สมศักดิ์ ระย่น, นัยนา เสนาศรี, สมพงษ์ ศรีชันแก้ว. ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและผลตอบแทนการเลี้ยงปลาทับทิมในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี [อินเทอร์เน็ต]. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53: สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 20 ธ.ค. 2563]. เข้าถึงจาก: การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ku.ac.th)

15. กรมประมง. การเลี้ยงปลานิลในกระชัง.
เอกสารเผยแพร่กรมประมง กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์: กรุงเทพฯ; 2557.
16. กรมประมง. ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยง
ปลานิลในบ่อดิน จังหวัดนครศรีธรรมราช ปี
พ.ศ. 2561. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กลุ่ม
เศรษฐกิจการประมง กรมประมง; [เข้าถึง
เมื่อ 20 ม.ค. 2567]: เข้าถึงได้จาก: ต้นทุน
กลุ่มเศรษฐกิจการประมง (fisheries.go.th)
17. สุวรรณัฐ สุขยิ่ง. การวิเคราะห์ต้นทุน
ปริมาณกำไร กรณีศึกษา ต้นทุนส่วนเพิ่มเพื่อ
การรักษาสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงปลานิลใน
บ่อดินของกลุ่มสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงปลา
บ้านต้า ตำบลบ้านต้า อำเภอเมือง จังหวัด
พะเยา [การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. พะเยา:
มหาวิทยาลัยพะเยา; 2560.