



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การเลี้ยงปลาดุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์
และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ

Then Hybrid *Clarias* Catfish culture in water recirculation for treat
water with morning glory hydroponic system and EM by add
superphosphate in water

โดย

กมลวรรณ ศุภวิญญู และ คณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2557

รหัสโครงการวิจัย มจ.1-56-050



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วย
ผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริม
ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ

Then Hybrid Clarias Catfish culture in water recirculation for
treat water with morning glory hydroponic system and EM by add
superphosphate in water

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556

จำนวน 350,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสาวกมลวรรณ ศุภวิญญู

ผู้ร่วมโครงการ นายยุทธนา สว่างอารมย์

นางสาวณิชาพล บัวทอง

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

....30../.ธ.ค../.57... .

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีงบประมาณ 2556 ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเงินสนับสนุนและข้อเสนอแนะแนวทางในการทำงานวิจัยพร้อมทั้งช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาวิชาการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ที่ได้สละความคิด แรงงานและเวลาอันมีค่าอย่างเต็มกำลังและที่ขาดไม่ได้ คือ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ที่ช่วยเหลือเพื่อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	(ข)
สารบัญภาพผนวก	(ค)
สารบัญตาราง	(ง)
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลและวิจารณ์การวิจัย	22
สรุปผลการวิจัย	44
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	49

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์ และน้ำหมักชีวภาพ	23
ภาพที่ 2 ผลผลิตผักบุ้ง (กรัม) บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพ	25
ภาพที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนบำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	29
ภาพที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนบำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	31
ภาพที่ 5 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน	33
ภาพที่ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในระบบน้ำหมุนเวียน	35
ภาพที่ 7 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	37
ภาพที่ 8 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	39
ภาพที่ 9 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยง ปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	41
ภาพที่ 10 ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์	43

สารบัญภาพผนวก

	หน้า
<u>ภาพผนวกที่ 1</u> การวางผังบ่อเลี้ยงปลาคุกลูกผสมกับบ่อบำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโปนิกส์	50
<u>ภาพผนวกที่ 2</u> การแช่เมล็ดผักกาดหอม เพื่อเตรียมปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์	50
<u>ภาพผนวกที่ 3</u> วิธีการเตรียมเมล็ดผักบั้งที่เริ่มออกราก มาหุ้มด้วยฟองน้ำเพื่อลงปลูก	51
<u>ภาพผนวกที่ 4</u> ลักษณะการอนุบาลผักกาดหอม ก่อนการลงปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์	51
<u>ภาพผนวกที่ 5</u> การชั่งวัดน้ำหนักผักบั้งหลังการเก็บเกี่ยว และการเตรียมเมล็ดผักบั้งเพื่อปลูก	52
<u>ภาพผนวกที่ 6</u> รูปแบบลักษณะการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์	52
<u>ภาพผนวกที่ 7</u> เปรียบเทียบขนาดต้นผักบั้งที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์	53
<u>ภาพผนวกที่ 8</u> ลักษณะลำต้นผักบั้งหลังการเก็บเกี่ยว	53
<u>ภาพผนวกที่ 9</u> ลักษณะต้นผักกาดหอมที่ไม่เข้ากอ เมื่อปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์	54
<u>ภาพผนวกที่ 10</u> การสร้างหลังคา และกางมุ้ง เนื่องจากมีหนอนมากัดกินผัก	54
<u>ภาพผนวกที่ 11</u> หนอนที่พบในระหว่างการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์	55
<u>ภาพผนวกที่ 12</u> จำนวนหนอนที่พบในการปลูกผัก	55
<u>ภาพผนวกที่ 13</u> ขนาดปลาคุกลูกผสม เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงด้วยระบบผักไฮโดรโปนิกส์	56
<u>ภาพผนวกที่ 14</u> การทำความสะอาดบริเวณทดลอง	56

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	23
ตารางที่ 2 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์ และน้ำหมักชีวภาพ	24
ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม	26
ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมใน ระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	28
ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมใน ระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	30
ตารางที่ 6 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมใน ระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	32
ตารางที่ 7 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยง ปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน	34
ตารางที่ 8 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมใน ระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	36
ตารางที่ 9 ความเป็นต่างของน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	38
ตารางที่ 10 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจาก การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้ง ไฮโดรโปนิกส์	40
ตารางที่ 11 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์	42

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ

**Then Hybrid *Clarias* Catfish culture in water recirculation for treat
water with morning glory hydroponic system and EM by add
superphosphate in water**

กมลวรรณ สุภวิญญู ยุทธนา สว่างอารมณ์ กมลวรรณ สุภวิญญู และ นิชาพล บัวทอง
Kamonwan Suphawinyoo, Yutthana Savangarrom and Nichapon Buathong

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร หมู่ 5 ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร 86170

บทคัดย่อ

จากผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพโดยการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย ชุดการทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลาดุกผสมในระบบปิด ที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ 15 วัน ในชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 เป็นการเลี้ยงปลาดุกผสมที่ถูกบำบัดน้ำโดยผ่านระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพเหมือนกัน แต่จะมีเพียงชุดการทดลองที่ 3 เพียงชุดการทดลองเดียว ที่จะมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในระบบการเลี้ยงปลาดุก ร่วมกับการปลูกผักบั้ง โดยทั้ง 3 ชุดการทดลอง จะใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 8-10 เซนติเมตร ปล่อยลงในบ่อพลาสติกที่มีความจุของน้ำ 300 ลิตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ทำการเลี้ยงปลาดุกที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 จะมีการติดตั้งโครงสร้างของระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยบ่อพลาสติกที่กลมมีความจุของน้ำ 300 ลิตร และทำการเชื่อมต่อเข้าระบบการเลี้ยงปลาดุกผสม โดยมีเครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำจากระบบเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบไฮโดรโปนิกส์ตลอดเวลา การทดลองในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 90 วัน พบว่า ผลของการใช้ระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตนั้น ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม ($p>0.05$) โดยอัตราการ

เจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่2 และ ชุดการทดลองที่3 มีค่าสูงสุดเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.7 ± 0.64 และ 2.7 ± 0.35 กรัมต่อวัน แต่อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมและผลผลิตของผักนึ่งจะมีเพียงชุดการทดลองที่3 ชุดการทดลองเดียวที่มีค่าสูงสุด เท่ากับ 68.0 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ และ 10,220 กรัม ต่อการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม 1 รุ่น หรือในระยะเวลา 90 วัน

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 350 ± 183.4 กิโลกรัม และ 34.7 ± 9.73 กรัม ลำดับ

ผลของการใช้ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และ ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต นั้นไม่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุในน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักนึ่ง ($p > 0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่1 จะมีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.2 ± 1.46 และ 1.1 ± 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ในชุดการทดลองที่2 กลับมีค่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำภายในบ่อผักนึ่ง มีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.3 ± 4.1 และ 1.2 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลของการใช้ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และ ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต นั้นไม่มีผลต่อปริมาณอุณหภูมิของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ปริมาณออกซิเจนน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ความเป็นกรด - ด่างของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ความเป็นด่างของน้ำทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและภายในบ่อผักนึ่ง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม และ ปริมาณไนไตรท์ภายในบ่อผักนึ่ง ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในบ่อผักนึ่ง และปริมาณไนไตรท์ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: การเลี้ยง ปลาดุกลูกผสม ระบบน้ำหมุนเวียน ไฮโดรโปนิคส์ น้ำหมักชีวภาพ และ ปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต

Abstract

From the experiment result of Hybrid *Clarias* Catfish culture in re-circulated water additionally treated with EM and morning glory growing in hydroponic system supplemented with superphosphate that this experiment was divided into 3 treatments consisting of the 1st treatment, the Hybrid *Clarias* Catfish culture in closed system that 50 % of water periodically refilled for every 15 days and the 2nd and the 3rd treatments, the hybrid catfish were cultured in the water treated by passing through morning glory growing in EM (Enzyme Ionic Plasma) biological additive mixed hydroponic system. However, only the 3rd treatments that superphosphate fertilizer was an additive in the culturing water. For all 3 treatments, catfish of averagely 8-10 cm body length were released into cylindrical plastic ponds of 100 cm. diameter and 300 liters capacity and the catfish feeding density was 100 fish per pond. In the 2nd and 3rd treatments, they were additionally affixed with installation of additional hydroponic plastic ponds of 300 liters capacity connected to the hybrid catfish culturing ponds. The water was continuously pumped and exchanged between the fish pond and the hydroponic pond all the time. These fish culturing experiments took 90 days period. The result came out that the application of morning glory growing in hydroponic system with EM and with the morning glory growing in hydroponic house with EM and super phosphate fertilizer did not affect to the growth and survival rate of the hybrid catfish at confidence level ($p > 0.05$). Whereby the growth rate of the catfish in the 2nd treatment and the 3rd experiment had the same maximum rates equally to 2.7 ± 0.64 and 2.7 ± 0.35 grams per day, but the survival rate of the hybrid catfish and productivity of the morning glory, only the 3rd treatment that yielded the highest value of 68.0 ± 7.07 percents and 10,220 grams per catfish feeding period or within 90 days. The nitrogen and phosphorus content residual in the 2nd treatment was at the maximum content equivalently to 350 ± 183.4 kg. and 34.7 ± 9.73 g, respectively.

The application result of morning glory growing in hydroponic system with EM and the morning glory growing in hydroponic system with EM and super phosphate fertilizer did not affect the in-water mineral contents in the ponds of catfish culture and the morning glory growing ($p > 0.05$) whereas the in-water nitrogen and phosphorus contents in the catfish pond of the 1st

treatment had a maximum value which equaled to 30.2 ± 1.46 and 1.1 ± 0.20 milligrams per liter, respectively. Vice versa, in the 2nd treatment, the nitrogen and phosphorus content in the water in the morning glory pond were originated at the maximum value of 29.3 ± 4.1 and 1.2 ± 0.03 milligrams per liter, respectively.

The application result of the morning glory growing in hydroponic system with EM and the morning glory growing in hydroponic house with EM and super phosphate fertilizer did not affect the temperature of water in the catfish pond and the dissolved oxygen content of water in the catfish pond, pH of water in the catfish pond, water alkalinity in both the fish pond, and morning glory pond and the ammonia-nitrogen contents in the catfish ponds and the nitrite content in the morning glory pond ($p > 0.05$), however it effected to the ammonia-nitrogen content in the morning glory pond and the nitrite content in the catfish pond ($p < 0.05$).

Keywords : Hybrid *Clarias* Catfish culture, Hydroponic re-circulated water system, , EM biological additive , super phosphate fertilizer

คำนำ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับการรักษาสภาพแวดล้อม การไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมโดยการปลูกจิตสำนึกให้กับมนุษย์ ให้สามารถอาศัยอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้โดยไม่ทำลาย การไม่ทำลายธรรมชาติ หรือสิ่งแวดล้อม ไม่ใช่เพียงการใช้ให้น้อยลง หรือการทำขึ้นมาทดแทนที่สูญเสียไป การประกอบอาชีพใดก็ตามที่เป็นการช่วยลดของเสียที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมในการทำงานก็เป็นการไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำสวน ทำนา ทำไร่ หรือแม้แต่ทำการประมงและปศุสัตว์ การทำการประมงในปัจจุบัน แบ่งเป็นการจับจากธรรมชาติ และจากการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันนั้น นิยมเลี้ยงแบบชนิดเดียวที่ความหนาแน่นสูงซึ่งลักษณะการเลี้ยงแบบดังกล่าว มักทำให้น้ำในการเลี้ยงมีปริมาณสารอินทรีย์ โดยเฉพาะสารประกอบในกลุ่มของไนโตรเจนค่อนข้างสูง ซึ่งได้มาจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำนั่นเอง (มันสิน และไพพรรณ, 2544) ถ้ามีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง จะทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำตามมา ได้แก่ การเกิดสาหร่ายบลูม และเกิดภาวะไม่มีออกซิเจนในน้ำตามมาด้วย (Naylor *et al.*, 1998; Smith *et al.*, 1999) ดังนั้น อีกวิธีหนึ่งที่เป็นการช่วยลดการปล่อยน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน จะเป็นการช่วยลดผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ และช่วยในการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างยั่งยืน

ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ทั้งเลี้ยงในบ่อดิน บ่อพลาสติกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถทนต่อโรคพยาธิ และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี อีกทั้งยังเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นสูงได้ การเลี้ยงปลาดุกลูกผสม พบปัญหาในเรื่องคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลา เนื่องจาก มีปริมาณของแอมโมเนีย –ไนโตรเจน ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้ปลาชะงักการเจริญเติบโต (มันสิน และไพพรรณ, 2544) เกษตรกรบางรายที่ต้องการลดต้นทุนการผลิต มักให้อาหารสดจำพวกไส้ไก่ ไคโรส ไค้สับ เป็นอาหาร ยิ่งส่งผลทำให้ปริมาณแอมโมเนีย –ไนโตรเจน ไนไตรท์ และไนเตรท สูงขึ้นตามไปด้วย (สุทินและคณะ, 2548) ดังนั้น เมื่อเกิดสภาวะมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูงดังกล่าว จึงต้องทำให้เกษตรกรเปลี่ยนถ่ายน้ำในการเลี้ยงปลาดุกทุกๆ 15 วัน ถ้าทำการเลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์ หรือบ่อปูพื้นด้วยพลาสติก จาก

วิธีการดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่ว่า ถ้าเราเปลี่ยนวิธีการจัดการน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมใหม่ เป็นการบำบัดน้ำผ่านระบบฟักบึงไฮโดรโพนิกส์ร่วมกับการเติมน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แล้วหมุนเวียนน้ำกลับมาเลี้ยงปลาอุกอุกผสมอีกครั้งน่าจะส่งผลดีให้กับระบบการเลี้ยง เพราะการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้งจะทำให้ปลาเครียด หดกินอาหาร ทำให้ชะงักการเจริญเติบโตได้ ส่วนการเลือกใช้ระบบไฮโดรโพนิกส์เข้ามาทำการบำบัดน้ำนั้น เนื่องจากระบบไฮโดรโพนิกส์เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรใช้เป็นรายได้เสริม แต่จากการศึกษาของ กมลวรรณ และคณะ (ม.ป.ป.) เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาอุกอุกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ขนาดของลำต้นฟักบึงจะเริ่มมีขนาดเล็กลง ซึ่งแปรผกผันกับปริมาณไนโตรเจนรวมและไนเตรทในน้ำเลี้ยงปลาอุกอุกผสม ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำต่ำกว่าปริมาณไนโตรเจนรวม และไนเตรทในน้ำเลี้ยงปลาอุกอุกผสมอยู่มาก ปริมาณฟอสฟอรัสมีประโยชน์ต่อพืชด้วยกัน โดยพืชต้องการใช้ฟอสฟอรัสในระยะ 2-3 สัปดาห์แรกของการออก เพราะระยะนี้ พืชจะมีการสร้างรากฝอยและรากแขนงจำนวนมาก ฟอสฟอรัส มีหน้าที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออกดอก ออกผล และการสร้างเมล็ด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ระบบรากจะไม่เจริญเติบโต ใบแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดร่วง ลำต้นแกร็น ไม่ผลิดอกออกผล ดังนั้น การช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรับสารอาหารให้กับฟักบึงน่าจะมีการเติมสารอาหารในกลุ่มฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต เพื่อให้มีอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจน ต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสม ทำให้ฟักบึงสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุทั้งสองอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการช่วยบำบัดน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้ง การเลี้ยงปลาอุกในระบบการเลี้ยงน้ำหมุนเวียนนี้ เป็นการช่วยลดการปล่อยน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง ซึ่งจะเป็นการช่วยลดมลภาวะให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์ และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ
2. ศึกษาปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ตกค้าง เมื่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์ และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ
3. ศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์ และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาระบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ โดยเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ จะช่วยลดปริมาณของเสียในน้ำเลี้ยงปลา ก่อนปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

การตรวจเอกสาร

ปลาดุกเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาเป็นเวลานาน มีผู้นิยมเลี้ยงกันมาก เนื่องจากทำรายได้ดี ปัจจุบันได้มีการนำแม่พันธุ์ปลาดุกอูย (*Clarias macrocephalus*) มาผสมกับปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) เพื่อผลิตปลาดุกลูกผสม หรือปลาดุกบิ๊กอูยหรือปลาดุกอูยเทศ (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) (อุทัยรัตน์, 2533) โดย มีการส่งเสริมเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์และบ่อพลาสติก โดยเราสามารถเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในการเลี้ยง

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์กลม ควรมีการเตรียมบ่อเลี้ยง โดยใส่น้ำพักไว้ในบ่อซีเมนต์อย่างน้อย 2 อาทิตย์ ใส่น้ำในบ่อให้มีระดับสูง 20 – 30 เซนติเมตร เพื่อเตรียมปล่อยลูกปลา ที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว / บ่อ ในบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร การให้อาหาร จะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลากินจนอิ่ม แต่ถ้าหากต้องการลดต้นทุนค่าอาหาร สามารถให้อาหาร สมทบที่มีโปรตีนสูง เช่น ไล่ไก่ กระดุกชีโครงไก่บดผสมรำ ปลาเป็ดบด หนอน ปลวก หรือแมลง ต่าง ๆ ได้ เมื่อเลี้ยงปลาได้อายุ 30 วัน ควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20 – 30 % ของน้ำในบ่อ แล้วนำน้ำที่ พักไว้เติมลงไปให้ได้ระดับเดิม เมื่อเลี้ยงได้อายุ 3 – 4 เดือน สามารถเก็บผลผลิตได้

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อดิน ต้องมีการเตรียมบ่อดินที่ดี เพราะอาจเกิดปัญหาดินพื้น บ่อเน่า ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงมีคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุก โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงเก่า จะ พบปัญหาปลาเป็นโรคบ่อยๆ ยากต่อการแก้ไข อัตราการปล่อยลูกปลาดุกลูกผสม 50 - 70 ตัว/ตาราง เมตร อาหารเป็นต้นทุนที่สำคัญที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถหาอาหารราคาถูก มีอัตราแลกเนื้อที่ดี จะช่วย ทำให้ต้นทุนการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมต่ำลงมาก ในทางตรงข้ามอาหารราคาสูงอาจทำให้เกิดปัญหา เรื่องน้ำ และเรื่องโรค ดังนั้นการควบคุมปริมาณอาหารเป็นสิ่งจำเป็นมาก การเลี้ยงปลาโดยใช้ อาหารสำเร็จรูป เราสามารถควบคุมปริมาณอาหารได้ง่าย แต่ต้นทุนค่าอาหารก็จะสูงตามไปด้วย การ ให้อาหารปลาดุกลูกผสม ควรดูให้อาหารหมดพอดีเมื่อปลาหยุดกินอาหาร ส่วนการจัดการคุณภาพ น้ำ คุณภาพน้ำในแต่ละแหล่งเลี้ยงจะแตกต่างกันไปตามแหล่งน้ำ ชนิดของอาหาร การจัดการในการ ให้อาหาร และความหนาแน่นของลูกปลา การดูแลคุณภาพน้ำในช่วงการเลี้ยงเดือนแรก ซึ่งปลายัง เล็กอยู่ไม่มีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำมากนัก ส่วนใหญ่จะใช้วิธีเพิ่มระดับน้ำในบ่อทุกวันหรือวันเว้นวัน แล้วแต่ลักษณะสีของน้ำภายในบ่อเลี้ยง โดยจะสังเกตว่าน้ำที่ดีจะมีสีค่อนข้างใส หรือเมื่อสังเกตว่า ระดับน้ำในบ่อลดลงก็ต้องเติมน้ำ เมื่อปลาอายุได้ 30 วัน ปลาเริ่มโตขึ้น หากน้ำมีสีเขียวก็ควรถ่ายน้ำ

ทันที ปกติในช่วงปลาอายุ 30 – 60 วัน มักจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 5– 7 วัน ต่อครั้ง โดยถ้าไม่เสียมากจะเปลี่ยนถ่ายเพียง 25 –30 % แต่ถ้าน้ำเสียรุนแรงอาจต้องถ่ายถึงครึ่งบ่อ (50 %) และเมื่อปลาอายุได้ 90 วัน เป็นต้นไป ปลาจะแน่นบ่อ อาหารก็ต้องให้มากขึ้นตามความต้องการของปลา จึงจำเป็นต้องถ่ายน้ำบ่อยขึ้น ปกติจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 3 วัน โดยจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 30 – 50 %

การเลี้ยงปลาคูกลูกผสมในบ่อปูพลาสติก ใช้พื้นที่บ่อในการเลี้ยง ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 0.80 – 1.0 เมตร จะได้บ่อเลี้ยงขนาด 8 ตารางเมตร โดยให้ขอบบ่อทั้ง 4 ด้าน ลาดเอียงประมาณ 1 : 2 หรือ 3 : 4 แล้วแต่ลักษณะดินในพื้นที่ เพื่อให้สามารถวางพลาสติกให้แนบชิดกับขอบบ่อได้สนิท เมื่อขุดเสร็จแล้ว ให้เก็บเศษหิน เศษแก้ว หรือรากไม้ออกให้หมด เพื่อไม่ให้พลาสติกฉีกขาดได้ ควรระวังอย่าขุดบ่อใกล้ต้นไม้ใหญ่ เนื่องจากรากต้นไม้อาจชอนเจาะผ้าพลาสติกขาดได้ การปูผ้าพลาสติกที่ก้นบ่อ ควรวางเป็นผืนเดียว ไม่ให้มีรอยตัดต่อและนำดินที่ขุดออกมากลบพื้นบ่อ ให้ความหนาชั้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร ผ้าพลาสติกจะถูกปูขึ้นมาถึงขอบบ่อ ซึ่งจะได้ดินกลบชายผ้าไว้เช่นเดียวกัน ปล่อน้ำเข้าบ่อให้มีความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร รอบก้นบ่อ อาจปลูกผักสวนครัวได้ และสามารถนำน้ำในบ่อขึ้นมารดผักได้ แต่ต้องเติมน้ำลงในบ่อให้ได้ระดับความสูงเท่าเดิม เราจะใช้บ่อปูผ้าพลาสติกในกรณีที่ดินมีลักษณะชื้นน้ำเร็ว ไม่อุ้มน้ำ

จากการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลาคูกลูกผสมในรูปแบบต่างๆ กันนี้ ทุกรูปแบบจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคูกผสม จากคุณสมบัติของน้ำในเรื่องแร่ธาตุในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วิรัช (2544) เขียนไว้ว่า ธาตุอาหารมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในด้านที่ทำให้เกิดผลผลิตขึ้นต้น หรือปริมาณแร่ธาตุในน้ำส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนในน้ำ ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์น้ำ แร่ธาตุที่สำคัญนั้นก็คือ ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่มีในน้ำ ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดผลผลิตของแพลงก์ตอนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ไนโตรเจนในน้ำ นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำแล้ว ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปส่งผลกระทบในทางลบต่อสัตว์น้ำด้วยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในรูปแอมโมเนีย และไนไตรท์ เนื่องจากเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ RNA DNA Co-enzyme และวิตามิน ธาตุไนโตรเจนในแหล่งน้ำ สามารถอยู่ได้ทั้งในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) แอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนไตรท์ไอออน (NO_2^-) ไนเตรตไอออน (NO_3^-) รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ และที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงซากพืชซากสัตว์ที่ตายด้วย นอกจากนี้ ยังมี ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งจะหมุนเวียนอยู่ในแหล่งน้ำ ในรูปของสารประกอบหลายชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปไอออนของสารอนินทรีย์ เช่น PO_4^{3-} จนถึงอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลและสารพันธุกรรม (DNA) สัดส่วนของฟอสฟอรัสแต่ละรูปที่อยู่ในแหล่งน้ำ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาพกรดหรือด่าง ความเข้มข้นของไอออนของโลหะบางชนิด ฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายที่สุด คือ ออร์โธฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ จะผลิตอินทรีย์สาร และสารอาหาร (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ) ในปริมาณมาก พบว่า ในการผลิตปลาดุก 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) ปลาดุกจะขับถ่ายของเสียในน้ำ โดยมีการปล่อยสารอินทรีย์ในรูปแบบแอมโมเนีย 1,190 กิโลกรัม ปล่อยไนโตรเจน 60 กิโลกรัม และปล่อยฟอสฟอรัส 12 กิโลกรัม ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการ metabolic (Boyd, 1985) ซึ่งแร่ธาตุ ทั้งสองชนิดนี้ มีการละลายอยู่ในน้ำเลี้ยงปลาดุกอย่างมาก

เมื่อเราพิจารณาจาก คุณสมบัติของน้ำเลี้ยงปลาดุกทุกผสม ในเรื่องปริมาณไนโตรเจนละลายในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ซึ่งแร่ธาตุทั้งสองชนิดนี้ มีผลต่อความต้องการธาตุอาหารพืช ซึ่งสมภพ (2537) เขียนไว้ว่า ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตได้ดีของพืช โดยมีจำนวนทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชขาดไม่ได้ เรียกว่า essential plant elements ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ ได้รับมาจากอากาศและน้ำ และได้รับมาจากดิน

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่สำคัญมากในการปลูกผัก ช่วยในเรื่องการเร่งส่วนที่เป็นลำต้น และใบ ให้มีการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ และทำให้ผักหลายชนิดมีลักษณะอวบน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นไนโตรเจนจึงเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักหลายชนิดมากกว่าธาตุอาหารอื่น เช่น ฟอสฟอรัส หรือ โพแทสเซียม ดังนั้นผักที่รับประทานต้น หรือใบ จะต้องการ

ไนโตรเจนสูง เพื่อต้องการสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ต้น และใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้นเมื่อปลูกผักประเภทนี้ ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากๆ สำหรับผักที่ปลูกเพื่อรับประทานผล จะต้องการปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าผักกินใบ

ฟอสฟอรัส พืชผักจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างสูง สำหรับปุ๋ยฟอสเฟตแม่ผัก ต้องการน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน และโพแทสเซียม แต่มีความสำคัญในการช่วยให้ผักตั้งตัวได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในช่วงระยะแรกๆของการเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังช่วยทำให้ผักแก่และเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น และมีรสชาติดีขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเพียงพอ

การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นฝนไม่ตกตามฤดูกาล คุณภาพของดินเสื่อม คุณภาพหรือดินไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืช ลดการใช้สารเคมีกำจัดโรค แมลง การใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สิ้นเปลืองแรงงาน อีกทั้งยังเป็นการประกอบอาชีพเกษตรกรรมที่เป็นระบบ เนื่องจากสามารถควบคุมการผลิตได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบนี้คือ สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่ แม้ในพื้นที่ที่มีปัญหาดินในการเพาะปลูก ควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร pH EC อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชในดินทำได้ยาก ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้เร็ว และผลผลิตสูงกว่าในดิน ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ คงที่ และสูงกว่าในดินมาก มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ลดปริมาณการใช้น้ำลง 10 เท่า และลดการสูญเสียธาตุอาหาร (ปุ๋ยเคมี) 40% ของการปลูกพืชในดิน ประหยัด ынระยะเวลาเก็บเกี่ยว ประหยัดแรงงาน และต้นทุนค่าไถเตรียมพื้นที่ ควบคุมปัญหาโรคและแมลงได้ง่าย เพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน และกำจัดปัญหาศัตรูที่เกิดจากดินได้ ใช้พื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถปลูกพืชชนิดเดิมในพื้นที่อย่างต่อเนื่องไม่ต้องพักแปลง และปลูกได้หนาแน่นกว่าในดินอีกด้วย เพราะมีธาตุอาหารและน้ำอย่างเพียงพอ ปลูกในพื้นที่แคบ ๆ ได้ ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพราะมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินน้อย

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1 ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ได้รับความนิยมมากกว่าประเภทอื่น ๆ รากของพืชจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง และรากพืชสามารถทำหน้าที่ได้ 2 อย่างพร้อมกัน คือ ดูดอาหารและออกซิเจน 2 ปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ ได้รับธาตุอาหารและความชื้นโดยการฉีดพ่นไปที่ราก รูปร่างของระบบนี้ เช่น กล่องสี่เหลี่ยม

กระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น ระบบนี้เหมาะกับพืชต้นเดี่ยว ถ้าเป็นพืชต้นสูงต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด ระบบนี้เหมาะสำหรับงานวิจัยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต 3 ปลูกลงบนวัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นการปลูกโดยใช้วัสดุปลูก ทำหน้าที่แทนดินสำหรับให้รากยึดและค้ำจุนต้นพืช เช่น แผ่นฟองน้ำ ทราช ทราย กรวด จีเลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว ไยหิน เปลือกไม้ เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ เป็นต้น คุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้คือ เก็บรักษาความชื้น ระบายน้ำได้ดี คงทน ไม่ย่อยสลายง่าย

ผักบุ้งจีน (เฉลิมเกียรติ และอัสรา, 2539) ได้เขียนในข้อมูลเกี่ยวกับผักบุ้งจีนไว้ว่า ผักบุ้งจีน มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Swamp Cabbage, Chinese Cabbage มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ippomoea aquatica* Forssk จัดอยู่ในวงศ์ Convolvullaceae มีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอกและดอกสีขาว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารกว้างขวางกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญ โดยส่งออกทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ การส่งออกเพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ผักสดชนิดต่าง ๆ ตลาดที่สำคัญคือฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์

จากสถิติ การปลูกผักของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2536/2537 มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งจีนถึง 54,302 ไร่ ผลผลิตสด 50,237 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 925 กิโลกรัม แหล่งปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี นครนายก พิจิตร นครสวรรค์ ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา และสงขลา เป็นต้น สำหรับแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ ผักบุ้งจีนเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ปัจจุบัน ประเทศไทยสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเพื่อการส่งออกได้ในปี พ.ศ. 2543 มีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนประมาณ 2,473 ตัน มูลค่า 100 ล้านบาท จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ตลาดของผักบุ้งจีนสามารถพัฒนา เป็นพืชผักเพื่อการส่งออกได้ดีพืชหนึ่ง ทั้งในรูปของผักสดและเมล็ดพันธุ์พืช (เฉลิมเกียรติ และอัสรา, 2539)

ความต้องการธาตุอาหารของผักบุ้งจีน วิรพงษ์ (2528) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีนพบว่า ผักบุ้งจีนต้องการธาตุไนโตรเจนปริมาณมาก เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของกิ่งก้าน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนใน Protoplasm ในเซลล์ของผักบุ้งจีน และเป็นองค์ประกอบหลักของ Chlorophyll ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง และเนื่องจากผักบุ้งจีนสามารถสะสมไนโตรเจนได้มากถึง 4.65 – 5.95% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูก

ผักบุ้งจีน จึงทำให้ผักบุ้งจีนมีผลผลิตเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จะมีผลต่อความยาวของลำต้น ผักบุ้งจีน โดยนำฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างรากฝอยที่แตกออกบริเวณข้อของลำต้น เพื่อใช้ในการดูดซึมธาตุอาหารจากดิน และจากการศึกษาของ วิรัตน์ (2536) พบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตของผักบุ้งจีน ในการศึกษาของ Hu *et al.* (2008) ในเรื่อง การทดสอบน้ำที่มีธาตุอาหารสูง โดยการใช้ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic* Forsskal) ลดสารอาหารในน้ำด้วยระบบ “deep flow technique” พบว่า หลังจาก 48 ชั่วโมงที่ผักบุ้งมีการสัมผัสน้ำที่มีธาตุอาหารสูง มีปริมาณของ COD, BOD₅, TSS, และ Chlorophyll a ลดลง มีค่าเท่ากับ 84.5%, 88.5%, 91.1% และ 68.8% ตามลำดับ และการกำจัดสารอาหาร(ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม) ผันแปรระหว่าง 41.5 และ 75.5% ดังนั้น การปลูกผักบุ้งในน้ำที่มีสารอาหารสูง ด้วยระบบ “deep flow system” สามารถใช้เป็นระบบที่การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำได้ และจากการศึกษาของ ธนสรณ์ (2549) การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสด เปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์ พบว่า ปริมาณผลผลิตผักบุ้งน้ำเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับระบบการปลูกผักบุ้งน้ำผสมผสานกับการเลี้ยงปลาสดไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

น้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพมีการเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น น้ำสกัดชีวภาพ ปุ๋ยจุลินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยมีสูตรในการทำไม่น้อยกว่า 100 สูตร โดยเกษตรกรได้ทดลองทำและนำไปใช้กับพืชผลตนเองแล้วได้ผลดี พืชเจริญงอกงาม และยังสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดโรคแมลงได้อีกด้วย ไม่เพียงใช้ประโยชน์กับพืชเท่านั้น การใช้ น้ำหมักชีวภาพยังได้ขยายไปยังปศุสัตว์ สัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม เป็นการใช้ในลักษณะสารเสริมอาหารสัตว์ สารต้านจุลชีพ ตลอดจนใช้เพื่อการบำบัดกลิ่น และการบำบัดน้ำเสีย (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ประเภทของจุลินทรีย์ที่คาดว่าจะพบในน้ำหมักชีวภาพ

กรมวิชาการเกษตร (2547) ได้แบ่งประเภทของน้ำหมักชีวภาพตามชนิดของจุลินทรีย์ที่พบออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มพวกเชื้อราที่มีเส้นใย (filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวย่อยสลายสามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเห็ด ผลิตปุ๋ยหมัก ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (photosynthetic microorganisms) ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน กรดอะมิโน น้ำตาล วิตามิน ฮอร์โมน และสารอื่นๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มจุลินทรีย์ใช้ในการหมัก (zytogenic or fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดทั้งพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่าง ๆ ได้

กลุ่มที่ 4 กลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย และพวกแบคทีเรีย ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน กรดอินทรีย์ กรดไขมัน แป้ง ฮอร์โมน วิตามิน ฯลฯ

กลุ่มที่ 5 กลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อรา และแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสน นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีและแข็งแรง

ในการศึกษาของชวนพิศ และคณะ (2547) เรื่อง คุณภาพน้ำหมักชีวภาพและองค์ประกอบซึ่งมีการทำน้ำหมักชีวภาพจากเศษวัสดุ 3 ชนิด คือ หัวปลานิล พุงและเกล็ดปลานิล และเศษผักผลไม้หลายชนิด เปรียบเทียบกับการหมักด้วยการเติมหัวเชื้อสับปะรด และหัวเชื้อจากแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Lactobacillus plantarum* และ *L. casei* โดยพบว่า องค์ประกอบต่าง ๆ ระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 30 45 60 และ 90 วัน มีความแปรปรวน คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของน้ำหมักส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีค่า pH และค่า EC ที่สูงขึ้น คุณสมบัติทางเคมีนั้นพบว่า ธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) และธาตุอาหารรองของพืช (Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn และ Cu) น้อยมาก องค์ประกอบของกรดลดลง องค์ประกอบทางชีวเคมี เช่น มีน้ำตาลหลายชนิดปริมาณลดลงจนถึงระดับคงที่ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้จุดสิ้นสุดกระบวนการหมัก และสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น

การใช้น้ำหมักชีวภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปัจจุบันมีการนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะช่วยย่อยเศษอาหารที่ตกค้าง และมูลขับถ่ายของสัตว์น้ำที่ก้นบ่อให้หมดไป ทำให้น้ำไม่

เสียเร็วเกินไป ไม่ต้องถ่ายน้ำบ่อย ๆ สัตว์น้ำมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงดี ผิวน้ำสะอาด ไม่มีโคลนตม เนื้อมีรสชาติดี บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้ น้ำหมักชีวภาพเป็นประจำจะมีเลนปริมาณน้อย และไม่มีกลิ่นเหม็นจนไม่จำเป็นต้องลอกเลนกันบ่อย เป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และคณะ, 2544) ในการศึกษาของ รุ่งฤดี และคณะ (2549) ในเรื่อง การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ระดับความหนาแน่นต่าง ๆ โดยใช้ น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และพืชสมุนไพร พบว่า การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมโดยมีการใช้ น้ำหมักชีวภาพจากพืชสมุนไพรมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงปลาดุกโดยไม่ใช้ น้ำหมักชีวภาพ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังมีการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงกุ้ง เช่นการศึกษาของ เพ็ชร (2550) เรื่อง การลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งมีการใช้ น้ำหมักชีวภาพ 2 ชนิด คือ น้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม และน้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับความหนาแน่น 70 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า น้ำหมักชีวภาพแบบปรับปรุงคุณภาพและน้ำหมักชีวภาพแบบเกษตรกรรม มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้มีการศึกษาเรื่องผลของการใช้ น้ำหมักชีวภาพในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่า การใช้ น้ำหมักชีวภาพที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิลิตรต่อตารางเมตร มีอัตราการตายสูงที่สุดเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เริ่มมีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบหมุนเวียน ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยการผ่านระบบกรองน้ำหมุนเวียน (สุรังษี, 2548) การเลี้ยงปลากะรังในระบบน้ำหมุนเวียน (ขงยุทธ และคณะ, 2546) ปริมาณแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน (กมลวรรณ, 2548) นอกจากนี้มีการทดลองการเลี้ยงปลาดุกกรัสเซียในน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติก 200 ลิตร พบว่า มีอัตราการตายสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ (ประพัฒน์, มปป.) การใช้ฝักมาช่วยบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลา เริ่มมีการนำมาใช้โดยการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ เช่น การศึกษาของ Andreas and Ranka (2009) เรื่อง ระบบ Aquaponic : การใช้แร่ธาตุจากน้ำเลี้ยงจากการเลี้ยงปลาผลิตผัก การศึกษาของ Damon et al. (1998) เรื่อง พลวัตของแร่ธาตุในการเลี้ยงปลาพร้อมกับระบบไฮโดรโปนิคส์แบบบูรณาการ แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลาในปัจจุบันเราสามารถนำของเสียจากการเลี้ยงปลามาประยุกต์ใช้ในการปลูกผักชนิดต่าง ๆ ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บ่อเลี้ยงปลาดุก
บ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร จำนวน 9 บ่อ
2. สัตว์ทดลอง
ปลาดุกลูกผสมขนาดความยาวเฉลี่ย 2-3 นิ้ว
3. ระบบไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 6 ชุด
4. เมล็ดพันธุ์ผัก บ้างจิ้น
5. ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0)
6. น้ำที่ใช้ทดลอง
น้ำจืดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน เปิดเครื่องให้อากาศทิ้งไว้ 3 วัน
7. อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูป
8. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
9. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์แร่ธาตุ N P
10. Spectrophotometer
11. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2, 4 ตำแหน่ง
12. อุปกรณ์เลี้ยงปลา

วิธีการ

การศึกษาการเลี้ยงปลาอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่1 การเลี้ยงปลาอุกผสมในระบบปิด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ทุกๆ 15 วัน

ชุดการทดลองที่2 การเลี้ยงปลาอุกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ

ชุดการทดลองที่3 การเลี้ยงปลาอุกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต

วิธีการทดลอง

การเตรียมบ่อเลี้ยงปลาอุกผสม

ใช้บ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร มีทางน้ำเข้า – ออก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อนำน้ำเข้าสู่ระบบไฮโดรโปนิคส์ เติมน้ำเข้าบ่อให้มีความสูง 30 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลา หลังจากนั้นเติมน้ำหมักชีวภาพก่อนปล่อยปลาอุกลงเลี้ยง และทำการเปิดระบบน้ำหมุนเวียนจากบ่อเลี้ยงผ่านไปยังระบบไฮโดรโปนิคส์ ให้ระบบน้ำหมุนเวียนไปจนกว่า ปริมาณไนโตรเจนในน้ำจะลดลงอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถเลี้ยงปลาอุกได้ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 7-15 วัน

การเตรียมปลาอุกผสมทดลอง

ใช้ปลาอุกผสมความยาวเฉลี่ย 8 – 10 เซนติเมตร โดยปล่อยปลาอุกผสมในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ

การเตรียมระบบไฮโดรโปนิกส์

ติดตั้งโครงสร้างของระบบไฮโดรโปนิกส์เชื่อมต่อเข้ากับระบบการเลี้ยงปลาตู้ลูกผสม โดยมีเครื่องสูบน้ำ สูบน้ำจากระบบการเลี้ยงปลาเข้าระบบไฮโดรโปนิกส์ตลอดเวลา และมีทางน้ำออกจากระบบไฮโดรโปนิกส์เข้าบ่อเลี้ยงปลา การสูบน้ำจะเป็นในลักษณะของระบบหมุนเวียน โดยเริ่มตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมผักบุ้งในการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

นำเมล็ดผักบุ้งมาแช่น้ำประมาณ 15 นาที เพื่อคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ จากนั้นนำเมล็ดที่คัดเลือกไว้มาเพาะในถาดเพาะเมล็ด ทำการรดน้ำให้ชุ่ม รอจนผักออกรากจึงนำต้นกล้ามาปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยให้รากแช่อยู่ในน้ำ มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักบุ้งมีอายุ 20 วัน แล้วทำการปลูกผักใหม่ต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

นำเศษปลาหรือเปลือกปูหรือเปลือกกุ้งที่หาได้ในท้องถิ่น 1 ส่วน ต่อ กากน้ำตาล 1 ส่วน (สำนักงานเกษตรอำเภอสังขาว, 2554)

การให้อาหารปลาตู้ลูกผสม

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่เหมาะสมกับอายุของปลา และให้เกินพอดี โดยให้อาหารวันละ 2 มื้อ เวลา 08.00 น และ 18.00 น เป็นเวลา 90 วัน

การเติมฟอสฟอรัสในน้ำเลี้ยงปลา

เติมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปริมาณ 0.8 กรัม ต่อ น้ำ 1 ตัน ต่อ 7 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเติมน้ำหมักชีวภาพ

ใส่น้ำหมักชีวภาพ ในอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเลี้ยงปลา 1 ตัน (อภิชาติ, 2553) ใส่น้ำหมักชีวภาพทุก ๆ 7 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม

สุ่มปลาดุกลูกผสมจำนวน 10 ตัว นำปลามาชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาของการทดลอง}}$$

เก็บข้อมูลอัตราการรอดตาย

นับจำนวนปลาที่รอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

$$\text{อัตราการรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่รอด}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทดลอง}} \times 100$$

การเจริญเติบโตของผัก

เก็บเกี่ยวผลผลิตผักบ่มอายุ 20 วัน โดยนำผักมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล และเริ่มทำการปลูกผักใหม่จนกว่าจะสิ้นสุดการทดลองต่อเนื่องไปโดยตลอด

การคำนวณปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้าง

- คำนวณอาหารทั้งหมดที่ให้ (1)
- คำนวณปลาที่ผลิตได้ (2)
- คำนวณ % น้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ให้ (3)
- คำนวณ % น้ำหนักแห้งของปลา (4)
- คำนวณ % ไนโตรเจนของอาหารปลาที่ให้ (5)
- คำนวณ % ไนโตรเจนของปลาที่ผลิตได้ (6)
- คำนวณ % ฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ให้ (7)
- คำนวณ % ฟอสฟอรัสของปลาที่ผลิตได้ (8)
- คำนวณปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ให้ (9) = (1) x (3)
- คำนวณปริมาณน้ำหนักแห้งของปลา (10) = (2) x (4)
- คำนวณปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ตกค้างและของเสียจากปลา = (9) - (10)
- คำนวณปริมาณไนโตรเจนของอาหารปลาที่ให้ (11) = (9) x (5)
- คำนวณปริมาณไนโตรเจนของปลา (12) = (10) x (6)
- คำนวณปริมาณไนโตรเจนของอาหารปลาที่ตกค้างและของเสียจากปลา = (11) x (12)
- คำนวณปริมาณฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ให้ (13) = (9) x (7)
- คำนวณปริมาณฟอสฟอรัสของปลา (14) = (10) x (8)
- คำนวณปริมาณฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ตกค้างและของเสียจากปลา = (13) - (14)

ปริมาณแร่ธาตุในน้ำ

การเก็บข้อมูลปริมาณแร่ธาตุ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ในน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณทางน้ำเข้า และออกจากบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม จำนวน 3 ซ้ำ ทุกๆ 15 วันจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ N และ P ต่อไป จนสิ้นสุดการทดลอง ตามวิธีวิเคราะห์ของ APHA (1995)

คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรด - ด่าง ทุก 15 วัน เวลา 8.00 น.

ค่า แอมโมเนีย – ไนโตรเจน, ไนไตรท์ – ไนโตรเจน ทุกๆ 15 วัน จำนวน 3 ซ้ำ จนสิ้นสุดการทดลอง ตามวิธีวิเคราะห์ของ APHA (1995)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย จากการเลี้ยงปลาคุณลักษณะที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบผักบั้งไฮโดรโพรนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้าง ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในน้ำ จากการเลี้ยงปลาคุณลักษณะที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบผักบั้งไฮโดรโพรนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์ความแตกต่างของคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาคุณลักษณะที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบผักบั้งไฮโดรโพรนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ เริ่มการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมขนาดความยาวเฉลี่ย 8 – 10 เซนติเมตร น้ำหนักเริ่มต้น 5.72 กรัม โดยปล่อยปลาดุกลูกผสมในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ 1 ทำการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบปิด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ทุกๆ 15 วัน เท่ากับ 2.2 ± 0.37 กรัมต่อวัน ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาดุกลูกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 2.7 ± 0.64 กรัมต่อวัน และชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาดุกลูกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต มีค่าเท่ากับ 2.7 ± 0.35 กรัมต่อวัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) ในชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์

ชุดการทดลองที่	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ
1	2.2 ± 0.37^a
2	2.7 ± 0.64^a
3	2.7 ± 0.35^a
P-value	0.295

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) ที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ

อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสม

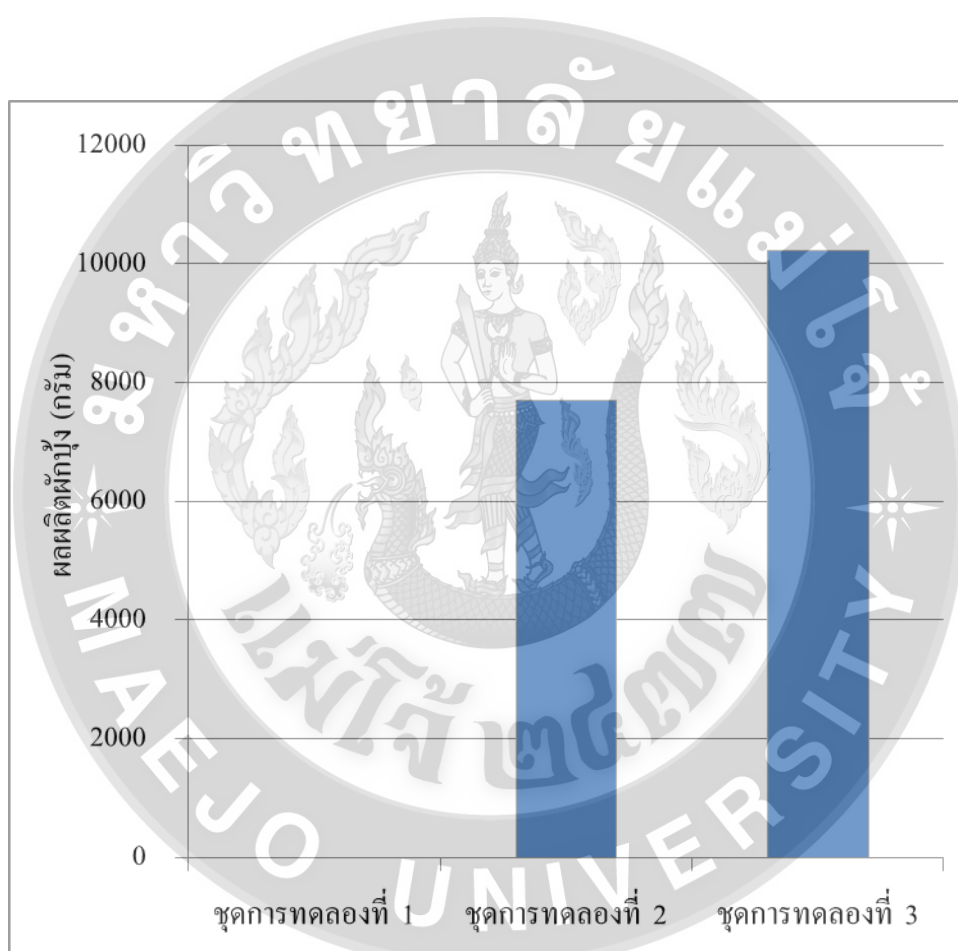
การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ พบว่า อัตราการรอดตายของปลาดุกลูกผสมในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีอัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 65.3 ± 15.04 , 55.5 ± 0.71 และ 68.0 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) ในชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ

ชุดการทดลองที่	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ
1	65.3 ± 15.04^a
2	55.5 ± 0.71^a
3	68.0 ± 7.07^a
P-value	0.301

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การเจริญเติบโตของผักบุ้งที่ปลูกในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์ และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ พบว่า ตลอดการทดลองได้ผลผลิต น้ำหนักของผักบุ้งดังนี้ ชุดการทดลองที่ 2 ได้ผลผลิตผักบุ้งทั้งหมด 7,695 กรัม และชุดการทดลองที่ 3 ได้ผลผลิตผักบุ้งทั้งหมด 10,220 กรัม แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่ 3 ที่เลี้ยงปลาคูกลุผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต ให้ผลผลิตผักบุ้งสูงที่สุด



ภาพที่ 2 ผลผลิตผักบุ้ง (กรัม) บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพ

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยขุยมะพร้าวปอสเฟตในน้ำ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด มีปริมาณเท่ากับ 350 ± 183.4 กิโลกรัม รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 325 ± 62.7 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนตกค้างต่ำที่สุดเท่ากับ 283 ± 0.00 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 34.7 ± 9.73 กรัม รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 33.3 ± 1.22 กรัม และชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างน้อยที่สุด เท่ากับ 22.1 ± 0.00 กรัม และมีปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ตกค้างและของเสียจากปลาในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีปริมาณ 6 ± 0.3 , 7 ± 1.7 และ 4 ± 0.3 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ชุดการทดลองที่	ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม			
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	8730 ± 283.3	8033 ± 1258.3		21.3 ± 0.75
2	11000 ± 707.1	6100 ± 3111.3	90.02	22.2 ± 2.36
3	8317 ± 1753.8	6100 ± 0		22.4 ± 1.02
	(5)	(6)	(7)	(8)
1		4.9 ± 0.51		0.3 ± 0.04
2	4.96	6.6 ± 0.92	0.5	0.4 ± 0.04
3		7.2 ± 0.19		0.5 ± 0.06
	(9)	(10)	(11)	(12)
1	8 ± 0.3	2 ± 0.2	39 ± 1.3	8 ± 1.4
2	9 ± 2.1	1 ± 0.5	42 ± 10.6	8 ± 2.4
3	7 ± 1.6	1 ± 0.3	39 ± 7.8	10 ± 0.0

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (ต่อ)

ชุดการทดลองที่	ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม		
	(13)	(14)	(15)
1	39.3±1.28	6.0±1.34	325±62.7
2	43.5±10.72	3.0±2.85	350±183.4
3	37.43±7.89	3.6±0.00	283±0.00
	(16)		(17)
1	33.3±1.22		6±0.3
2	34.7±9.73		7±1.7
3	22.1±0.00		4±0.3

- หมายเหตุ (1) = อาหารทั้งหมดที่ให้ (กรัม), (2) = ปลาดุกที่ผลิตได้ (กรัม)
 (3) = เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ให้ (4) = เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งของปลาดุก
 (5) = เปอร์เซนต์ไนโตรเจนของอาหารปลาที่ให้
 (6) = เปอร์เซนต์ไนโตรเจนของปลาดุกที่ผลิตได้
 (7) = เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ให้
 (8) = เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของปลาดุกที่ผลิตได้
 (9) = ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ให้ (กิโลกรัม)
 (10) = ปริมาณน้ำหนักแห้งของปลาดุก (กิโลกรัม)
 (11) = ปริมาณไนโตรเจนของอาหารปลาที่ให้ (กิโลกรัม)
 (12) = ปริมาณไนโตรเจนของปลาดุก (กิโลกรัม)
 (13) = ปริมาณฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ให้ (กรัม)
 (14) = ปริมาณฟอสฟอรัสของปลาดุก (กรัม)
 (15) = ปริมาณไนโตรเจนของอาหารปลาที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (กิโลกรัม)
 (16) = ปริมาณฟอสฟอรัสของอาหารปลาที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (กรัม)
 (17) = ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารปลาที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (กิโลกรัม)

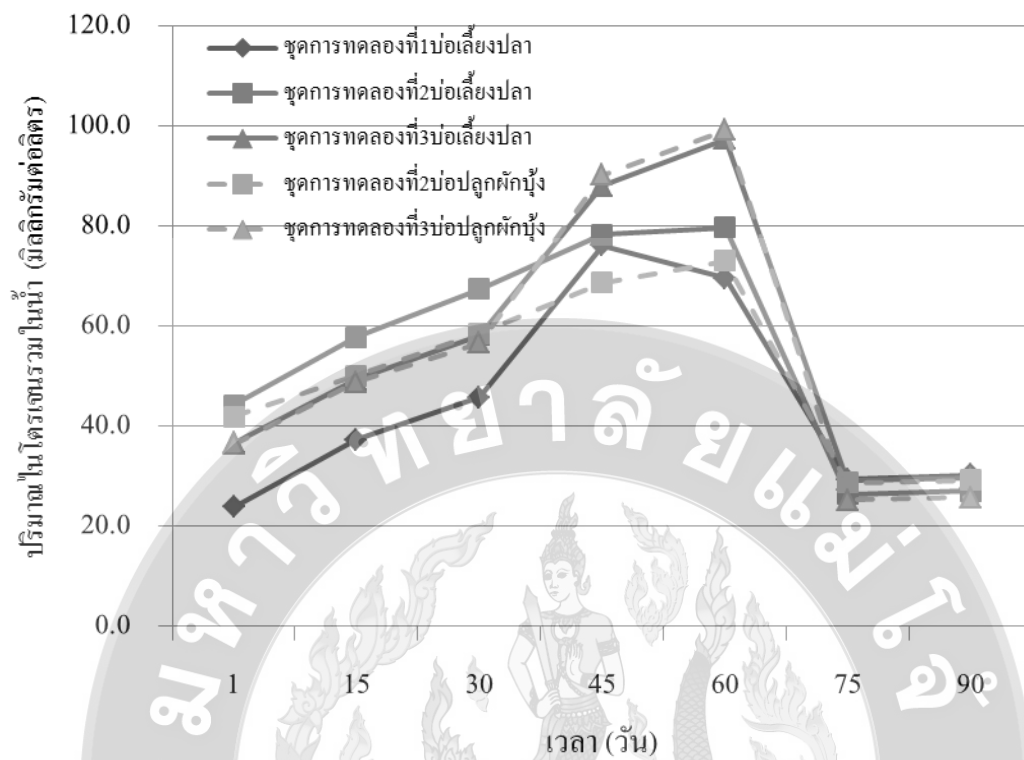
ปริมาณแร่ธาตุในน้ำเลี้ยงปลาคุณผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุงไฮโดรโปนิกส์

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาคุณผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุงไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงปลาสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 30.2 ± 1.46 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ ในบ่อเลี้ยงปลาคุณผสมในชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 29.6 ± 2.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดการทดลองที่ 2 บ่อปลูกผักบุงมีปริมาณเท่ากับ 29.3 ± 4.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อเลี้ยงปลาคุณผสมมีปริมาณเท่ากับ 27.0 ± 4.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ 3 ของบ่อปลูกผักบุง มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำปริมาณต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 25.8 ± 3.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4 ภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาคุณผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุงไฮโดรโปนิกส์

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้ใน การเลี้ยงปลาคุณลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน					P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3		
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยง	บ่อปลูกผัก	บ่อเลี้ยง	บ่อปลูกผัก	
1	23.8±6.98 ^a	44.1±6.75 ^b	41.9±6.5 ^b	36.6±0.40 ^b	36.3±1.7 ^b	0.07
15	37.3±3.42 ^a	57.8±10.31 ^c	50.1±6.4 ^c	49.4±7.56 ^{ab}	48.9±3.3 ^{ab}	0.034
30	45.7±4.73 ^a	67.4±1.65 ^c	58.5±4.1 ^b	58.2±1.56 ^b	56.7±1.1 ^b	0.000
45	76.1±7.15 ^a	78.3±7.63 ^a	68.6±9.0 ^a	88.0±9.76 ^a	90.3±21.9 ^a	0.525
60	69.9±6.60 ^a	79.7±13.51 ^a	73.1±1.7 ^a	97.3±1.75 ^b	99.2±13.5 ^{ab}	0.016
75	29.3±2.40 ^a	26.4±4.42 ^a	28.7±4.5 ^a	29.1±2.72 ^a	25.2±3.1 ^a	0.680
90	30.2±1.46 ^a	27.0±4.30 ^a	29.3±4.1 ^a	29.6±2.56 ^a	25.8±3.1 ^a	0.583

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



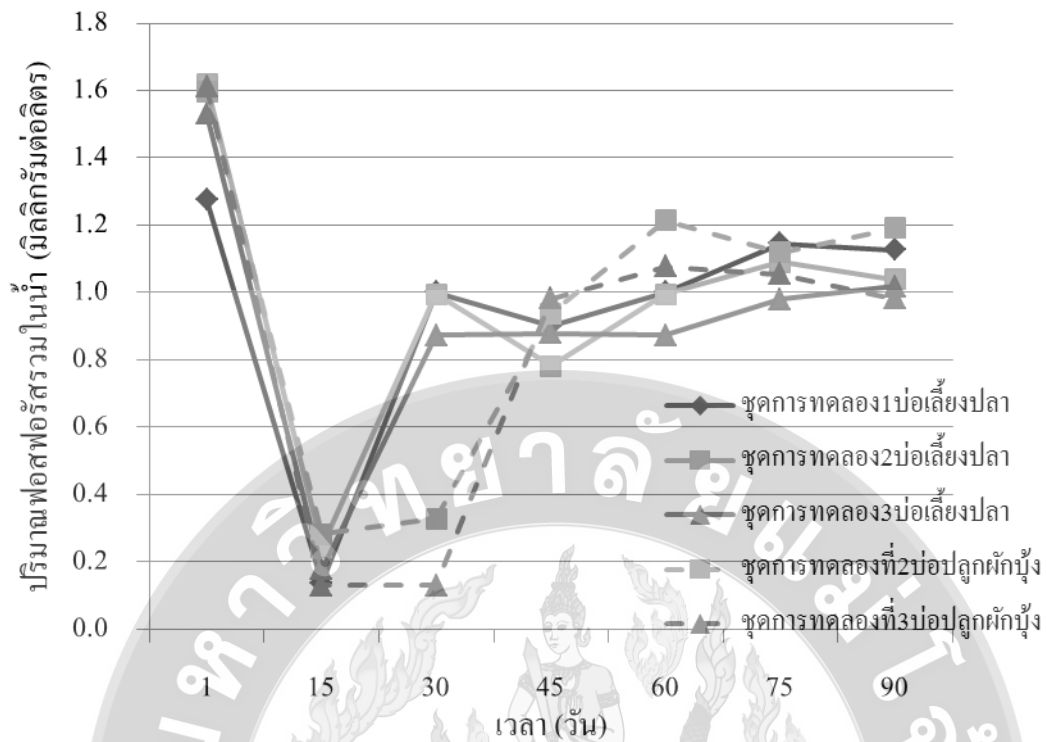
ภาพที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาคูกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนบำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโครโพนิคส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 90 วัน ในชุดการทดลองที่ 2 บ่อปลูกผักบั้งมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 1.2 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเลี้ยงปลา เท่ากับ 1.1 ± 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 1.0 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 3 ของบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีค่าเท่ากับ 1.0 ± 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และปลูกผักบั้ง มีปริมาณเท่ากับ 1.0 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5 ภาพที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำตลอดการทดลองในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโครโพนิคส์

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในระบบน้ำหมุนเวียน					P - value
	ชุดการ ทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2			ชุดการทดลองที่ 3	
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยง	บ่อปลูกผัก	บ่อเลี้ยง	บ่อปลูกผัก	
1	1.3 ± 0.29^a	1.6 ± 0.09^a	1.6 ± 0.17^a	1.5 ± 0.11^a	1.6 ± 0.11^a	0.151
15	0.1 ± 0.04^a	0.2 ± 0.13^a	0.3 ± 0.15^a	0.2 ± 0.08^a	0.1 ± 0.03^a	0.287
30	1.0 ± 0.19^a	1.0 ± 0.16^a	0.3 ± 0.13^a	0.9 ± 0.03^a	0.1 ± 1.16^a	0.194
45	0.9 ± 0.08^a	0.8 ± 0.17^a	0.9 ± 0.03^a	0.9 ± 0.07^a	1.0 ± 0.09^a	0.195
60	1.0 ± 0.19^a	1.0 ± 0.16^a	1.2 ± 0.15^a	0.9 ± 0.03^a	1.1 ± 0.02^a	0.085
75	1.1 ± 0.20^a	1.1 ± 0.16^a	1.1 ± 0.04^a	1.0 ± 0.06^a	1.1 ± 0.02^a	0.511
90	1.1 ± 0.20^a	1.0 ± 0.14^a	1.2 ± 0.03^a	1.0 ± 0.10^a	1.0 ± 0.02^a	0.485

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียนบำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์

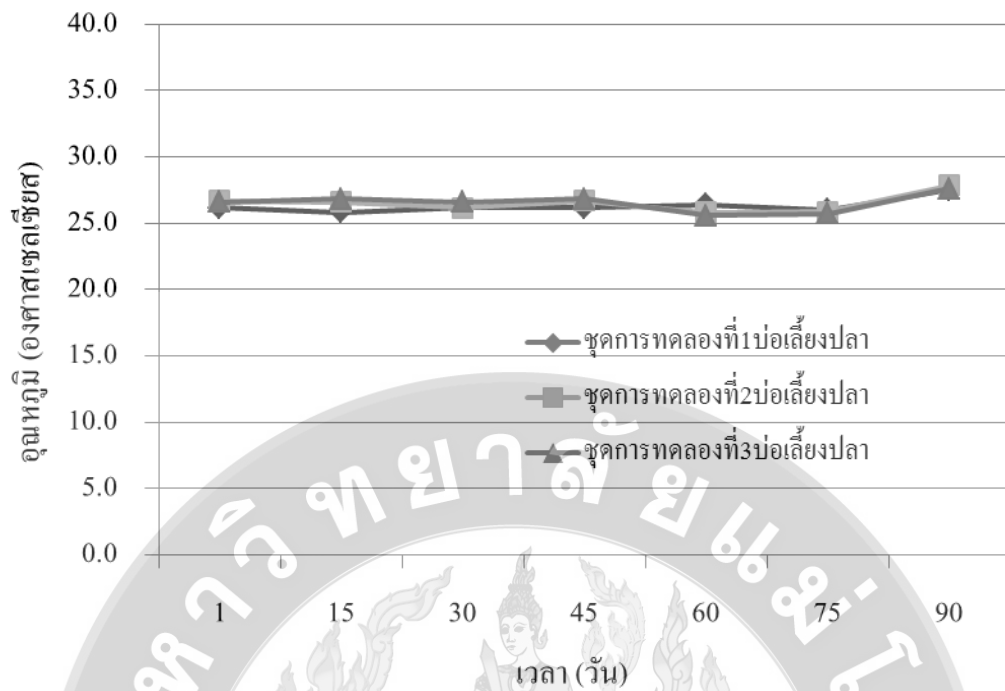
คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาคุณลักษณะในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้ง
ไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยมีการเสริมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ พบว่า

อุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงปลาคุณลักษณะในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้ง
ไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพ ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีอุณหภูมิตลอดการทดลอง อยู่ในช่วง 25.6–
27.9 องศาเซลเซียส ในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองดังนี้
26.3±0.5, 26.5±0.7 และ 26.5±0.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 5) การเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ ควรมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิในรอบวันไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง
ของอุณหภูมิน้ำอย่างรวดเร็ว จะทำให้สัตว์น้ำไม่กินอาหาร อุณหภูมิของน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิ
ของอากาศ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 25 – 32 องศา
เซลเซียส (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

ตารางที่ 6 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเลี้ยงปลาคุณลักษณะในระบบน้ำหมุนเวียนที่
บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์

อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเลี้ยงปลาคุณลักษณะใน				
ระยะเวลา (วัน)	ระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วย			P-value
	ผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์			
	ชุดการทดลองที่1	ชุดการทดลองที่2	ชุดการทดลองที่3	
1	26.2±0.3 ^a	26.7±0.1 ^b	26.6±0.0 ^b	0.022
15	25.8±0.4 ^a	26.6±0.1 ^b	26.8±0.2 ^b	0.011
30	26.1±0.2 ^a	26.2±0.4 ^a	26.6±0.1 ^a	0.082
45	26.1±0.3 ^a	26.7±0.1 ^b	26.8±0.2 ^b	0.024
60	26.4±0.1 ^a	25.8±0.0 ^b	25.6±0.1 ^c	0.000
75	26.0±0.1 ^a	25.9±0.1 ^b	25.7±0.1 ^c	0.005
90	27.5±0.0 ^a	27.9±0.2 ^b	27.6±0.1 ^{ab}	0.030
ค่าเฉลี่ย	26.3±0.5 ^a	26.5±0.7 ^a	26.5±0.7 ^a	0.742

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



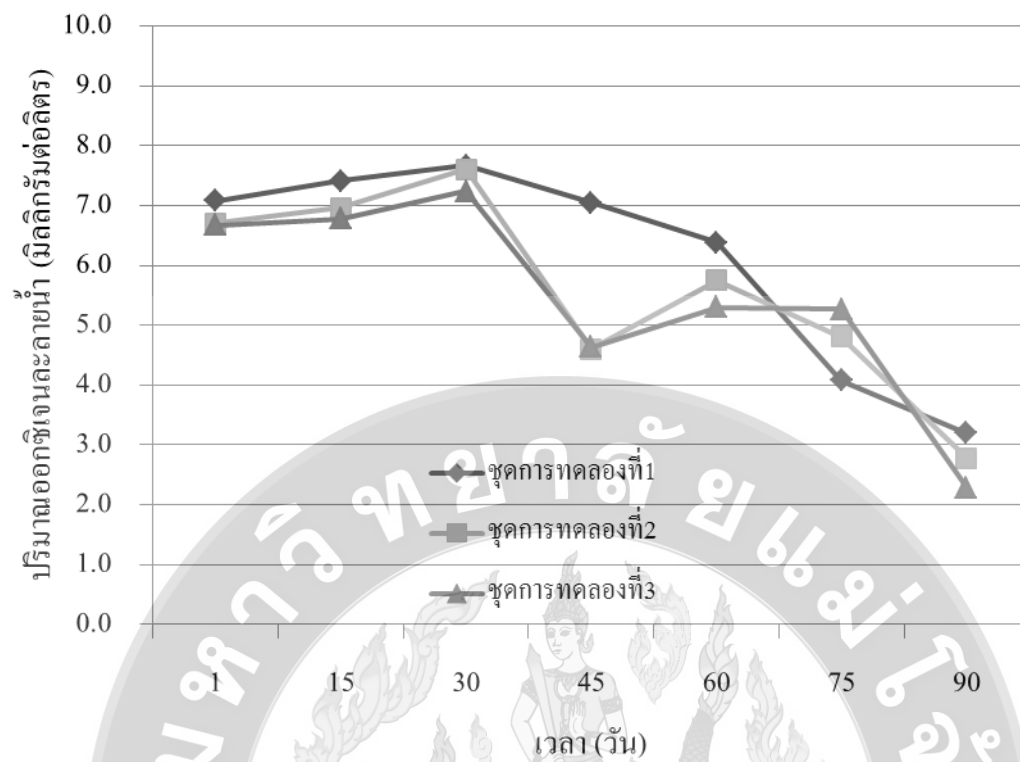
ภาพที่ 5 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเลี้ยงปลาคุกกุผสมในระบบน้ำหมุนเวียน

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในการเลี้ยงปลาคุกกุผสมในระบบน้ำหมุนเวียน พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 3.2–6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 2.8–7.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 2.3–7.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยในการเลี้ยงปลาคุกกุผสมในทุกชุดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ 6.1 ± 1.76 , 5.6 ± 1.67 และ 5.5 ± 1.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 6) ตลอดการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นในวันที่ 45 ของการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเท่ากับ 7.0 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 4.6 ± 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 4.6 ± 0.51 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 7 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาคุกกุผสมในระบบน้ำหมุนเวียน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยง ปลาคุกกุผสมในระบบน้ำหมุนเวียน			P-value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	7.1 ± 0.20^a	6.7 ± 0.29^a	6.7 ± 0.13^a	0.111
15	7.4 ± 0.25^a	7.0 ± 0.48^a	6.8 ± 0.08^a	0.112
30	7.7 ± 0.31^a	7.6 ± 0.49^a	7.2 ± 0.17^a	0.335
45	7.0 ± 0.98^a	4.6 ± 1.05^b	4.6 ± 0.51^b	0.023
60	6.4 ± 1.08^a	5.7 ± 1.20^a	5.3 ± 0.57^a	0.448
75	4.1 ± 1.00^a	4.8 ± 0.72^a	5.3 ± 0.50^a	0.240
90	3.2 ± 0.18^a	2.8 ± 0.69^a	2.3 ± 0.65^a	0.213
ค่าเฉลี่ย	6.1 ± 1.76^a	5.6 ± 1.67^a	5.5 ± 1.69^a	0.743

หมายเหตุ อักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



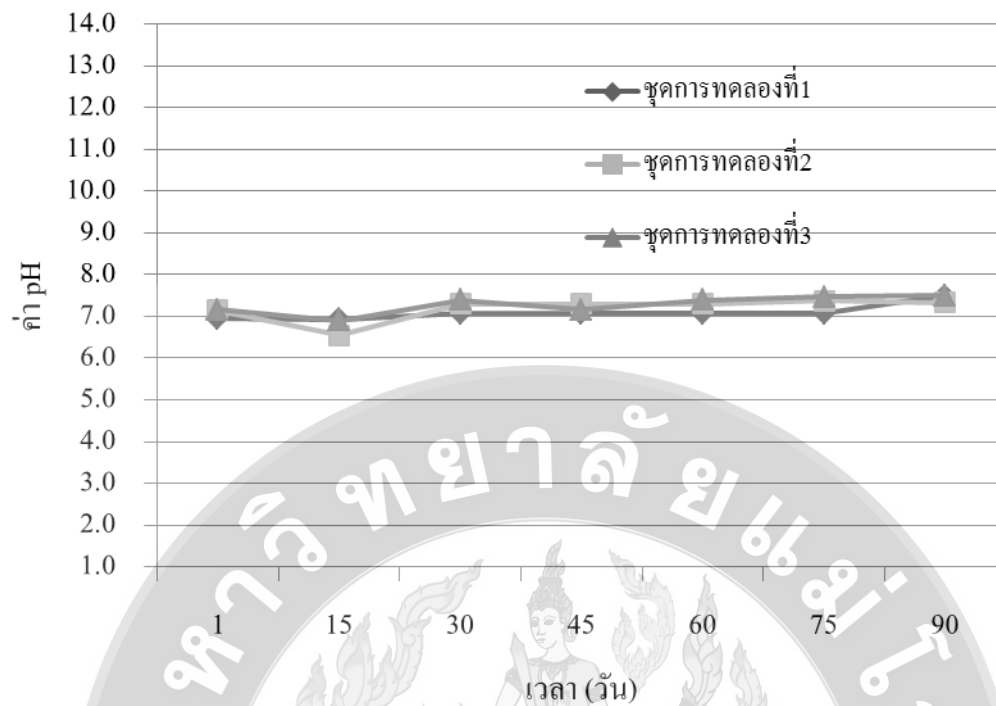
ภาพที่ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในการเลี้ยงปลาคูกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน

ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 6.9 – 7.5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1 ± 0.19 ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 7.4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 ± 0.29 และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 6.9 - 7.5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 ± 0.22 (ตารางที่ 8 และภาพที่ 7) ความเป็นกรด – เป็นด่างของน้ำในการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 9 (มันสิน และไพพรรณ, 2544)

ตารางที่ 8 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์

ระยะเวลา (วัน)	ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำ หมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่1	ชุดการทดลองที่2	ชุดการทดลองที่3	
1	6.9 ± 0.03^a	7.1 ± 0.01^b	7.2 ± 0.04^b	0.000
15	6.9 ± 0.06^a	6.5 ± 0.63^a	6.9 ± 0.15^a	0.428
30	7.1 ± 0.03^a	7.3 ± 0.08^b	7.4 ± 0.09^b	0.004
45	7.1 ± 0.07^a	7.3 ± 0.09^b	7.2 ± 0.06^{ab}	0.027
60	7.1 ± 0.03^a	7.3 ± 0.08^b	7.4 ± 0.09^b	0.004
75	7.1 ± 0.12^a	7.4 ± 0.08^b	7.5 ± 0.11^b	0.006
90	7.5 ± 0.22^a	7.3 ± 0.13^a	7.5 ± 0.14^a	0.444
ค่าเฉลี่ย	7.1 ± 0.19^a	7.2 ± 0.29^a	7.3 ± 0.22^a	0.329

หมายเหตุ อักษร a,b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



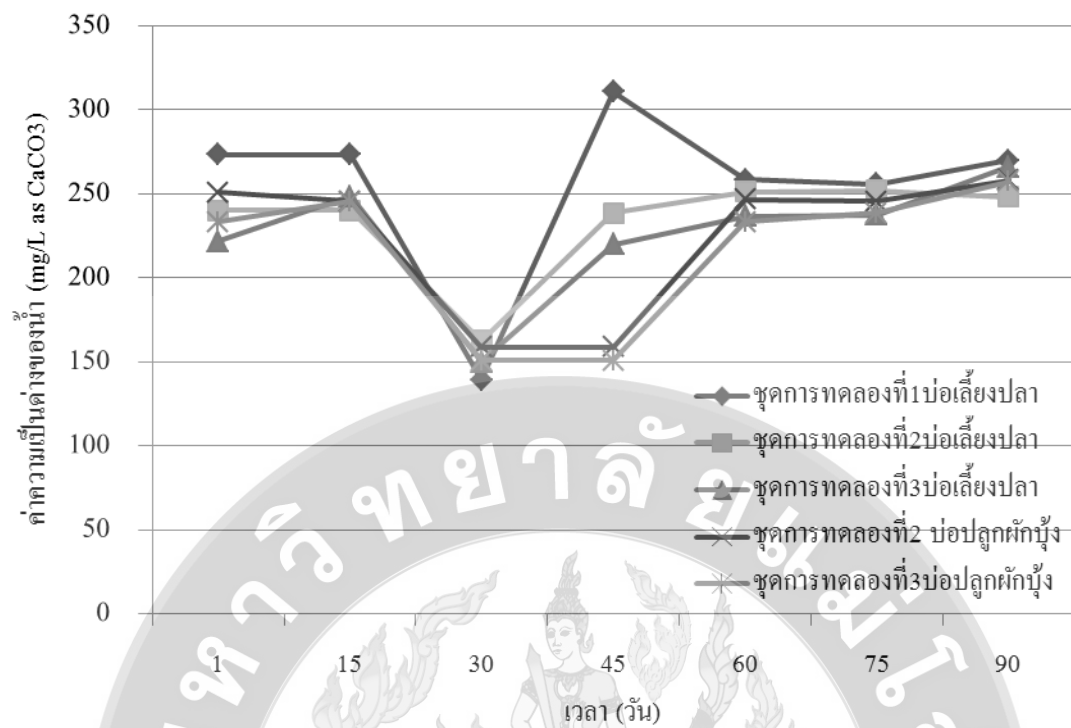
ภาพที่ 7 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์

ความเป็นต่างของน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ความเป็นต่างของน้ำตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 254 ± 53.8 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ชุดการทดลองที่ 2 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 233 ± 31.6 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ในบ่อปลูกผักนึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 223 ± 44.4 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต และชุดการทดลองที่ 3 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 226 ± 36.9 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ในบ่อปลูกผักนึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 216 ± 45.1 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (ตารางที่ 9 และภาพที่ 8)

ตารางที่ 9 ความเป็นต่างของน้ำในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์

ระยะ เวลา (วัน)	ความเป็นต่างของน้ำ (mg/L as CaCO ₃) ในการเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในระบบ น้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์					P-value
	ชุดการ ทดลองที่1	ชุดการทดลองที่2		ชุดการทดลองที่3		
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักนึ่ง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักนึ่ง	
1	273±11.7 ^a	240±41.3 ^a	251±60.9 ^a	222±72.6 ^a	233±7.6 ^a	0.721
15	273±11.7 ^a	240±41.3 ^a	245±20.5 ^a	249±29.0 ^a	245±22.5 ^a	0.601
30	139±22.5 ^a	163±22.1 ^a	159±18.0 ^a	150±69.7 ^a	151±65.9 ^a	0.971
45	311±30.6 ^a	239±45.7 ^{ab}	159±18.0 ^b	220±74.9 ^{ab}	151±65.9 ^b	0.020
60	259±18.0 ^a	251±24.2 ^a	247±25.8 ^a	237±29.1 ^a	233±29.3 ^a	0.739
75	256±19.1 ^a	252±23.6 ^a	245±22.7 ^a	237±29.0 ^a	239±26.0 ^a	0.847
90	270±6.0 ^c	248±4.0 ^a	258±7.2 ^{ab}	266±4.0 ^{bc}	257±4.6 ^{ab}	0.004
ค่าเฉลี่ย	254±53.8 ^a	233±31.6 ^a	223±44.4 ^a	226±36.9 ^a	216±45.1 ^a	0.518

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



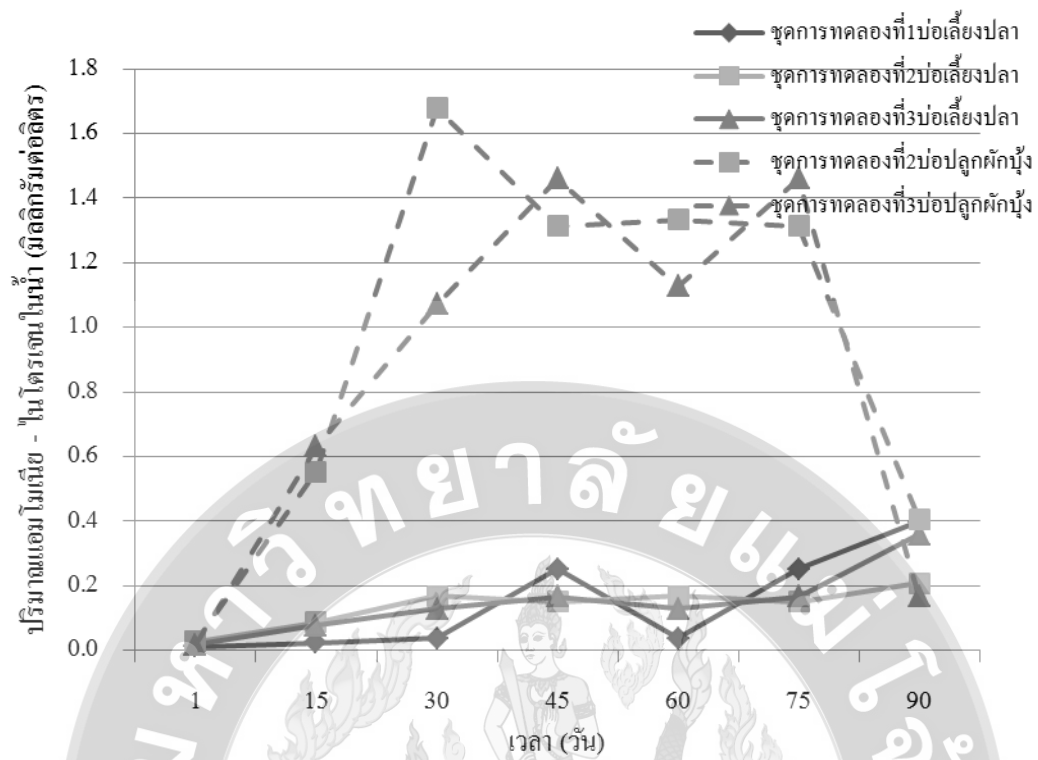
ภาพที่ 8 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L as CaCO_3) ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์

ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในน้ำตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อปลูกผักบั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9 ± 0.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 3 ในบ่อเลี้ยงปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อปลูกผักบั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 ± 0.59 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 10 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์

ระยะ	ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยง ปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิกส์					
เวลา (วัน)	ชุดการ ทดลองที่1	ชุดการทดลองที่2		ชุดการทดลองที่3		P-value
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักบั้ง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักบั้ง	
1	0.0±0.00 ^a	0.0±0.01 ^a	0.0±0.01 ^a	0.0±0.00 ^a	0.0±0.00 ^a	0.204
15	0.0±0.02 ^a	0.1±0.01 ^a	0.6±0.32 ^b	0.1±0.03 ^a	0.6±0.17 ^b	0.002
30	0.0±0.02 ^a	0.2±0.01 ^a	1.7±0.02 ^b	0.1±0.02 ^a	1.1±0.22 ^c	0.000
45	0.3±0.18 ^a	0.1±0.03 ^a	1.3±0.37 ^b	0.2±0.02 ^a	1.5±0.19 ^b	0.000
60	0.0±0.02 ^a	0.2±0.01 ^a	1.3±0.02 ^b	0.1±0.02 ^a	1.1±0.22 ^c	0.000
75	0.3±0.18 ^a	0.3±0.03 ^a	1.3±0.37 ^b	0.2±0.02 ^a	1.5±0.19 ^b	0.000
90	0.4±0.19 ^a	0.4±0.06 ^a	0.4±0.10 ^a	0.4±0.07 ^a	0.2±0.23 ^a	0.448
ค่าเฉลี่ย	0.1±0.15 ^a	0.1±0.06 ^a	0.9±0.61 ^b	0.1±0.11 ^a	0.8±0.59 ^b	0.000

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



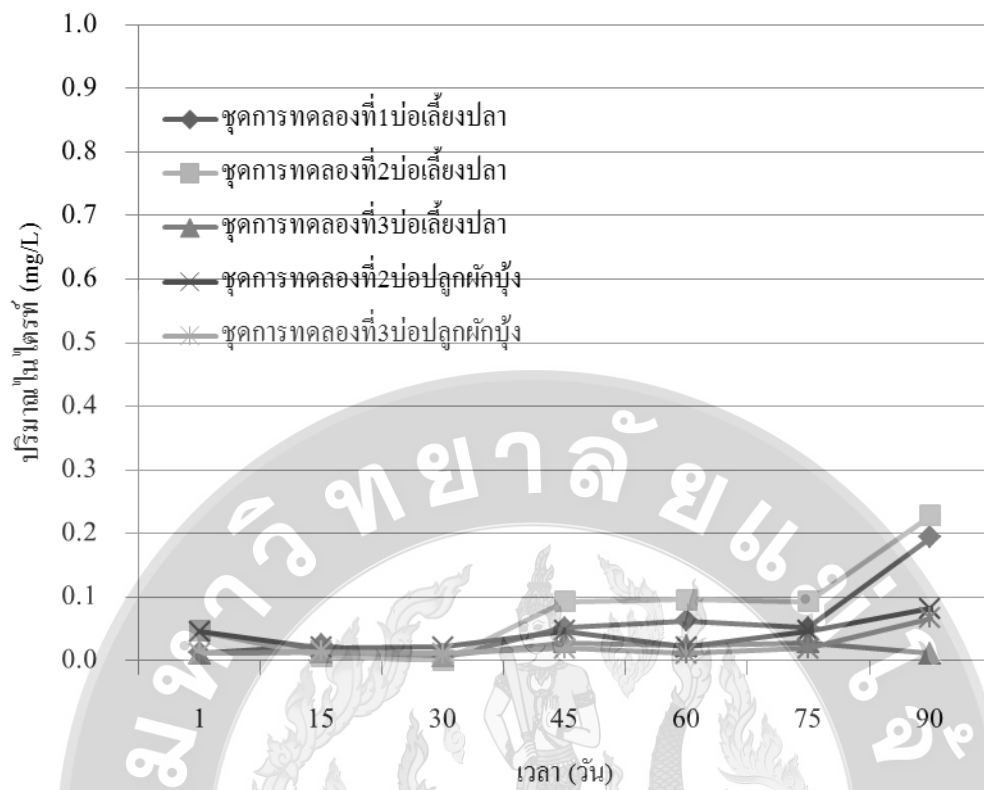
ภาพที่ 9 ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาปลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิคส์

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำจากการเลี้ยงปลาอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์และน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในน้ำตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 ในบ่อเลี้ยงปลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 ในบ่อเลี้ยงปลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อปลูกผักบึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 3 ในบ่อเลี้ยงปลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อปลูกผักบึงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 10)

ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำจากการเลี้ยงปลาอุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์

ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโปนิกส์						
ระยะ						P-value
เวลา (วัน)	ชุดการทดลองที่1	ชุดการทดลองที่2		ชุดการทดลองที่3		
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักบึง	บ่อเลี้ยง	บ่อผักบึง	
1	0.0±0.01 ^a	0.0±0.01 ^b	0.0±0.05 ^b	0.0±0.00 ^a	0.0±0.01 ^a	0.002
15	0.0±0.02 ^a	0.0±0.01 ^a	0.0±0.02 ^a	0.0±0.00 ^a	0.0±0.01 ^a	0.531
30	0.0±0.01 ^a	0.0±0.00 ^a	0.0±0.02 ^a	0.0±0.01 ^a	0.0±0.01 ^a	0.717
45	0.1±0.02 ^a	0.1±0.02 ^a	0.0±0.05 ^a	0.0±0.03 ^a	0.0±0.02 ^a	0.073
60	0.1±0.02 ^{bc}	0.1±0.07 ^c	0.1±0.02 ^{ab}	0.2±0.02 ^{ab}	0.0±0.01 ^a	0.006
75	0.1±0.02 ^a	0.1±0.02 ^a	0.0±0.05 ^a	0.0±0.03 ^a	0.0±0.02 ^a	0.073
90	0.2±0.08 ^a	0.2±0.19 ^a	0.1±0.08 ^a	0.0±0.01 ^a	0.1±0.07 ^a	0.203
ค่าเฉลี่ย	0.1±0.06 ^b	0.1±0.08 ^b	0.0±0.02 ^{ab}	0.0±0.01 ^a	0.0±0.02 ^{ab}	0.036

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 10 ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาและปลูกผักบุ้งในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบุ้งไฮโดรโปนิกส์

สรุปผลการวิจัย

จากผลของการทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบั้งไฮโดรโปนิคส์และน้ำหมักชีวภาพโดยการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตในน้ำ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองซึ่งประกอบด้วย ชุดการทดลองที่ 1 จะเป็นการเลี้ยงปลาดุกผสมในระบบปิด ที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ 15 วัน ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 จะเป็นการเลี้ยงปลาดุกผสมที่ถูกบำบัดน้ำโดยผ่านระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพเหมือนกัน แต่จะมีเพียงชุดการทดลองที่ 3 เพียงชุดการทดลองเดียวที่จะมีการเสริมปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟตเข้าไป ซึ่งทั้ง 3 ชุดการทดลอง จะใช้ปลาดุกลูกผสมที่มีความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 8-10 เซนติเมตร ปล่อยลงในบ่อพลาสติกกลมที่มีความจุของน้ำ 300 ลิตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 3 จะมีการติดตั้งโครงสร้างของระบบไฮโดรโปนิคส์ด้วยบ่อพลาสติกกลมที่มีความจุของน้ำ 300 ลิตร และทำการเชื่อมต่อเข้าระบบการเลี้ยงปลาดุกผสม โดยมีเครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำจากระบบเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบไฮโดรโปนิคส์ตลอดเวลา การทดลองในครั้งนี้จะใช้เวลา 90 วัน สรุปว่า

ผลของการใช้ระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และ ระบบการปลูกผักบั้งไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต นั้นไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาดุกผสม ($p>0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกผสมในชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.7 ± 0.64 และ 2.7 ± 0.35 กรัมต่อวัน แต่อัตราการรอดตายของปลาดุกผสมและผลผลิตของผักบั้ง จะมีเพียงชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองเดียวที่มีค่าสูงสุด เท่ากับ 68.0 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ และ 10,220 กรัม ต่อการเลี้ยงปลาดุกผสม 1 รุ่น หรือในระยะเวลา 90 วัน

ปริมาณทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างในการเลี้ยงปลาดุกผสมในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 350 ± 183.4 กิโลกรัม และ 34.7 ± 9.73 กรัม ลำดับ

ผลของการใช้ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และ ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต นั้นไม่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุในน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสมและภายในบ่อผักนึ่ง ($p>0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสมในชุดการทดลองที่1 จะมีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.2 ± 1.46 และ 1.1 ± 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ในชุดการทดลองที่2 กลับมีค่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำภายในบ่อผักนึ่ง มีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.3 ± 4.1 และ 1.2 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลของการใช้ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ และ ระบบการปลูกผักนึ่งไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต นั้นไม่มีผลต่อปริมาณอุณหภูมิของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสม ปริมาณออกซิเจนน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสม ความเป็นกรด – ด่างของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสม ความเป็นต่างของน้ำทั้งภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสมและภายในบ่อผักนึ่ง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสม และ ปริมาณไนไตรท์ภายในบ่อผักนึ่ง ($p>0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในบ่อผักนึ่ง และปริมาณไนไตรท์ภายในบ่อเลี้ยงปลาอุกอุกผสม ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2543. จาก <http://www.doae.go.th/Library/html/detail/bcatfish/index.htm> [2 สิงหาคม 2553]
- กมลวรรณ ศุภวิญญู. 2548. ปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กรมประมง. 2549. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2547. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ฐติษฐ์ ชนะสิทธิ์, สมหมาย เชี่ยววาริสัจจะ และอุดม พินันไพบูลย์. 2550. การเลี้ยงหอยเป่าอี้อระยะวัยรุ่นโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน. บทความย่อสัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.
- ธนสรณ์ รักคนตรี. 2549. การศึกษาระบบการปลูกผักบึงน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลา สลิดเปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงศ์เชษฐ พิชิตกุล. ม.ป.ป.. การวิเคราะห์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- มันสิน ต้นทุลเทศน์ และไพพรรณ์ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ยุทธนา สว่างอารมณ์, กมลวรรณ ศุภวิญญู และณิชาพล แก้วขำ. 2553. ผลของการเลี้ยงปลาดุก ผูกผสมร่วมกับปลานิลในสวนปาล์มน้ำมัน. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์, เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรม เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ. 79 น.
- ขงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, นิคม ละอองศิริวงศ์ และภาสกร ถมพลกรัง. 2554. การพัฒนาการเลี้ยงปลากระชังด้วยระบบน้ำหมุนเวียน และบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ. สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา.
- วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- วิรัตน์ เอื้อสกุล. 2536. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบึงจีน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วิเศษ อัครวิทยากุล. 2536. **ปลาดุกบิกอูย**. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิทย์ ชารชานุกิจ, เวียง เชื้อโพธิ์หัก, ประวิทย์ สุรนิรนาถ และ อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2525. **การเพาะเลี้ยงปลาดุกอูย**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีรพงศ์ ศรีผ่องงาม. 2528. **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักบ่งจันในดินชุดกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุทิน สมบูรณ์ ณรงค์เดช เปียวสะ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัยและวิจิต เสงี่ยมชัย. 2548. **อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกผสมด้วยอาหารสดจากไส้ไก่ผสมซีโครไก่**. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุรังสี ทัพพะรังสี. 2548. **การอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบกรองน้ำหมุนเวียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2533. **สรีรวิทยาดัดหน้า**. ภาควิชาชีววิทยา, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 185 น.
- สมภพ จิตะวสันต์. 2537. **หลักการผลิตผัก**. สำนักพิมพ์ริ้วเขียว. กรุงเทพฯ
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2533. **การเจริญพัฒนาของไข่ปลาดุกและปัญหาพ่อแม่พันธุ์**. เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุม A/C. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 9 น.
- Andreas G. and R. Junge. 2009. Aquaponic Systems : Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination** 246 : 147 – 156.
- APHA, AWWA and WEF. 1995. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. United Book Press, Maryland.
- Boyd C. E. 1985. Chemical budgets for channel catfish ponds. **Transaction of American Fishery Society** 114 : 291 – 298.
- Domon E. S., R. R. Stickney and R. B. Walker. 1997. Nutrient dynamics in integrated aquaculture–hydroponics systems. **Aquaculture** 60 : 215 – 237.
- Hu M. H., Y. S. Ao, X. E. Yang and T. Q. Li., 2008. Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (*Ipomoea aquatic Forsskal*) in a deep flow technique system. **Agricultural Water Management** 95 : 607 – 615.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Jaap v. R. 1996. The potential for integrated biological treatment system in recirculation fish culture – A review. **Aquaculture** 139 : 181 – 201.







ภาพผนวกที่ 1 การวางผังบ่อเลี้ยงปลาคูกลูกผสมกับบ่อน้ำบำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 2 การแช่เมล็ดผักกาดหอม เพื่อเตรียมปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 3 วิธีการเตรียมเมล็ดผักบุ้งที่เริ่มออกราก มาหุ้มด้วยฟองน้ำเพื่อลงปลูก



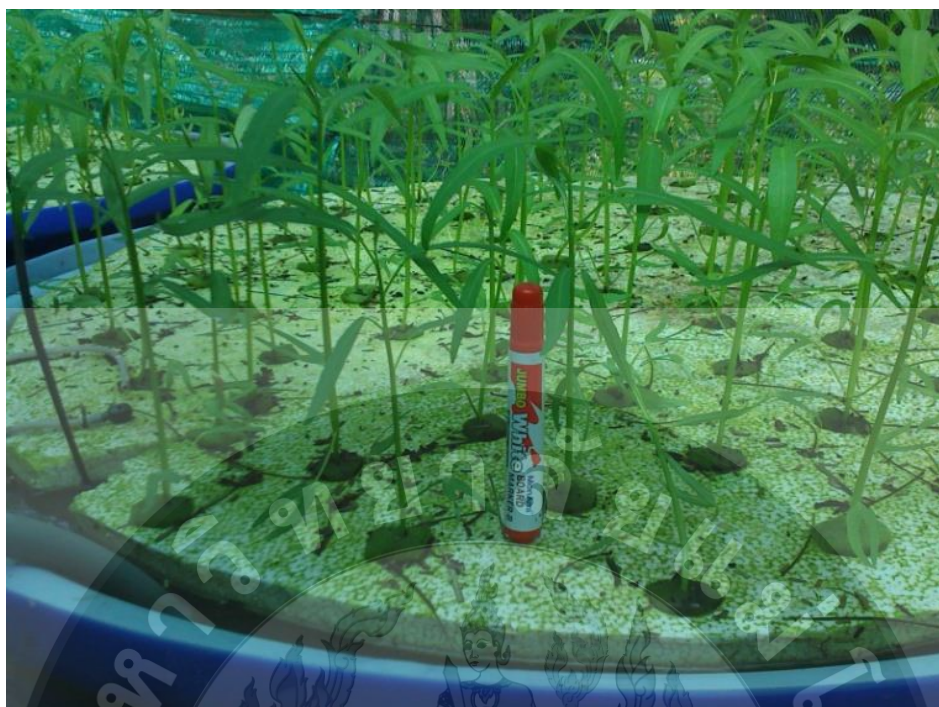
ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการอนุบาลผักกาดหอม ก่อนการลงปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 5 การซังวัดน้ำให้นักฝึกบั้งหลังการเก็บเกี่ยว และการเตรียมเมล็ดผักบั้งเพื่อปลูกรอบที่ 2



ภาพผนวกที่ 6 รูปแบบลักษณะการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 7 เปรียบเทียบขนาดต้นผักบุ้งที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะลำต้นผักบุ้งหลังการเก็บเกี่ยว



ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะต้นผักกาดหอมที่ไม่เข้ากอ เมื่อปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 10 การสร้างหลังคา และกางมุ้ง เนื่องจากมีหนอนมากัดกินผัก



ภาพผนวกที่ 11 หนอนที่พบในระหว่างการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์



ภาพผนวกที่ 12 จำนวนหนอนที่พบในการปลูกผัก



ภาพผนวกที่ 13 ขนาดปลาคูกลูกผสม เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงด้วยระบบฟักไฮโดรโพนิคส์



ภาพผนวกที่ 14 การทำความสะอาดบริเวณทดลอง