ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิล ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์

Appropriate density of recirculating system Nile tilapia culture in Aquaponic

ปฐมพงษ์ กาศสกุล, ประจวบ ฉายบุ, ชนกันต์ จิตมนัส และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

Patompong kardsakun, Prachaub Chaibu, Chanagun Chitmanat and Kriangsak Mangumphan

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

บทคัดย่อ

ทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1X1X1.5 เมตร ที่คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2555 ถึง พฤษภาคม 2555 รวมระยะเวลา 3 เดือน แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ให้ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/บ่อ เป็นชุดควบคุม โดยใช้ปั๊มน้ำให้หมุนเวียนผ่านระบบอควาโปนิกส์และเติมอากาศตลอดเวลา ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอม โดยปล่อยปลานิลตามความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า น้ำหนักปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 149.94±14.38, 162.22±7.03, 149.09±9.58 และ 143.89±14.14 กรัม ตามลำดับ ปลานิลในชุดการทดลองที่ 3 ให้น้ำหนักเพิ่มสูงสุดที่ 78.39±9.98 กรัม ส่วนชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 4 ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.57±3.09, 75.12±8.81และ 76.38±2.19 กรัม ตามลำดับ ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 21.32±0.79, 21.45±0.48 , 21.22±0.63 และ 20.57±1.51 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่าเฉลี่ย 0.73±0.77, 0.83±0.29, 0.87±0.33 และ 0.85±0.39 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการรอดตายของปลานิลในชุดการทดลองที่ 1 สูงสุดคือ 98.25% ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 97.6% , 97.41% และ 97.26% ตามลำดับ ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 7.50 , 8.31, 7.84 และ 7.64 กิโลกรัม ตามลำดับ ในด้านผลผลิตผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผักกาดหอมของชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 457.00, 401.33 และ 437.33 กรัม (ตามลำดับ) ในด้านคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าค่าไนไตรท์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.972 – 1.384 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในด้านอุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรด- ด่าง แอมโมเนีย ไนเตรทและฟอสฟอรัส ของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน จากผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักอยู่ที่ 100 ตัวต่อตารางเมตร ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุดและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด ซึ่งเหมาะที่จะนำอัตราส่วนนี้ไปเป็นแนวทางส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลานิลให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการหรือผู้สนใจในการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ให้มีคุณภาพได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับต่อไป

คำสำคัญ : ปลานิล, อควาโปนิกส์

Abstract

Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, were cultured in recirculating aquaponic system in the 1X1 X1.5 m. cement ponds at the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resource, Maejo University, Chiangmai Province from March 2555 to May 2555, a total period of 3 months. Four treatments with 3 replications each were carried out. Treatment 1, control, the fish were raised at density of 50 fish/tank without any vegetable while treatment 2,3 and 4 fish were raised at different densities including 50,100 and 150 fish/tank with vegetables. By the end of experiment, the mean fish weight gains were 149.94±14.38, 162.22±7.03 , 149.09±9.5 and 143.89±14.14 grams, respectively. The tilapia in treatment 3 trended to provide the highest mean weight gain (78.39±9.98 grams), while fish in treatment 1, 2, and 4 had the mean weight gain as 66.57±3.09, 75.12±8.81, and 76.38±2.19, grams respectively. The mean length gains were 21.32±0.79, 21.45±0.48, 21.22±0.63, and 20.57±1.51 centimeters, respectively. The average daily gains were 0.73±0.77, 0.83±0.29, 0.87±0.33, and 0.85±0.39 g/day, respectively. The highest survival rate was 98.25% found in treatment 1, while the fish survival rates in treatment 2, 3, and 4 were 97.63%, 97.41%, and 97.26 %, respectively. Production of vegetable at the end of experiment in treatment 2, 3 and 4 were 457.00, 410.33 and 437.33 grams, respectively. It was not significantly different ($P>0.05$) in the temperature, pH, ammonia, nitrate and phosphorus among treatments. However, the value of nitrite was significant differences ($P<0.05$) ranging between 0.972 – 1.384 mg/l. The results showed that appropriate density of recirculating system Nile tilapia culture in aquaponic were 100 fish/tank. which trended to provide the highest mean weight gain with lowest food conversion ratio. The findings about a suitable fish stocking density for recirculating aquaponic system will be promoted to farmers, entrepreneurs or anyone who are interested in commercially raising fish in recirculating system to meet quality standards.

Keywords: Nile Tilapia, aquaponic

คำนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากเจริญเติบโตเร็วและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศและมีแนวโน้มความต้องการผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก เพื่อสอดคล้องกับความต้องการของตลาดจึงได้มีการการเลี้ยงปลานิลในอัตราความหนาแน่นค่อนข้างสูงมีความเสี่ยงในการเกิดโรคและยังมีการระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงทั้งในช่วงระหว่างการเพาะเลี้ยงและในช่วงที่จับสัตว์น้ำทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรม เกิดปัญหาทางด้านสภาพแวดล้อม (Pawantree, 2007) จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเอาระบบอควาโปนิกส์มาประยุกต์ร่วมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดปัญหาด้านมลพิษทางน้ำ โดยระบบอควาโปนิกส์

เป็นการเลี้ยงปลาผสมผสานกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นระบบการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียในปลา นำมาใช้เป็นธาตุอาหารของพืชแทนการถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไปในระบบบำบัดโดยพืชจะทำหน้าที่ดึงไนโตรเจนด้วยกลไกต่างๆ เช่น การดูดซึมแอมโมเนียหรือไนเตรท การระเหยของแอมโมเนีย การตกตะกอนของอนุภาคไนโตรเจนขบวนการ Nitrification และ Denitrification (Nongnuch, 2001) การหมุนเวียนน้ำผ่านระบบอควาโปนิกส์มีผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงไม่เป็นอันตรายต่อปลา (surit,2009) การพัฒนานำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาผสมผสานกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะธาตุอาหารที่เกิดจากของเสียจะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ (Nair *et al*, 1985) ซึ่งการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชมีประสิทธิภาพดีทุกด้านไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตพืช รวมถึงการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา (Lewis *et al.,* 1978) ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำการศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบอควาโปนิกส์ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลและพืชผักโดยใช้ระบบผสมผสาน รวมถึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบอควาโปนิกส์ เพื่อนำผลสรุปที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นแนวทางส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลานิลให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ หรือผู้สนใจ ในการเลี้ยงปลานิลเชิงพาณิชย์ในระบบอควาโปนิกส์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้มีศักยภาพก้าวหน้าเป็นที่ยอมรับในระดับมาตรฐานสากลต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดร่วมกับการปลูกพืชผักแบบอควาโปนิกส์โดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืช

2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลและพืชผัก โดยใช้ระบบผสมผสาน

3. เพื่อศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักแบบอควาโปนิกส์

วิธีการดำเนินการทดลอง

การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD เป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน โดยให้ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวอัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ตารางเมตร เป็นชุดควบคุม ดังนี้ ชุดที่ 2 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ตารางเมตร ร่วมกับระบบอควาโปนิกส์ชุดที่ 3 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/ตารางเมตร ร่วมกับระบบอควาโปนิกส์ ชุดที่ 4 เลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ตารางเมตร ร่วมกับระบบอควาโปนิกส์

การเตรียมระบบการเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 1X1X1.5 เมตร จำนวน 12 บ่อ ล้างทำความสะอาดและตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน เติมน้ำลงบ่อในระดับความสูง 100 ซม. และเปิดอุปกรณ์ให้อากาศทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน ก่อนเริ่มการทดลอง เตรียมลูกพันธุ์ปลานิลอายุ 2 เดือนซื้อมาจากฟาร์มเอกชนนำมาพักใน

บ่อทดลองเพื่อให้ลูกปลาปรับตัวเข้ากับให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปของปลานิลที่ขายตามท้องตลาดเพื่อให้ปลาชินกับอาหาร จากนั้นคัดขนาดลูกปลาให้มีขนาดใกล้เคียงกัน สุ่มชั่งน้ำหนักและนับจำนวนลูกลงบ่อ การจัดการและการให้อาหารปลาระหว่างทดลอง ปลาจะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. โดยให้อาหารจนปลากินอิ่มโดยใช้วิธีการหว่านให้ทั่วบ่อทำการจดบันทึกอาหารที่ให้กินในแต่ละครั้งทุกชุดการทดลอง

การจัดการคุณภาพน้ำ การปรับปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลทำการเติมน้ำลงบ่อเพื่อให้ได้ระดับเท่ากันชุดการทดลองที่ 1 เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 5 วัน (ชุดควบคุม) โดยถ่ายน้ำออก 50 เปอร์เซนต์ของระดับน้ำเดิมแล้วเติมน้ำใหม่ ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำก่อนทดลองและระหว่างการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลองครบ 3 เดือน โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำได้ แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสรวม

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตปลานิล ทำการตรวจสอบการเจริญเติบโต และอัตราการรอดปลานิล โดยชั่งน้ำหนักลูกปลาบ่อละ 40 ตัว ก่อนการทดลอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสุ่มปลาบ่อละ 40 ตัว หาน้ำหนักเฉลี่ยของปลาระหว่างการเลี้ยงทุก 15 วัน เก็บข้อมูลทั้งหมดจนจบการทดลองและนับอัตราการรอดของปลาแต่ละการทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองจากนั้นบันทึกและคำนวณข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำข้อมูลมาคำนวณเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มของปลา อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลา ดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (WT.GAIN)

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโต (ADG) กรัม/วัน

= (น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง)/ระยะเวลาในการทำการทดลอง

อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง) X 100

อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

การเตรียมระบบการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน จำนวน 9 ชุด เป็นท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ประกอบด้วยข้องอสามทาง ถังเก็บน้ำและรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้กรองน้ำและใช้บำบัดน้ำเสีย ทำการล้างท่อ PVC เพื่อทำความสะอาดประกอบเข้ากับระบบ โดยใช้ปั๊มน้ำดูดน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยลงในถังพักน้ำ ปล่อยลงในชุดอุปกรณ์ที่กรองตะกอน ผ่านลงชั้นกรองชีวภาพ ไหลผ่านลงมาที่ระบบการปลูกพืชผักท่อ PVC ที่เตรียมไว้จากนั้นจึงนำน้ำที่ผ่านระบบการปลูกพืชผักไหลกลับไปยังบ่อซีเมนต์ที่ใช้เลี้ยงปลานิลต่อไป

การเตรียมกล้าพืชผักเตรียมแผ่นฟองน้ำ ความหนา 1 นิ้ว นำมาตัดให้ได้ขนาดพอดีกับถาดที่ใช้เพาะใช้มีดกรีดฟองน้ำให้ได้ ขนาด 1x1 นิ้ว โดยกรีดไม่ให้ขาดออกจากกัน ทำรอยบากทะแยงมุมความลึก ประมาณกึ่งกลางของฟองน้ำ แช่ฟองน้ำก่อนทำการเพาะเมล็ดพืชผัก ทำการหยอดเมล็ดพืชผักใส่ลงในถาดเพาะ ปิดฝาหรือ

เก็บไว้ในที่มืด 3 วัน เมล็ดจะเริ่มงอก จากนั้น ปล่อยต้นกล้าให้มีใบจริง 3 ใบ การปลูกพืชผัก และการจัดการดูแล เตรียมแผ่นโฟม ให้เป็นวงกลม ขนาดพอดีกับท่อ PVC ทำการเจาะรูเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาด เท่ากับฟองน้ำที่เพาะต้นกล้า ขนาด 1X1 นิ้ว เมื่อต้นกล้า มีใบจริง 2-3 ใบ ให้ฉีกฟองน้ำพร้อมต้นกล้าที่เพาะใส่ลงในแผ่นโฟม แล้วใส่ลงระบบปลูกพืชผักที่ไม่ใช้ดินในท่อ PVC ที่เตรียมไว้

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปลูกพืชผัก โดยใช้รอบการผลิตผักที่ 45 วัน ซึ่งต้องรวมระยะเวลาในการเพาะกล้าที่ 10–14 วัน (Kitti, 2004) โดยในการทดลองใช้ระยะเวลาการปลูกผักที่ 30 วันต่อ 1 รอบการผลิตการเก็บข้อมูลของผักให้บันทึกและคำนวณข้อมูล เมื่อเสร็จสิ้นรอบการผลิตผักโดยนำข้อมูลของพืชผัก มาคำนวณเปรียบเทียบความสูง และอัตราการเจริญเติบโต ดังนี้

ความสูงที่เพิ่มขึ้น

= ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ซม/วัน

= ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง/ระยะเวลาในการทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักปลาในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 ซึ่งชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 100 ตัว ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด เมื่อนำน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าชุดการทดลองที่ 3 ให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด โดยชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

Table 1, Growth performance of tilapia raised in recirculating aquaponic system

Detailed Information	Densities (Fish/Tank)				
	T - test		CRD		
	50 (control)	50	50	100	150
Intial weight gain (g.)	83.37±19.62	87.10±0.15.80	87.10±0.15.80	70.70±18.93	67.51±16.27
Final weight gain (g.)	149.94±14.38[a]	162.22±7.03[b]	162.22±7.03[b]	149.09±9.58[a]	143.89±14.14[a]
mean weight gain (g.)	66.57±3.09[a]	75.12±8.81[b]	75.12±8.81[b]	78.39±9.98[b]	76.38±2.19[b]
Intial Length gains (cm.)	12.26±1.89[a]	12.30±1.63[a]	12.30±1.63[a]	12.05±1.72[a]	12.19±1.68[a]
Final length gains (cm.)	21.32±0.79	21.45±0.48	21.45±0.48	21.22±0.63	20.57±1.51
Mean Length gains (cm.)	9.06±2.34[a]	9.14±1.40[a]	9.14±1.40[a]	9.17±1.12[a]	9.38±0.18[a]
average daily gains (g./day)	0.73±0.77[a]	0.83±0.29[a]	0.83±0.29[a]	0.87±0.33[a]	0.85±0.39[a]
survival rate	98.25%[a]	97.63%[a]	97.63%[a]	97.41%[a]	97.26%[a]
FCR	1.19±02[a]	1.18±0.1[a]	1.18±0.1[a]	1.06±0.2[b]	1.09±.02[b]
Product (kg.)	7.50	8.31	8.31	7.84	7.64

Note: different letters in the same row are statistically different. ($p<0.05$) (n=10)

ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าความสูงของผักกาดหอมชุดการทดลองที่ 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้านความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกาดหอมของชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Table 2, The growth of vegetables co-cultured with tilapia in recirculating aquaponic system

Production efficiency	Densities (Fish/Tank)		
	50	100	150
Intial height gain (cm.)	3.90±0.22	3.61±1.21	4.09±0.28
Final height gain (cm.)	22.96±0.56[a]	21.61±0.21[b]	22.30±0.51[a]
mean height gain (cm.)	19.05±0.59	18.00±1.41	18.20±0.53
product (g)	457.00	401.33	437.33

Note 1. Average data per production cycle of 30 days. 2. Different letters in the same row are statistically different. ($p<0.05$) (n=10)

ในส่วนของคุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และฟอสฟอรัส ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของชุดการทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณของแอมโมเนีย ไนเตรทและ

ฟอสฟอรัส ของแต่ละชุดการทดลองเมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าค่าไนไตรท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)(ตารางที่ 3)

Table 3 Water quality in recirculating aquaponic system

	Densities (Fish/Tank)				
	T- test		CRD		
	50(control)	50	50	100	150
Temperature (°C)	25.56±0.03	25.56±0.03	25.56±0.03	25.66±0.03	25.63±0.03
pH	7.21±0.15	7.21±0.17	7.21±0.17	7.15±0.17	7.21±0.15
DO (mg/l)	3.03 ± 0.12^{a}	3.30 ± 0.13^{b}	3.30 ± 0.13^{b}	2.90 ± 0.13^{a}	2.87 ± 0.08^{a}
ammonia (mg/l)	0.083±0.046	0.091±0.055	0.091±0.055	0.095±0.036	0.067±0.008
nitrite (mg/l)	0.972 ± 0.156^{a}	1.384 ± 0.154^{c}	1.384 ± 0.154^{c}	1.315 ± 0.147^{bc}	1.125 ± 0.165^{ab}
nitrate (mg/l)	0.157±0.018	0.217±0.158	0.217±0.158	0.261±0.076	0.163±0.082
phosphorus (mg/l)	0.803±0.162	0.716±0.187	0.716±0.187	0.827±0.274	0.794±0.204

Note: The different letters in the same row are statistically different. (p<0.05) (n=10)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาความหนาแน่นของปลานิลที่เหมาะสมในการเลี้ยงระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์โดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืช เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตของปลานิลของแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในแต่ละชุดการทดลอง

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกลับ Anun *et al*. (1998) ที่ได้ทดลองเลี้ยงปลาหมอไทยในกระชังในที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน Jirapa *et al*. (2011) พบว่าการเลี้ยงปลาบู่ที่อัตราความหนาแน่น 25-75 ตัวต่อตารางเมตรไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับ Surit (2009) เลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนร่วมกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์ พบว่าอัตราความหนาแน่นไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองในชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลานิลในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อร่วมกับการปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดินมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุดเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดกับการเลี้ยงปลานิลในระบบนี้

ประสิทธิภาพการผลิตของผักกาดหอม พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความสูงที่สุด (22.96±0.56 เซนติเมตร) ไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความสูง (22.30±0.51 เซนติเมตร) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่ 3 และเมื่อพิจารณาจากคุณภาพน้ำที่พบว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของชุดการทดลองที่ 2 ก็มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจเป็นไปได้ว่าความสูงของผักกาดหอมห่อที่สูงสุดในชุดการทดลองที่ 2 น่าจะมีผลมาจากปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (1.384±0.154) ที่สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Watcharasak and Thammasak (2005) ที่ได้ทดลองผลของความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปุ๋ยทางน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวา พบว่าการให้ปุ๋ยทางน้ำที่มีไนโตรเจนให้การเจริญเติบโตในระยะสร้างลำต้น กิ่งและใบ ดีที่สุด ส่วนความสูงที่เพิ่มขึ้นพบว่าแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับ Andreas and Ranka (2008) ได้ทดลองการใช้สารอาหารจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อผลิตพืชในระบบอควาโปนิคส์เปรียบเทียบกับการผลิตพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยประเมินประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตในด้านผลผลิตของพืชสามชนิด ได้แก่มะเขือม่วง มะเขือเทศและแตงกวา พบว่าทั้งสองระบบไม่แตกต่างกันในการให้ผลผลิตของพืชทั้งสามชนิด

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของคุณภาพน้ำในบ่อของแต่ละชุดการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 28.56±0.03 – 28.66±0.03 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ 8.15±0.17 – 8.21±0.17 โดยอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ Munsin and Paipan (1995). อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0-32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-9.0 เช่นเดียวกับ Maitree and Jaruwan(1985) คุณสมบัติของน้ำอยู่ในระดับปกติในการอาศัยของปลาในเขตร้อนมีความเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการทดลองอยู่ที่ 2.87±0.08 – 3.30±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.30±0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปลายังสามารถอาศัยได้ แต่ก็ยังต่ำกว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาที่มีค่าไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจนในการทดลองอยู่ที่ 0.972±0.156 – 1.384±0.154 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท-ไนโตรเจน 0.157±0.018 – 0.261±0.076 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากผลการทดลองเลี้ยงปลานิลพบว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน มีปริมาณค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัสในการทดลองอยู่ที่ 0.716±0.187 – 0.827±0.274 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและไนไตรท์-ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยทั้ง 2 ปัจจัยมีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ 2 ส่วนปัจจัยอื่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากการทดลองของระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอมในระบบน้ำหมุนเวียนโดยเทคนิคการใช้สารอาหารจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาปลูกพืชดังกล่าวมีประสิทธิภาพที่ดี ให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ไม่แตกต่างกัน และการเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 50-150 ตัวต่อบ่อ สรุปได้ว่ามีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่าง

กัน ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้ได้ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักอยู่ที่ 100 ตัวต่อบ่อ ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด ซึ่งเหมาะที่จะนำอัตราส่วนนี้ไปศึกษาเพิ่มเติมในด้านชนิดพืชผักและวัสดุกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนทุนการวิจัย เรื่อง"การผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก" ภายใต้ชุดโครงการ "การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก" ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองครั้งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้การทดลองครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Andreas Graber and Ranka Junge. 2008. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination 247 (2009) 148–157 p.

Anun Sihirunwong, Chaiwat Rattanadadas and Charenchai Srisuwan. 1998. Effect of Stocking Density on Growth and Yield of Climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch), Cultured in Cage in Peatswamp Area, Narathiwat Province. Technical Paper 5/1998. Department of Fisheries. Bangkok. 1-28. [in Thai]

Jirapa Phosri, Chaiyasit Sena, Kriengrai Sahassanonta and Nantiya Sahassanonta. 2011. Nursing of Sand Goby (*Oxyeleotris mamorata* Bleeker, 1852) Fingerling in Earthen Pond Different Stocking Densities. Technical Paper25/2011. Department of Fisheries. Bangkok. 1-34. [in Thai]

Kitti Boonlearnirun. 2004. Hydroponics technology. Clinic Technology Rajamangala University of Technology Phra Nakhonsri Ayuttaya. 81 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.

Maitree Duangsawat and Jaruwan Somsiri. 1985. Water Properties and analysis method for Fisheries research. Inland Fisheries Research Institute,Department of Fisheries. Bangkok. 144 p. [in Thai]

Munsin Tuntoolavest and Paipan Phornprapa. 1995. Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animals. Vol. 1 Water quality management. Chulalongkorn University Bookshop, Bangkok. 319 P. [in Thai]

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 Proc. 2nd Int.Conf. on Warm water Aquaculture –Finfish.

Nongnuch Ladhavisuti. 2001. Aquaponics for ornamental fish aquaculture system and aquatic plant. Home Agricultural Magazine. 25(7). 215 P. [in Thai]

Pawantree somboontoh. 2007. Feasibilty study on aquaponics for Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and vegetable in dynamic root floating technique (DRFT)

Surit Somboochai. 2009. Cultivation of Hybrid Catfish in Recirculating Concrete Pond with Hydroponic System. Master of science in Fisheries Technology. Maejo University. Chiangmai. 102p. [in Thai]