ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลแดงและผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิก

Optimum Stocking Density of Red Tilapia and Watercress in Aquaponic System

ผกามาศ ศรีจริยา[1] กุลณัฐ มีสมนาค[2]
E-mail: pakamas.s@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยที่ต่อเนื่องกัน การทดลองที่ 1 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลแดง ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการปลูกผักวอเตอร์เครส สำหรับการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.35 กรัม ด้วยความหนาแน่น 400, 450 และ 500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสที่มีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น 6 เซนติเมตร ความหนาแน่น 30 ต้นต่อตารางเมตร เลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง (08.00 และ 16.00 น.) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในระหว่างการเลี้ยงน้ำในถังเลี้ยงปลาถูกสูบขึ้นและปล่อยลงในถาดปลูกผักวอเตอร์เครสที่วางชั้นบนของถังเลี้ยงปลา ผลการทดลองพบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เจริญเติบโตดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ผักวอเตอร์เครสมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านคุณภาพน้ำในถังปลาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันและเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลาและผัก ในการทดลองที่ 2 ปลูกผักวอเตอร์เครสที่มีความสูงเฉลี่ย 6.2 เซนติเมตร ด้วยความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ต้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลแดงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.45 กรัม ความหนาแน่น 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยระบบการเลี้ยงและวิธีการให้อาหารทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากนี้พบว่าคุณภาพน้ำเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของผัก และปลา ดังนั้นอัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงปลานิลแดง 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และปลูกผักวอเตอร์เครส 50 ต้นต่อตารางเมตร เป็นอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ระบบอควาโปนิก ปลานิลแดง วอเตอร์เครส ระบบหมุนเวียนน้ำ

Abstract

The study on red tilapia culture integrated with watercress in aquaponic system was divided into 2 sub-experiments: First experiment was culture of red tilapia at differented densities of 400, 450 and 500 fish/m^3, respectively. Fish with an initial weight of 2.35 g in integrated with watercress cultivation. Planting each plant with initial of height was 6 cm. Fish was fed to satiation twice a day (08.00 and 16.00) for 4 weeks. The results showed that significant differences ($P<0.05$) with the highest growth rate of 400 fish/m^3. While the growth of vegetables was not statistically different ($P>0.05$). The water qualities in all the system were optimum for both of fish and plant. Experiment 2 was planting watercress at different stocking densities of 30, 40 and 50 plants/ sq.m^2 integrated with red tilapia culture at 400 fish/m^3 respectively. Plant with an initial height of 6.2 cm. Fish was fed to satiation twice a day (08.00 and 16.00) for 4 weeks. The results showed that not significant difference of vegetable and red tilapia growth ($P>0.05$). The growth of red tilapia was not statistically different ($P>0.05$). From this experiment, it was concluded that the optimal stocking densities culture was 400 fish/m^3 in an integrated with watercress cultivation 50 plants/sq.m^2 was best growth. The water quality is suitable for fish and vegetable in an aquaponic system. The data can be applied to fish farming together with vegetable growing and is suitable for further study of this density rate to increase the efficiency of the system. Therefore aquaponic system which is a sustainable system that is environmentally friendly

Keywords: aquaponics, red tilapia, watercress, recirculating system

[1] อาจารย์หลักสูตรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[2] นักศึกษาหลักสูตรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ความเป็นมาของปัญหา

ปลานิลแดงเป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย การเจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี และเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ มีแนวโน้มความต้องการผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี (ผกามาศ และคณะ, 2559) สีของเนื้อปลาเป็นสีขาวชมพูคล้ายเนื้อปลาทะเล เมื่อนำปลานิลแดงมาประกอบอาหารมีรสชาติดี และคุณภาพสูงกว่าปลานิลธรรมดา (นวลมณี, 2553) การเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่น (Intensive) ค่อนข้างสูงทำให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคและมีการระบายน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลามีของเสียสะสมอยู่ซึ่งของเสียเหล่านั้นมาจากการขับถ่ายของเสียของปลา อาหารที่เหลือจากการบริโภคหากเกิดการสะสมในปริมาณมากๆ อาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อเป็นต่อปลาที่เลี้ยง ทำให้ปลามีความต้องการใช้ออกซิเจนสูงเกิดความเครียดซึ่งมีผลก่อให้เกิดความเสี่ยงของโรค (ปิยวัฒน์ และคณะ, 2558) นอกจากจะส่งผลในบ่อแล้วนั้นการปล่อยน้ำทิ้งยังมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เน่าเสีย จึงมีการนำระบบอควาโปนิกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อลดปัญหาคุณภาพน้ำเสีย ลดปัญหาทรัพยากรน้ำ โดยระบบอควาโปนิกเป็นรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Recirculating Aquaculture System, RAS) ร่วมกับการปลูกพืชไร้ดิน (hydroponic) นับเป็นวิธีการที่น่าสนใจ เนื่องจากพืชช่วยบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยพืชดึงสารประกอบพวกไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียและไนเตรท นำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช (Pantanella et al., 2010; Love et al., 2015, Sreejariya et al., 2016) ซึ่งน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลามีการสะสมของแอมโมเนีย (เป็นพิษต่อปลา) แอมโมเนียที่มีในน้ำจะถูกจุลินทรีย์ที่มีในน้ำเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทและน้ำที่มีไนเตรทเหล่านี้เมื่อนำไปไหลผ่านบริเวณที่ปลูกพืชไร้ดินพบว่าพืชจะดูดซับไนเตรทไปใช้ในการเจริญเติบโตน้ำที่ดีเหล่านี้จะถูกปล่อยไหลลงคืนสู่บ่อเลี้ยงปลาช่วยให้น้ำมีคุณภาพที่ดีและไม่ส่งกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทั้งนี้หากปลูกพืชที่กินได้จะเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งรวมทั้งเป็นการสร้างรายได้เสริมจากการจำหน่ายพืชได้เนื่องจากผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ (ไม่ใช้ดิน) กำลังเป็นที่นิยม (สุภาวดี และผกามาศ, 2559) โดยพืชที่นำมาปลูกในระบบอควาโปนิกส่วนใหญ่นิยมปลูกพวกผักกินใบ ผักสวนครัว เช่น ผักกาด ผักสาระแหน่ ขึ้นฉ่าย ผลไม้ เช่น มะเขือเทศ เมลอน สตอเบอรรี่ และพรรณไม้น้ำ เช่น วอเตอร์เครส พรมมิและผักเป็ด เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันวอเตอร์เครสเป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการปลูกและบริโภคอย่างแพร่หลาย สามารถนำมารับประทานสดได้ โดยนิยมนำมาทำเป็นสลัด หรือจะนำไปประกอบอาหาร เช่น ต้ม ยำ หรือผัด เป็นต้น อีกทั้งวอเตอร์เครสเป็นผักที่มีแร่ธาตุอาหารสูงซึ่งประกอบด้วย ประกอบด้วยวิตามิน เอ อี ซี และมีธาตุเหล็ก ยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากสารอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งและป้องกันการเกิดมะเร็งช่วยลดการโตของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ และป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (เมตตา, 2562) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันในระบบอควาโปนิก เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลา ผัก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมอาชีพให้กับเกษตรกร หรือเป็นทางเลือกเพิ่มขึ้นให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ หรือผู้สนใจ สามารถนำน้ำจากการเลี้ยงปลามาใช้ประโยชน์ในการผลิตผักไว้บริโภคในครัวเรือน ผลิตผักปลอดสารพิษ เป็นการใช้น้ำอย่างคุ้มค่าเกิดประโยชน์สูงสุดเป็นประหยัดทรัพยากรน้ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลแดงและผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิก
2. ศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลานิลแดงและผักวอเตอร์เครสในอัตราความหนาแน่นต่างกันในระบบอควาโปนิก
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลานิลแดงและผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิก

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Designs, CRD) แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยที่ต่อเนื่องกัน โดยการทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันได้แก่ 400, 450 และ 500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครส ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการปลูกผักวอเตอร์เครสด้วยอัตราความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ต้นต่อตารางเมตรตามลำดับร่วมกับเลี้ยงปลา

การเตรียมระบบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ใช้ถังพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 9 ถัง สำหรับเลี้ยงปลานิลแดงโดยใช้น้ำปริมาตร 500 ลิตร และเตรียมถาดพลาสติกขนาด 1 ตารางเมตร ความสูงของถาดปลูกผัก 0.15 เมตร ใส่หินแกรนิต (หิน

ก่อสร้าง) เป็นวัสดุปลูกผัก ระดับความสูงของหิน 10 เซนติเมตร เป็นจำนวน 9 ใบ ระบบที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยถังเลี้ยงปลาและถาดปลูกผักรวมทั้งสิ้นจำนวน 9 ชุด ทั้งสองการทดลอง การติดตั้งระบบโดยถังเลี้ยงปลาอยู่ด้านล่างและถาดปลูกผักวางด้านบน น้ำจากถังเลี้ยงปลาถูกปั๊มไปยังถาดปลูกผักและน้ำจากถาดปลูกผักไหลกลับมายังถังเลี้ยงปลาเป็นลักษณะการหมุนเวียนน้ำติดตั้งระบบและให้ระบบทำงานก่อนดำเนินการทดลอง 1 สัปดาห์

การทดลองที่ 1 ปล่อยลูกนิลแดงขนาดความยาวเฉลี่ย 5.35 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.35 กรัม ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน 400, 450 และ500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างละ 3 ซ้ำ ลงในถังพลาสติก จำนวน 9 ถัง โดยใช้น้ำปริมาตร 500 ลิตร เป็นจำนวน 9 บ่อ ปลูกผักวอเตอร์เครสความสูงเฉลี่ย 6.0 เซนติเมตร ลงในถาดขนาด 1 ตารางเมตร ใส่หินความสูง 0.15 เมตร ถาดละ 30 ต้น รวม 9 ถาด

การทดลองที่ 2 ปลูกผักวอเตอร์เครสความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น 6.2 เซนติเมตร ลงในถาดขนาด 1 ตารางเมตร ใส่หินความสูง 0.15 เมตร ถาดละ 30, 40 และ 50 ต้นต่อตารางเมตรอย่างละ 3 ซ้ำ รวม 9 ถาดร่วมกับการเลี้ยงนิลแดงอัตราความหนาแน่นที่ดีที่สุดของการทดลองที่ 1 คือ อัตราความหนาแน่น 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรลงในถังพลาสติก ปล่อยปลานิลแดงขนาดความยาวเฉลี่ย 5.25 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.35 กรัม จำนวน 9 ถัง โดยใช้น้ำปริมาตร 500 ลิตร ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครส 30, 40 และ 50 ต้นต่อถาด ทั้งสองการทดลองเลี้ยงปลาโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารจนปลาอิ่มวันละ 2 มื้อ คือเช้า และ เย็น (08.00 และ 16.00 น.) ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่จะมีการเติมน้ำเข้าในระบบเนื่องจากมีการระเหยของน้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองรวม 8 สัปดาห์

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาเก็บข้อมูลในด้านน้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยเมื่อเริ่มทำการทดลองและทุก 2 สัปดาห์ และการเจริญเติบโตของผักจะชั่งน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ส่วนความสูงและความกว้างทรงพุ่มทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลาการทดลองรวม 8 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโตดังนี้

1. การเจริญเติบโตของปลาด้านน้ำหนักเพิ่มของปลา อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตายและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดังนี้

1.1 น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain) กรัม

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง–น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

1.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) กรัม/ วัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง–น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทำการทดลอง (วัน)}}$$

1.3 อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/ จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง) X 100

1.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน/ น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

2. การเจริญเติบโตของพืช

2.1 น้ำหนัก (กรัม) =น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

2.2 ความสูง (กรัม) =ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

2.3 ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) = วัดจากปลายสุดของใบผักด้านหนึ่งไปยังปลายสุดของผักอีกด้านหนึ่ง

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกวัน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความนำไฟฟ้า และปริมาณความเข้มแสง ส่วนค่าคุณภาพน้ำแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรท วิเคราะห์สัปดาห์ละครั้ง โดยทำการบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลาการทดลองรวม 8 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาและผักมาวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันในระบบบอควาโปนิก

การเจริญเติบโตของปลานิลแดงด้วยอัตราความหนาแน่น 400, 450 และ 500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสในระบบบอควาโปนิกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของปลามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุด รองลงมาคือปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 450 และ 500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของปลานิลแดงในระบบบอควาโปนิกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

รายละเอียดข้อมูล	อัตราความหนาแน่นของปลานิลแดง (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	400	450	500
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	2.35 ± 0.08^{a}	2.35 ± 0.12^{a}	2.35 ± 0.10^{a}
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	19.92 ± 1.02^{a}	17.80 ± 1.16^{b}	16.93± 0.58^{b}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม)	17.58 ± 0.94^{a}	15.45 ± 1.04^{b}	14.57± 0.50^{b}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.63 ± 0.04^{a}	0.55 ± 0.04^{b}	0.52± 0.02^{b}
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	5.35 ± 0.08^{a}	5.35 ± 0.03^{a}	5.35 ± 0.05^{a}
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	11.11 ± 0.33^{a}	9.82 ± 0.40^{b}	9.73± 0.20^{b}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.79 ± 0.11^{a}	1.69 ± 0.14^{a}	1.64 ± 0.06^{a}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	98.33±0.58^{a}	97.63±0.26^{a}	96.93±0.23^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสและอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสในระบบบอควาโปนิกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

รายละเอียดข้อมูล	อัตราความหนาแน่นของปลานิลแดง (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	400	450	500
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	2.17±0.18^{a}	2.18±0.08^{a}	2.18±0.15^{a}
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	10.96±0.13^{a}	11.46±0.28^{a}	11.18±0.15^{a}
ความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	6.0±0.18^{a}	6.0±0.13^{a}	6.0±0.21^{a}
ความสูงเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	14.7±1.07^{a}	15.6±0.91^{a}	16.5±0.61^{a}
ความกว้างทรงพุ่มเริ่มต้น (เซนติเมตร)	6.00±0.17^{a}	6.00±0.18^{a}	6.00±0.15^{a}
ความกว้างทรงพุ่มสุดท้าย (เซนติเมตร)	9.08±0.20^{a}	9.15±0.22^{a}	9.26±0.14^{a}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	98.89±1.92^{a}	97.78±3.85^{a}	96.67±3.33^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ส่วนค่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสที่ตรวจวิเคราะห์ค่าต่ำสุดและสูงสุดของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ความนำไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิอากาศ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและปริมาณความเข้มแสง และค่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ทุกสัปดาห์พบว่า ค่าแอมโมเนียรวม ไนไตรท์และ ไนเตรท อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกผัก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าคุณภาพน้ำต่ำสุดและสูงสุดในการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

พารามิเตอร์	หน่วย	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
		400	450	500
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	6.92-7.25	6.86-7.24	6.78-7.28
ความนำไฟฟ้า	(µS/cm)	1,192-2,453	1,190-2,640	1,190-2,766
อุณหภูมิน้ำ	(°C)	28.4-29.7	28.4-29.4	28.4-29.8
อุณหภูมิอากาศ	(°C)	33.0-36.0	33.0-36.0	33.0-36.0
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	(mg/L)	5.51-6.25	5.55-6.19	5.50-6.15
ปริมาณความเข้มแสง	(Lux)	10,079.0-12,125.7	10,079.0-12,125.7	10,079.0-12,125.7
แอมโมเนียรวม	mg/ L;TAN	0.10-0.23	0.10-0.38	0.13-0.46
ไนไตรท์	(mg/L)	0.02-2.27	0.02-2.37	0.03-2.56
ไนเตรท	(mg/L)	0.98-19.27	1.10-24.27	1.09-25.10

การทดลองที่ 2 การปลูกผักวอเตอร์เครสด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันในระบบอควาโปนิก

การปลูกผักวอเตอร์เครสด้วยอัตราความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ต้นต่อตารางเมตร ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลแดงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของของผักวอเตอร์เครและอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) พบว่า การปลูกวอเตอร์เครสด้วยอัตราความแน่น 50 ต้นต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ 40 และ 30 ต้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ด้านการเจริญเติบโตของปลา อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกเป็นเวลา 4 สัปดาห์

รายละเอียดข้อมูล	อัตราความหนาแน่นของผักวอเตอร์เครส (ต้นต่อตารางเมตร)		
	30	40	50
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	2.39±0.08^{a}	2.38±0.13^{a}	2.38±0.12^{a}
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	11.97±2.93^{a}	13.20±2.76^{a}	13.48±2.83^{a}
ความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	6.2±0.15^{a}	6.2±0.13^{a}	6.2±0.11^{a}
ความสูงเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	17.2±1.80^{a}	17.6±1.33^{a}	18.2±2.81^{a}
ความกว้างทรงพุ่มเริ่มต้น (เซนติเมตร)	6.60±0.43^{a}	6.60±0.35^{a}	6.60±0.26^{a}
ความกว้างทรงพุ่มสุดท้าย (เซนติเมตร)	12.94±0.57^{a}	13.26±0.63^{a}	13.62±0.69^{a}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	96.67±3.33^{a}	99.17±1.44^{a}	98.67±2.31^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของปลานิลแดงในระบบอควาโปนิกเป็นเวลา 4 สัปดาห์

รายละเอียดข้อมูล	อัตราความหนาแน่นของผักวอเตอร์เครส (ต้นต่อตารางเมตร)		
	30	40	50
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	2.45±0.09^{a}	2.45±0.11^{a}	2.45±0.13^{a}
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	15.41±0.15^{a}	15.54±0.14^{a}	15.69±0.18^{a}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม)	12.96±0.44^{a}	13.09±0.72^{a}	13.32±0.66^{a}
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)	0.46±0.02^{a}	0.47±0.03^{a}	0.48±0.02^{a}
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	5.25±0.09^{a}	5.25±0.15^{a}	5.25±0.13^{a}
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	9.03±0.11^{a}	9.09±0.08^{a}	9.17±0.17^{a}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.66±0.13^{a}	1.73±0.03^{a}	1.76±0.15^{a}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	85.48±0.93^{a}	86.81±0.51^{a}	87.11±0.89^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

การศึกษาคุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์พบว่า ค่าคุณภาพน้ำตรวจวิเคราะห์ทุกวันได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ความนำไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิอากาศ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและปริมาณความ เข้มแสง ส่วนคุณภาพน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ ได้แก่ ค่าแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรทพบว่า อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกผัก (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าคุณภาพน้ำต่ำสุดและสูงสุดในการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

พารามิเตอร์	หน่วย	อัตราความหนาแน่นของผักวอเตอร์เครส (ต้นต่อตารางเมตร)		
		30	40	50
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	7.28-7.73	7.26-7.76	7.26-7.78
ความนำไฟฟ้า	(µS/cm)	1,192-2,453	1,190-2,640	1,190-2,766
อุณหภูมิน้ำ	(°C)	28.4-29.7	28.4-29.4	28.4-29.8
อุณหภูมิอากาศ	(°C)	32.7-35.0	32.7-35.0	32.7-35.0
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	(mg/ L)	6.41-6.97	6.39-6.98	6.38-6.97
ปริมาณความเข้มแสง	(Lux)	4,441.3- 8,577.8	4,441.3- 8,577.8	4,441.3- 8,577.8
แอมโมเนียรวม	mg/ L;TAN	0.18-0.57	0.16-0.53	0.13-0.27
ไนไตรท์	(mg/ L)	0.15-2.05	0.09-1.82	0.11-1.72
ไนเตรท	(mg/ L)	5.14-12.03	5.23-11.57	5.16-10.60

อภิปรายผล

การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอัตราความหนาแน่น 400, 450 และ 450 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตของปลาทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด สอดคล้องกับงานทดลองของเหล็กไหล และคณะ (2560) ได้ศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ร่วมกับการปลูกผักเรดโอ๊คการเจริญเติบโตของปลามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) อัตราการรอดตายของปลาในการทดลองครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าทุกสิ่งทดลองมีอัตราการรอดตายมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองของ Lennard and Leonard (2006) ได้ทำการศึกษาระบบอควาโปนิกรูปแบบต่างกัน 3 รูปแบบในการเลี้ยงปลาคอดร่วมกับปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คพบว่า อัตราการรอดตายของปลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และการทดลองของปฐมพงษ์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ อัตราการรอดตายของปลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีอัตราการรอดตายของปลานิลคือ 97.41 เปอร์เซนต์ และการทดลองของวีระยุทธ และคณะ (2557) เลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนแบบไม่ใช้ดินในระบบน้ำหมุนเวียน อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

คุณภาพน้ำในการทดลองมีค่าความเป็นกรดป็นด่างเท่ากับ 6.78-7.28 ซึ่ง FAO (2014) ได้กล่าวว่า ความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิกมีค่าอยู่ระหว่าง 6-8.5 ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 1,190-2,766 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งสุภาวดี และผกามาศ (2559) กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 1000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และอภิรัฐ (2553) กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในช่วง 1,000-1,500 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.4-29.4 องศาเซลเซียส FAO (2014) กล่าวว่า อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบอควาโปนิกมีค่าอยู่ระหว่าง 18-30 องศาเซลเซียสซึ่งถือว่าเหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 33.36-36.0 องศาเซลเซียส โดยในการทดลองครั้งนี้มีค่าที่สูงกว่าระดับการรายงานของ FAO (2014) คืออุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและระบบอควาโปนิกในเขตร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 5.50-6.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับ FAO (2014) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกควรมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงถือได้ว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการทดลองเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาและการปลูกผัก โดยปริมาณออกซิเจนต้องเพียงพอส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยรากพืชจะดูดซึมธาตุอาหารนำไปใช้ในการเจริญเติบโต หากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีน้อยจะส่งผลต่อรากพืชทำให้การดูดซึมแร่ธาตุได้น้อยส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตช้าหรือราก

เน่าได้ ค่าปริมาณความเข้มแสงในการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 10,079.0-12,125.7 ลักซ์ สุภาวดี และ ผกามาศ (2559) ทดลองการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกส์เพื่อเป็นอาชีพทางเลือก โดยเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักในระบบอควาโปนิกส์ 3 รูปแบบ คือ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) และ Nutrient Film Technique (NFT) มีค่าความเข้มแสงในโรงเรือนปลูกพืชกลางแจ้งเท่ากับ 35-92 กิโลกรัมลักซ์ ค่าแอมโมเนียรวมในการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วง 0.10-0.23, 0.10-0.38 และ 0.13-0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียรวมที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกควรมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (FAO, 2014) ค่าไนไตรท์ของน้ำในครั้งนี้อยู่ในช่วง 0.02-2.27, 0.02-2.37 และ 0.03-2.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสุภาวดีและผกามาศ (2559) ศึกษาทดลองการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกส์เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกได้ทดลองในระบบอควาโปนิกส์ 3 ระบบ คือ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) และ Nutrient Film Technique (NFT) มีค่าที่เท่ากับ 0.087-3.214, 0.092-2.981 และ 0.093-3.186 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีค่ามากกว่า FAO (2014) ได้รายงานว่าค่าไนไตรท์ที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกส์มีค่าไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการทดลองในครั้งนี้มีค่ามากกว่าที่ FAO (2014) ได้รายงาน ค่าไนเตรทในการทดลองครั้งนี้มีค่า 0.98-19.27, 1.10-24.27 และ 1.09-25.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเลี้ยงทั้งนี้น่าจะเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นของระบบเลี้ยงทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนปริมาณแอมโมเนียรวมและไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากปลามีขนาดใหญ่ขึ้นกินอาหารมากขึ้นส่งผลให้ทำให้เกิดของเสียในระบบ ซึ่งของเสียได้สลายกลายเป็นแอมโมเนียในขณะที่ปริมาณไนเตรทมีแนวโน้มสูงขึ้น FAO (2014) กล่าวว่า ไนเตรทที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกมีค่าอยู่ในช่วง 5-150 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อนำผักกวอเตอร์เครสมาปลูกด้วยอัตราความหนาแน่น 30, 40 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบอควาโปนิกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การจริญเติบโตของผักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยผักที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่น 50 ต้นต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของปฐมพงษ์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ พบว่าการเจริญเติบโตของผักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และสอดคล้องกับ Graber and Junge (2009) ได้ทำการศึกษาการใช้สารอาหารจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อผลิตพืชในระบบอควาโปนิกเปรียบเทียบกับการผลิตพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์การเจริญเติบโตของมะเขือม่วง มะเขือเทศ และแตงกวา การผลิตพืชทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ Rackocy et al. (2006) ได้ศึกษาการปลูกผักสลัด มะเขือเทศ และโหระพามีการการเจริญเติบโตดีในน้ำทิ้งในการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบอควาโปนิก ในด้านการเจริญเติบโตของปลาทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) สอดคล้องกับปฐมพงษ์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ ความหนาแน่นปลาของไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) อัตราการรอดตายพบว่าทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต (P>0.05) สอดคล้องกับสุภาวดี และผกามาศ (2559) ทดลองการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกส์เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกโดยทดลองในระบบอควาโปนิกส์ระบบ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) และ Nutrient Film Technique (NFT) พบว่าการเจริญเติบโตของปลานิลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) อัตราการรอดตายในการทดลองครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่ามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ทุกสิ่งทดลองมีค่าสูงกว่าการทดลองของรุ่งตะวัน และคณะ (2554) ได้ทดลองการทำฟาร์มแบบผสมผสานระหว่างเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนลอยน้ำมีค่าอัตรารอดตายเท่ากับ 78.2 และ77.3 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพน้ำค่าอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทุกสิ่งทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำและการเจริญเติบโตของผัก (Rackocy et al., 2006; Delong et al., 2009) ซึ่ง FAO (2014) กล่าวว่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิกมีค่าอยู่ระหว่าง 6-7 ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในการทดลองอยู่ในช่วง 1,190-2,766 ไมโครซิเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งสุภาวดี และผกามาศ (2559) ได้รายงานว่าค่าความนำไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่า 1,000 ไมโครซีเมนต์ แสดงให้เห็นว่าในน้ำมีแร่ธาตุอยู่พอเพียง ค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.4-29.8 องศาเซลเซียส FAO (2014) กล่าวว่า อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบอควาโปนิก มีค่าอยู่ระหว่าง 18-30 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 32.7-35 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทดลองครั้งนี้สูงกว่าที่ FAO (2014) กล่าวว่า อุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและระบบอควาโปนิกในเขตร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6.41-6.97, 6.39-6.98 และ 6.38-6.97 มิลลิกรัมต่อลิตร FAO (2014) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกมีค่ามากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองในครั้งนี้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาและการปลูกผัก ค่าปริมาณความเข้มแสงในโรงเรือนในการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 4,441.3-8,577.8 ลักซ์ โดยสุภาวดี และผกามาศ (2559) ทดลองการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกส์เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกโดยเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักในระบบอควาโปนิกส์ 3 รูปแบบ คือ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) และ Nutrient Film Technique (NFT) มีค่าความเข้มแสงในโรงเรือนปลูกพืชกลางแจ้งเท่ากับ 35-92 กิโลกรัมลักซ์ ค่าแอมโมเนียรวมของน้ำในการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วง 0.18-0.57, 0.16-0.53 และ 0.13-0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตามลำดับ ในการทดลองครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าที่ FAO (2014) กล่าวไว้คือ ค่าแอมโมเนียรวมของน้ำที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาและปลูกผัก จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียซึ่งเป็นสารพิษต่อปลามีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ค่าไนไตรท์ของน้ำในครั้งนี้อยู่ในช่วง 0.15-2.05, 0.09-1.82 และ 0.11-1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ในการทดลองในครั้งนี้มีค่าไนไตรท์สูงกว่าค่าที่ FAO (2014) ได้กล่าวไว้ โดยค่าไนไตรท์ที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ต่ำกว่าการทดลองของสุภาวดี และผกามาศ (2559) ทำการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกส์เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกโดยศึกษาระบบอควาโปนิกส์ 3 ระบบ คือ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) และ Nutrient Film Technique (NFT) มีค่าเท่ากับ 0.087-3.214, 0.092-2.981 และ 0.093-3.186 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าไนเตรทในการทดลองมีค่า 5.14-12.03, 5.23-11.57 และ5.16-10.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย FAO (2014) กล่าวว่า ค่าไนเตรทที่เหมาะสมในระบบอควาโปนิกมีค่าอยู่ในช่วง 5-150 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification ที่สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ปริมาณไนเตรทในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผัก โดยผักวอเตอร์เครสที่ปลูกในอัตราความหนาแน่น 50 ต้นต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตดีที่สุดจึงส่งผลให้ค่าไนเตรทในน้ำมีปริมาณที่ต่ำเนื่องจากพืชดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกโดยใช้อัตราความหนาแน่นของปลานิลแดง 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ร่วมกับการปลูกผักวอเตอร์เครสด้วยอัตราความหนาแน่น 50 ต้นต่อตารางเมตร มีระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมและเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำในการทดลองพบว่าอยู่ในระดับเหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลแดงและการปลูกผักวอเตอร์เครส

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาระยะเวลาการเลี้ยงที่นานกว่านี้หรือใช้ปลาและผักทดลองที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงระบบการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นวลมณี พงศ์ธนา. (2553). **ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2553. ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำปทุมธานี. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 39 หน้า.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล ประจวบ ฉายบุ ชนกันต์ จิตมนัส และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. (2557). ความหนาแน่นเหมาะสมของการเลี้ยงปลาระบบที่น้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิก. คณะเทคโนโลยีการประมงและ ทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 8(1): 23-32.

ปิยวัฒน์ เรืองราย ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และชีวิน อรรถสาสน์. (2558). **การศึกษาผลของสัดส่วนพืชที่ปลูกในระบบอควาโปนิกส์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ผกามาศ ศรีจริยา สุภาวดี โกยดุลย์ และสุรเชษฐ์ บำรุงคีรี. (2559). **การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชระบบอควาโปนิกส์ในชุมชนเมือง.** โครงการย่อยงานวิจัยการพัฒนารูปแบบการเกษตรสำหรับชุมชนเมืองเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 62 หน้า.

เมตตา เถาว์ชาลี. (2562). **ผลของ pH ที่มีต่อการย่อยสลายคลอโรฟิลล์และการหายไปของสีและระดับกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในวอเตอร์เครส**. รายงานการวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม. 40 น.

รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ดุสิต เอื้ออำนวย นวภัทร์ อินทรพุก และเบญจมาศ ทวีทรัพย์. (2554). การทำฟาร์มแบบผสมผสานระหว่างเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนลอยน้ำ. **วารสารเทคโนโลยีการประมง**. 8(1): 37-46.

วีระยุทธ เลื่อนลอย พ้วน เพ่งเซ้ง ปิยะพงศ์ โรติพันธุ์ และสมศักดิ์ มณีพงศ์. (2557). ผลของอัตราสวนพื้นที่ปลูกและปริมาตรน้ำตอผลผลิตผักบุงจีน ปลานิลและคุณภาพน้ำในระบบปลูกพืชรวมกับการเลี้ยงปลา. **วารสารเทคโนโลยีการประมง**. 8(2), 10-19.

สุภาวดี โกยดุลย์ และผกามาศ ศรีจริยา. (2559). **โครงการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคเพื่อเป็นอาชีพทางเลือก**. รายงานฉบับสมบูรณ์คณะเทคโนโลยีทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, พระนครศรีอยุธยา. 67 น.

เหล็กไหล จันทะบุตร จุฑารัตน์ แก่นจันทร์ บัณฑิตา สวัสดี พุทธชาด อิ่มใจ และชนวรรณ โทวรรณา. (2560). ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์. **วารสารเกษตรพระวรุณ**. 14(2): 225-230.

อภิรัฐ ปิ่นทอง. (2553). **เอกสารอบรมการปลูกพืชไร้ดิน**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี

DeLong, P.D., Losordo, M.T. and Rakocy, J.E. (2009). **Tank culture of tilapia**. SRAC Publication, No. 282, Texas, USA. pp 1-7.

FAO. (2014). **Small-scale aquaponics food production**. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and aquaculture technical paper No. 589. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy, 262 pp.

Graber, A. and Junge, R. (2009). Aquaponic system: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**. 246: 147-156.

Lennard, W.A. and Leonard, B.V. (2006). A comparison of three different hydroponic subsyems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an aquaponic test system. **Aquaculture Internation**, 14, 539-550.

Love, D.C., Fry. J.P., Li, X., Hill, E.S., Genello, L., Semmens, K. and Thompson, R.E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. **Aquaculture**. 435: 6774.

Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E. and Marcucci, A. (2010). Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. **Acta Horticulture**. 927: 887-893.

Rakocy, J.E., Masser, M.P. and Losordo, T.M. (2006). **Recirculating aquaculture tank Production system: Aquaponic-integrating fish and plant Culture**. SRAC Publication, No. 454, pp. 1-16.

Sreejariya, P., Raynaud, T., Dabbadie, L., and Yakupitiyage, A. (2016). Effect of Water Recirculation Duration and Shading on Lettuce (*Lactuca sativa*) Growth and Leaf Nitrate Content in a Commercial Aquaponic System. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 16:311-319.