

ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการปลูกผักบุ้งจีนร่วมกับการเลี้ยงปลานิล

ด้วยระบบอควาโปนิคส์

Suitable Density of Morning Glory together with the Nile Tilapia Culture in an Aquaponics System

ชำนาญ ขวัญสกุล

Chamnan Khwunsakun

สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

Applied Agriculture, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Nakhon Si Thammarat, Thailand 80110

Correspondent author: Ckwunsakun@hotmail.com

Received: May 24, 2022

Revised: June 14, 2023

Accepted: June 19, 2023

Abstract

The objectives of this research were (1) to design and develop growing beds for an aquaponics system together with fish tanks in PVC pipes and (2) to study the suitable number of morning glory plants in the aquaponics system that cultured Nile tilapia, which consisted of three main parts: 1) The growing tables were made of box steel, sized 0.80x1.50x0.80 m, 2) The growing beds were made of 2-inch blue PVC pipe, and 3) The 120-liter black plastic fish tank, with 30 fish per tank, together with 1, 2, 3, and 4 plants of morning glory/a growing pot, a completely randomized design (CRD) trial was conducted, with three repetitions each. Regarding the analysis of the morning glory production efficiency, the results showed that the Nile tilapia cultivation in a growing pot of two morning glory plants trended to increase height and had the Average Daily Gain (ADG) of the morning glory at 35.81 cm and 1.19 g/plant/day, respectively. Meanwhile, in the analysis of the Nile tilapia production efficiency, the results revealed that four plants per growing pot of morning glory trended to increase weight gain, and the AGDs of the Nile tilapia were at 13.30 g and 0.44 g/day, respectively. Moreover, one and four plants in a growing pot had the highest survival rates of the Nile tilapia, at 79.05% and 79.05%, respectively. The feed conversion ratio of the Nile tilapia was the least at 1.25 for four plants in a growing pot of morning glory, which had no statistically significant differences from other experiments.

Keywords: aquaponics system, Nile tilapia, morning glory

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควา-โปนิกส์จากท่อพีวีซีและ (2) ศึกษาจำนวนต้นผักบ่งที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบบอควาโปนิกส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ใต้ปลูกสร้างจากเหล็กกล่อง ขนาด 0.80x1.50x0.80 เมตร 2) รางปลูก สร้างจากท่อพีวีซีสีฟ้า 2 นิ้ว และ 3) ถังเลี้ยงปลาพลาสติก ขนาด 120 ลิตร ทดสอบโดยการเลี้ยงปลานิลอายุ 2 เดือน จำนวน 30 ตัว/ถัง ร่วมกับการปลูกผักบ่งจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ จากการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพการผลิตผักบ่ง พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้ความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้นและมีอัตราการเจริญเติบโตของผักบ่งมากที่สุด คือ 35.81 ซม. และ 1.19 ซม./ต้น/วัน กรัมต่อกรัมต่อวัน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ด้านการผลิตปลานิล พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลและมีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลมากที่สุด คือ 13.30 กรัม และ 0.44 กรัม/วัน ตามลำดับ และยังพบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการรอดของปลานิลมากที่สุดเท่ากัน คือ ร้อยละ 79.05 และ 79.05 ตามลำดับ ส่วนอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล พบว่าการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบ่ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

คำสำคัญ: ระบบบอควาโปนิกส์ ปลานิล ผักบ่ง

คำนำ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ หลายประการ เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเสื่อมโทรมของดิน การขาดแคลนน้ำ และความมั่นคงด้านอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในทางการเกษตร อควาโปนิกส์ถือว่าเป็นศาสตร์แห่งการบูรณาการระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเข้มข้น กับการผลิตพืชในระบบน้ำหมุนเวียนหรือไม่ใช้ดิน พบว่าอควาโปนิกส์ให้ประโยชน์มากกว่าการเพาะปลูกพืชแบบทั่วไป รวมทั้งเป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินด้วย เพราะเป็นการนำเอาน้ำเสียมาปรับปรุงและนำกลับมาใช้ซ้ำ เป็นการใช้พลังงานน้ำและสารอาหารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และคำนึงถึงระบบนิเวศได้อย่างดีเยี่ยม ประหยัดต้นทุน การใช้ทรัพยากรในพื้นที่ที่มีราคาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลงหรือสารกำจัดวัชพืช มีข้อมูลว่าอควาโปนิกส์ใช้น้ำน้อยกว่าการทำฟาร์มแบบเดิมถึงร้อยละ 90 และให้ผลผลิตต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตมากกว่าถึง 6 เท่า ระบบบอควาโปนิกส์เป็นการเลี้ยงปลาผสมผสานกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นระบบการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียในปลา นำมาใช้เป็นธาตุอาหารของพืชแทนการถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไปในระบบบำบัด โดยพืชจะทำหน้าที่ดึงไนโตรเจนด้วยกลไกต่าง ๆ เช่น การดูดซึมแอมโมเนียหรือไนเตรท การระเหยของแอมโมเนีย การตกตะกอนของอนุภาคไนโตรเจน ขบวนการ Nitrification และ Denitrification (Nongnuch, 2001) การหมุนเวียนน้ำผ่านระบบบอควาโปนิกส์มีผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไม่เป็นอันตรายต่อปลา (Surit, 2009) การพัฒนานำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะธาตุ

อาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ (Nair *et al.*, 1985) ซึ่งการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตพืช รวมถึงการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา (Lewis *et al.*, 1978) การพัฒนานำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะธาตุอาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ (Nair *et al.*, 1985) ซึ่งการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีทุกด้านไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตพืช รวมถึงการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา (Lewis *et al.*, 1978) จากรายงานของ Bikash *et al.* (2020) ที่ได้พัฒนาชุดปลูกผักร่วมกับ ถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ระบบ NFT แบบพกพาต้นแบบ โดยมี 4 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ถังเลี้ยงปลาทรงกลม (ไฟเบอร์กลาส) ขนาด 2.15×0.9 เมตร ที่มีความจุ 2,800 ลิตร 2) ถังกรองชีวภาพ ประกอบด้วย ถังโพลีโพรไพลีน (PP) ความจุ 100 ลิตร และถังพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (FRP) ขนาด 4×0.9×0.35 เมตร (2.64 ตร.ม.) 3) พื้นปลูกพืชและท่อโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาด 0.6×0.7 เมตร ที่มีความจุ 200 ลิตร และ 4) ระบบหมุนเวียนน้ำอัตโนมัติที่ออกแบบและทำงานอัตโนมัติ มีอัตราการไหลเฉลี่ย 94.7 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบได้เลี้ยงปลาสร้อย จำนวน 54 ตัว/ลบ.ม. ในถังเลี้ยงปลา และปลูกต้นดาวเรือง 27 ต้น/ตร.ม. ในพื้นที่ปลูกพืช หลังการทดลองพบว่า ปลามีความยาวและน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 77.04 และ 397.2 จากระยะแรก ตามลำดับ และต้นดาวเรืองสามารถเก็บเกี่ยวได้ 107 ดอก/ตร.ม. การลดลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด ในตัวกรองชีวภาพพบว่ามีค่าร้อยละ 61.97 จากชุดการปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาหรืออควาโปนิคส์ดังกล่าว พบว่าต้องมีวัสดุอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นระบบหลายอย่าง นั้นหมายถึงต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น เช่น พื้นที่ปลูกพืช ถังเลี้ยงปลา ปั๊มน้ำสำหรับการ

หมุนเวียนน้ำ และอื่น ๆ ที่มีขนาดและราคาแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น และมีการใช้ถังกรองชีวภาพ (Biofilter) ในการควบคุมปริมาณของเสียในถังเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์นี้ไม่ใช่ ซึ่งเป็นข้อดีถือว่าเป็นการลดขั้นตอนของระบบ และค่าใช้จ่ายลงได้บางส่วน รวมทั้งดัดแปลงวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบทำให้การเข้าถึงของเกษตรกรมีมากขึ้น และสามารถผลิตชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาได้เองโดยไม่ต้องซื้อ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ และศึกษาจำนวนต้นผักบุงที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบบอควาโปนิคส์และทดสอบระบบว่าสามารถปลูกผักร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินงานออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ ผู้ศึกษาได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

การสร้างชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ และการเก็บข้อมูล

1. การเตรียมชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ เป็นระบบ DFT (Deep Flow Technique) เป็นการปลูกพืชที่ให้สัมผัสกับน้ำลึก 3-5 ซม. โดยปลูกในรางปลูก (Grow bed) จำนวน 12 ชุดนำไปวางในโรงเรือนมุงด้วยพลาสติกพรางแสงสีดำ (Saran) ชนิด 80 เปอร์เซนต์

2. การเตรียมกล้าผัก นำเมล็ดผักบุงจินแซ่น้ำในภาชนะเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการหยอดเมล็ดผักบุงจินใส่ลงรอยผ่าของแผ่นฟองน้ำในถาดพลาสติก จำนวน 1, 2, 3 และ 4 เมล็ด ตามสิ่งทดลองเก็บไว้ในที่ร่ม 3 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก จากนั้นนำไปวาง

บนโต๊ะภายใต้โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง ปลอยต้นกล้าให้มีใบจริง หรืออายุ 10 วัน ให้ฉีกฟองน้ำ แล้วนำต้นกล้าปักลงในใส่ลงในถาดปลูก (Grow pot) และวางในรางปลูกของชุดรางปลูกพร้อมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ ตามสิ่งทดลอง

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตผักกุ่มและการเก็บข้อมูล โดยใช้รอบการผลิตผักกุ่มที่ 40 วัน ซึ่งรวมระยะเวลาในการเพาะกล้าที่ 10 วัน ในการทดลองใช้ระยะเวลาการปลูกผักกุ่มที่ 30 วัน/รอบการผลิต และการเก็บข้อมูลของผักกุ่มโดยการวัดความสูงต้น และคำนวณข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นรอบการผลิตผักกุ่ม โดยนำข้อมูลของผักกุ่มมาคำนวณเปรียบเทียบความสูง และอัตราการเจริญเติบโต ดังนี้

1) ความสูงผักกุ่ม = ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

2) อัตราการเจริญเติบโต (ADG)
เซนติเมตร/วัน

= $\frac{\text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$

ระยะเวลาในการทดลอง

3) การแสดงอาการขาดธาตุอาหาร

การทดสอบระบบชุดปลูกโดยการศึกษาจำนวนต้นผักกุ่มที่เหมาะสมต่อการปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบอควาโปนิคส์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ การทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ผักกุ่ม 1 ต้น/ถาดปลูก การทดลองที่ 2 ผักกุ่ม 2 ต้น/ถาดปลูก การทดลองที่ 3 ผักกุ่ม 3 ต้น/ถาดปลูก และการทดลองที่ 4 ผักกุ่ม 4 ต้น/ถาดปลูก

การเตรียมระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบอควาโปนิคส์และการเก็บข้อมูล

1. การเลี้ยงปลานิลในชุดรางปลูกผักกุ่มร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ ใช้ถังพลาสติกสีดำ

ขนาด 120 ลิตร จำนวน 12 ถัง เติมน้ำลงถังในปริมาตร 100 ลิตร ซื้อลูกพันธุ์ปลานิล อายุ 2 เดือน จากฟาร์มเอกชน สุ่มชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกปลานิล แล้วปลอยลงถังเลี้ยง ถังละ 30 ตัว (น้ำหนักเริ่มต้นของปลานิลเฉลี่ย 8.0 กรัม)

2. การให้อาหารปลานิล วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และ 15.00 น. โดยให้อาหารจนปลาอิ่ม

3. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิลและการเก็บข้อมูล ทำการตรวจสอบการเจริญเติบโต และอัตราการรอดปลานิล โดยชั่งน้ำหนักลูกปลานิลถังละ 10 ตัว ก่อนการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสุ่มจับปลานิลจากถัง ๆ ละ 10 ตัว หาน้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อสิ้นสุด เก็บข้อมูลทั้งหมดจนจบการทดลอง และนับอัตราการรอดของปลาแต่ละการทดลอง จากนั้นบันทึกและคำนวณข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองรวมระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 40 วัน (ตามอายุของผักกุ่ม) นำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มของปลา อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลา ดังนี้

1) น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight gain)

Weight Gain =

$\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}$

2) อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain: ADG) กรัม/วัน

ADG =

$\frac{(\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{ระยะเวลาในการทำทดลอง}}$

ระยะเวลาในการทำทดลอง

3) อัตราการรอด (Survival rate) %

Survival rate = $\frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$

4) อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate: FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

5) ข้อมูลคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา ได้แก่ pH, EC อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์

จากการออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์เป็นระบบ DFT (Deep flow technique) เป็นการปลูกพืชที่ให้สัมผัสกับน้ำลึก 3-5 ซม. ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1) โต๊ะปลูก (Grow table) สร้างจากเหล็กกล่อง ขนาด 1x1 นิ้ว โดยการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม ให้มีขนาด

กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร และความสูง 0.80 เมตร (Figure 1)

2) รางปลูก (Grow bed) สร้างจากท่อพีวีซีสี่เหลี่ยม ขนาด 2 นิ้ว ตัดให้มีความยาว 1.50 เมตร จำนวน 6 ท่อน เจาะรูด้วยสว่านไฟฟ้าที่ท่อด้วยหัวเจาะลูกบิดประตู (Hole saw) ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรู 4 ซม. แต่ละรู ห่างกัน 15 ซม. จะได้ท่อนละ 11 หลุมปลูก ทั้งหัวและท้ายรางปลูกแต่ละท่อนประกอบเข้ากับข้อลด ขนาด 2 x 1/2 นิ้ว ข้อต่อสามทาง ขนาด 1/2 นิ้ว ข้องอ ขนาด 1/2 นิ้ว ข้อต่อเกลียวใน ขนาด 1/2 นิ้ว และต่อกับท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว ขนาดความยาวต่าง ๆ ให้เป็นชุดรางปลูก (Figure 2)

3) ถังเลี้ยงปลา (Fish Tank) ใช้ถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 120 ลิตร มีความสูง 75 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางปากถัง กว้าง 50 ซม.

การประกอบชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ โดยการนำรางปลูกไปวางบนโต๊ะปลูก แล้วยึดด้วยตัวรัดพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว นำถังเลี้ยงปลา มาวางด้านหัวรางปลูก แล้วต่อด้วยสายยางขนาด 1/2 นิ้ว เข้ากับปั้มน้ำไฟฟ้า เดินสายไฟและติดตั้งปลั๊กไฟ และเติมน้ำลงในถังเลี้ยงปลา การทำงานของชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ (Figure 3)

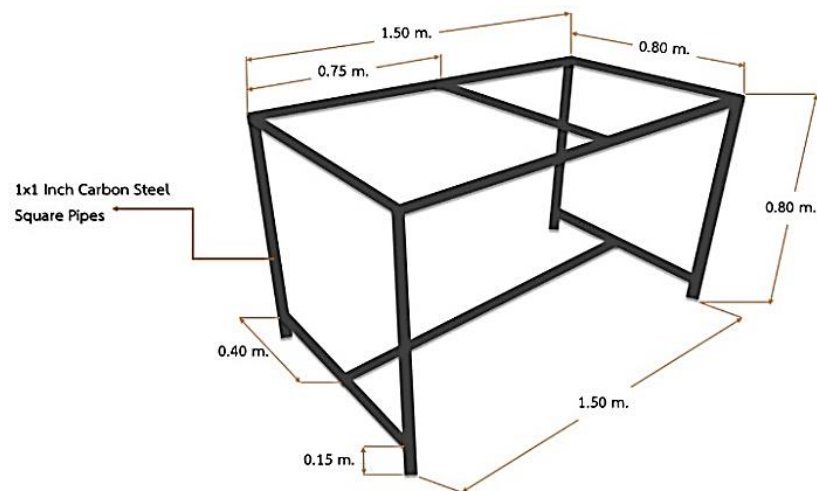


Figure 1 The size of grow table in DFT aquaponics system by PVC pipes

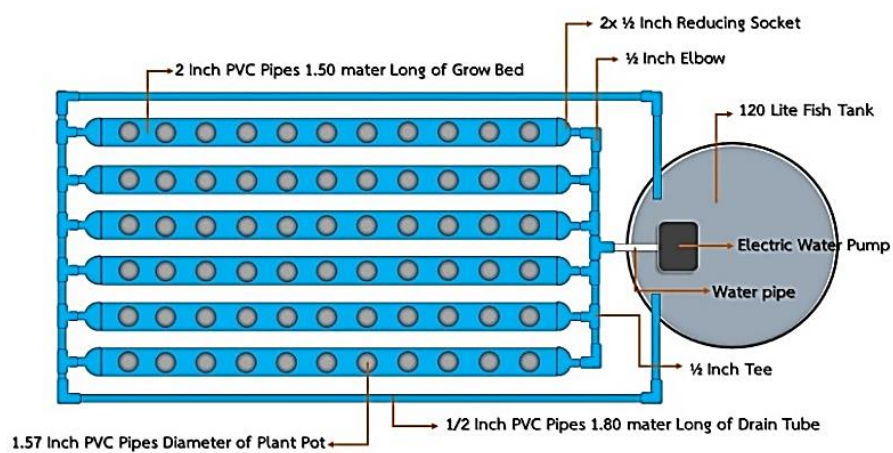


Figure 2 The component of grow bed together with fish tank in DFT aquaponics by system by PVC pipes

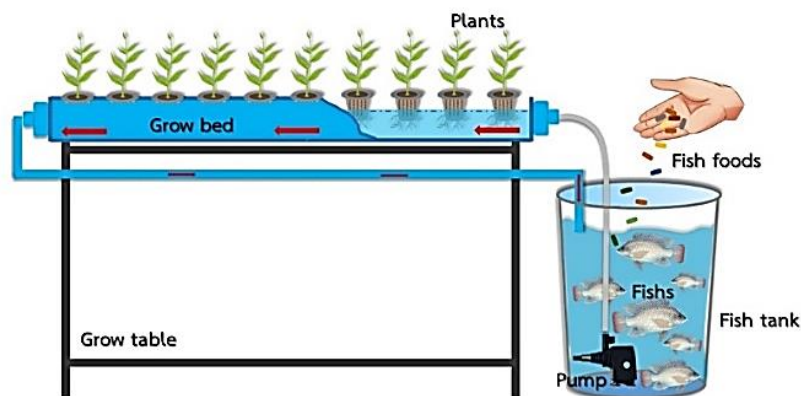


Figure 3 The recirculating of DFT aquaponics system

การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ความสูงของผักบุ้ง

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากที่สุด คือ 35.81 ซม. รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้น คือ 30.67 ซม. การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้น คือ 30.53 ซม. และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 30.27 ซม. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วย

ปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งมากที่สุด คือ 1.19 เซนติเมตร/ต้น/วัน รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้ง คือ 1.02 และ 1.02 เซนติเมตร/ต้น/วัน ตามลำดับ และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งน้อยที่สุด คือ 1.01 เซนติเมตร/ต้น/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

การแสดงอาการขาดธาตุอาหาร

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มทำให้ต้นผักบุ้งแสดงอาการขาดธาตุอาหารบริเวณยอดอ่อน โดยมีอาการใบไหม้ในระดับปานกลาง ส่วนการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอาการใบไหม้ในระดับน้อย (Table 1)

Table 1 Effect of number of morning glory/grow pot on growth, increasing height, crop growth rate (CGR) and leaf burn, weight gain, average daily gain (ADG), survival rate and feed conversion rate of fish in grow bed together with fish tank in aquaponics system

Morning glory's growth				Nile tilapia			
Number of morning glory /grow pot	Increasing height (cm)	Average daily gain (ADG) (cm/grow/day)	Leaf burn	Weight gain (g)	Average daily gain (ADG) (g/day)	Survival rate (%)	Feed conversion rate
1	30.67	1.02	little	12.66	0.42	79.05	1.33
2	35.81	1.19	little	11.06	0.37	63.14	1.40
3	30.27	1.01	medium	12.10	0.40	75.24	1.45
4	30.53	1.02	medium	13.30	0.44	79.05	1.25
F-test	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns
CV%	13.22	13.22	-	13.80	13.08	12.31	15.56

ns = not significantly different at $p>0.05$ **การเจริญเติบโตของปลานิล****น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล**

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลมากที่สุด คือ 13.30 กรัม รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล คือ 12.66 กรัม การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิล คือ 12.10 กรัม และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลน้อยที่สุด คือ 11.06 กรัม ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลมากที่สุด คือ 0.44 กรัม/วัน รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ 0.42 กรัม/วัน การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ 0.40 กรัม/วัน และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลน้อยที่สุด คือ 0.37 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการรอดของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการรอดของปลานิลมากที่สุด คือ ร้อยละ 79.05 และ 79.05 ตามลำดับ รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล คือ ร้อยละ 75.24 และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 63.14 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล เท่ากับ 1.33 การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล เท่ากับ 1.40 และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลมากที่สุด เท่ากับ 1.45 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

ข้อมูลคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีค่าความ

เป็นกรดเป็นด่าง (pH) คือ 7.67, 7.90, 7.83 และ 7.70 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

อุณหภูมิของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้น/ถ้วยปลูก คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีอุณหภูมิ คือ 29.97, 29.67, 29.93 และ 28.97 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด คือ 134.67 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่า การนำไฟฟ้า คือ 115.33 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 83.67 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 52.33 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด

จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งในชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคส์ พบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 1 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุด คือ 59.67 ppm รองลงมา การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 3 ต้น/ถ้วยปลูก มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ทั้งหมด คือ 55.00 ppm การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด คือ 39.33 ppm และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง 4 ต้น/ถ้วยปลูก มีปริมาณของแข็ง

ทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 25.00 ppm ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2 Effect of number of morning glory/grow pot on growth, pH of water, temperature of water, electrical conductivity of water, water and total dissolved solids of fish in grow bed together with fish tank in aquaponics system

Number of morning glory /grow pot	pH of water	Temperature of water (°C)	Electrical conductivity of water (µs/cm)	Total dissolved solids (ppm)
1	7.67	29.97	134.67 ^a	59.67 ^a
2	7.90	29.67	83.67 ^c	39.33 ^c
3	7.83	29.93	115.33 ^b	55.00 ^b
4	7.70	28.97	52.33 ^d	25.00 ^d
F-test	ns	ns	**	**
CV%	13.22	13.22	33.93	31.95

ns = not significantly different at $p>0.05$; ** = significantly different at $p>0.01$

วิจารณ์ผลการวิจัย

ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นเป็นระบบ NFT (Nutrient film technique) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) โต๊ะปลูก (Grow table) สร้างจากเหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 0.80 เมตร (มีพื้นที่ปลูกพืช 1.2 ตร.ม.) 2) รางปลูก (Grow bed) สร้างจากท่อพีวีซีสี่เหลี่ยม ขนาด 2 นิ้ว และ 3) ถังเลี้ยงปลา (Fish tank) จากถังพลาสติกสีดำ ขนาดความจุ 120 ลิตร โดยไม่มีถังกรองชีวภาพ ซึ่งแตกต่างกับ Bikash *et al.* (2020) ที่รายงานไว้ว่า ชุดปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์ระบบ NFT แบบพกพาต้นแบบ มี 4 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ถังเลี้ยงปลาทรงกลม (ไฟเบอร์

กลาส) ขนาด 2.15x0.9 เมตร ที่มีความจุ 2,800 ลิตร 2) ถังกรองชีวภาพ ประกอบด้วย ถังโพลีโพรไพลีน (PP) ความจุ 100 ลิตร และถังพลาสติกเสริมเส้นใยแก้ว (FRP) ขนาด 4x0.9x0.35 เมตร (ใช้พื้นที่ 2.64 ตร.ม.) 3) พื้นที่ปลูกพืชและบ่อโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาด 0.6x0.7 เมตร ที่มีความจุ 200 ลิตร และ 4) ระบบหมุนเวียนน้ำอัตโนมัติ ที่ออกแบบและทำงานอัตโนมัติ มีอัตราการไหลเฉลี่ย 94.7 ลิตร/ชั่วโมง ที่พบว่ามีการใช้ถังกรองชีวภาพ และวัสดุอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ หลายส่วน ใช้พื้นที่มาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต แต่ชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาในระบบอควาโพนิกส์จากท่อพีวีซีนี้ ไม่ใช่ ซึ่งเป็นข้อดีถือว่าเป็นการลดขั้นตอนของระบบ และค่าใช้จ่ายลงได้บางส่วน รวมทั้งดัดแปลงวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบ ทำให้การเข้าถึง

ของเกษตรกรมีมากขึ้น และสามารถผลิตชุดรางปลูกผักร่วมกับถังเลี้ยงปลาได้เองโดยไม่ต้องซื้อ และจากการทดสอบระบบโดยการปลูกผักบั้ง 1, 2, 3 และ 4 ต้นต่อถ้วยปลูก ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลจำนวน 30 ตัว พบว่า มีความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้งต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งดี มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลต่อวัน น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และให้อัตราการรอดตายของปลานิลสูง และมีคุณภาพน้ำโดยรวมที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Bikash *et al.* (2020) ที่รายงานว่า การเลี้ยงปลาสาวย จำนวน 54 ตัว/ลบ.ม. ในถังเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกต้นดาวเรือง 27 ต้น/ตร.ม. หลังการทดลองพบว่า ปลามีความยาวและน้ำหนักเพิ่มขึ้น 77.04 และ 397.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากระยะแรกและต้นดาวเรืองสามารถเก็บเกี่ยวได้ 107 ดอก/ตร.ม.

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตผักบั้งพบว่า มีความสูงที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 30.27-35.81 ซม. และมีอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้ง อยู่ในช่วง 1.01-1.19 ซม./ต้น/วัน ทั้งค่าความสูงที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง สอดคล้องกับ Andreas and Ranka (2009) รายงานว่า การใช้สารอาหารจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการผลิตพืชในระบบอควาโปนิคส์ เปรียบเทียบกับการผลิตพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยประเมินประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตในด้านผลผลิตของพืช 3 ชนิด ได้แก่ มะเขือม่วง มะเขือเทศ และแตงกวาพบว่า ทั้งสองระบบมีการให้ผลผลิตของพืชทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง จำนวน 2 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มว่าให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้งและอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งมากที่สุด โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักบั้ง คือ 35.81 เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโตของผักบั้ง คือ 1.19 ซม./ต้น/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Walailak University (2017) รายงานว่า จำนวนพืชที่ปลูกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ

จำนวนปลา ขนาดของปลา และปริมาณอาหารปลาที่ให้แต่ละวัน

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิลพบว่า อัตราการรอดตาย อยู่ในช่วง 63.14-79.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง โดยปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อยู่ในช่วง 11.06-13.30 กรัม อัตราการเจริญเติบโต อยู่ในช่วง 0.37-0.44 กรัม/วัน และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อยู่ในช่วง 1.25-1.45 กรัมทั้งค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละชุดการทดลอง สอดคล้องกับ Anun *et al.* (1998) รายงานว่า การเลี้ยงปลาหมอไทยในกระชังในความหนาแน่นที่ต่างกัน พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับ Jirapa *et al.* (2011) รายงานว่า การเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่น 25-75 ตัวต่อตร.ม. ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต เช่นเดียวกัน และสอดคล้องกับ Anantharaja *et al.* (2017) รายงานว่า จากการศึกษากการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์การรอดของปลาหมอไทยในระบบอควาโปนิคส์แบบ NFT ร่วมกับการปลูกผักปลังขาว พบว่าความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลาหมอไทยในระบบ อควาโปนิคส์ที่มีถังบำบัด การเจริญเติบโตของปลา การเพิ่มน้ำหนักรายวัน (DWG) อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และเปอร์เซ็นต์การรอดของปลาที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคส์ดีกว่าปลาในถังควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง จำนวน 4 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดเพราะให้อัตราการรอดตายของปลานิลสูงที่สุด คือ 79.05 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล สูงที่สุด คือ 0.44 กรัม/วัน น้ำหนักที่เพิ่มของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงที่สุด คือ 13.30 กรัม และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง 4ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มให้อัตราการแลกเปลี่ยน

อาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและพัฒนาชุดรางปลูกผัก ร่วมกับเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์จากท่อพีวีซี โดยมิโตะปลูก ขนาด 0.80x1.50x0.80 เมตร ที่ทำจากเหล็กกล่อง 1x1 นิ้ว รางปลูกจากท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 รางปลูก ๆ ละ 11 ถ้วยปลูก ใช้ถังพลาสติก ขนาด 120 ลิตร สำหรับเลี้ยงปลาสามารถปลูกผักบั้งจิ้นร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนได้ โดยพบว่าในหนึ่งรอบการปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตผักบั้งจิ้น (30 วัน) การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง 2 ต้น/ถ้วยปลูก มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุด โดยให้ความสูงต้น อัตราการเจริญเติบโตของผักบั้งมากที่สุด และการแสดงอาการขาดธาตุอาหารของผักบั้งน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้แนะนำให้ทำการศึกษาการปลูกผักบั้งอีก 3 รอบ เพื่อให้สอดคล้องกับรอบการจับปลานิล 4 เดือน เพราะจากข้อมูลพบว่า การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบั้ง จำนวน 4 ต้นต่อถ้วยปลูก มีแนวโน้มดีในด้านอัตราการรอดตายของปลานิล อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล น้ำหนักที่เพิ่มของปลานิล และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2562 และขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Anantharaja K., B.C. Mohapatra, B.R. Pillai R. Kumar, C. Devaraj and D. Majhi. 2017. Growth and survival of climbing perch, *Anabas testudineus* in Nutrient Film Technique (NFT) aquaponics system. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies** 5(4): 24-29.
- Andreas G. and J. Ranka 2009. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination** 246(1-3): 147-156.
- Anun S., R. Chaiwat and S. Charenchai. 1998. **Effect of Stocking Density on Growth and Yield of Climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch), Cultured in Cage in Peatswamp Area, Narathiwat Province.** Bangkok: Department of Fisheries. 28 p. [in Thai].
- Bikash, C.M., K.C. Nitish, K.P. Sandip, M.B. Dukhia and P. Raman. 2020. Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system. **Aquacultural Engineering** 90(102100). [Online]. Available <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102100> (April 5, 2023).
- Jirapa P., S. Chaiyasit, S. Kriengrai and S. Nantiya. 2011. **Nursing of Sand Goby (*Oxyeleotris mamorata* Bleeker, 1852) Fingerling in Earthen Pond Different Stocking Densities.** Bangkok: Department of Fisheries. 34 p. [in Thai]

- Lewis, W.M., J.H. Yoop, H.L. Schramm and A.M. Brandenburg. 1978. Use of hydroponics to maintain water quality of recirculated water in a fish culture system. **Transl. Am. Fish Soc.** 107(1): 92-99.
- Nair, A., J.E. Rakocy and J.A. Hargreaves. 1985. Water quality characteristics of a closed recirculating system for tilapia culture and tomato hydroponics. pp. 223-254. *In* R. Day and T.L. Richards (ed.). **Proc. 2nd Int. Conf. on Warmwater Aquaculture Finfish, 5-8 Feb.** Provo: Office of Contin. Educ., Laie, HI, Brigham Young University.
- Nongnuch, L. 2001. Aquaponics for ornamental fish aquaculture system and aquatic plant. **Home Agricultural Magazine** 25(7): 205-215. [in Thai]
- Surit, S. 2009. **Cultivation of Hybrid Catfish in Recirculating Concrete Pond with Hydroponic System.** Master Thesis. Maejo University. 102 p. [in Thai]
- Walailak University. 2017. **Handbook of Fish Farming in Combination with Plant Cultivation in Aquaponics.** Nakhon Si Thammarat: School of Agricultural Technology. 19 p. [in Thai]