



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิกเพื่อเป็นอาชีพทางเลือก

คณะผู้วิจัย สังกัด

ผศ.ดร. สุภาวดี โกยคุลย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
นางสาวพกามาศ ศรีจรีธา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

กุมภาพันธ์ 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	4-5
บทนำ	6
วัตถุประสงค์ของโครงการ	9
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	9
ระเบียบวิธีวิจัย	16
ผลการวิจัย	23
สรุปผลการวิจัย	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	56

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ระบบบอควาโปนิค 3 รูปแบบ	12
2 ผักแพรว และ พรหมมิ	16
3 ระบบบอควาโปนิคแบบ Floating Raft และ Flood and drain	17
4 ระบบบอควาโปนิค แบบ Nutrient Film Technique	18
5 ระบบบอควาโปนิคที่ทดลองในบ่อปูฟิอิ	21
6 สภาพของบ่อที่ใช้ในการทดลอง	23
7 การวัดพื้นที่บ่อและการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ	23
8 การดิววนเพื่อย้ายปลาที่มีในบ่อ	24
9 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	25
10 น้ำหนักของปลานิลด้านที่เลี้ยงในระบบบอควาโปนิคต่างกันสามระบบนาน 8 สัปดาห์	26
11 พืชที่ใช้ในการทดลอง	28
12 การติดตั้งระบบบอควาโปนิค 3 รูปแบบ ที่ใช้ในการทดลองเมื่อเริ่มทำการทดลอง	28
13 ผลผลิตของผักที่ได้จากการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้งสามรูปแบบ	30
14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักพืชจริง/การคำนวณ และค่าบีโอดี	32
15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	33
16 ปริมาณแอมโมเนียของการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	34
17 ปริมาณไนไตรท์ของการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	34
18 ปริมาณไนเตรทของการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	35
19 ปริมาณของแข็งจากการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	35
20 ปริมาณบีโอดีจากการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	36
21 ปริมาณออร์โทฟอสเฟตจากการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ	37
22 การจัดการน้ำในระบบเก่าและระบบใหม่	42
23 ผลผลิตปลาและระบบที่ทำการทดลอง	45
24 ปล่อยลูกปลาและการเตรียมแพปลูกผัก	49
25 แพปลูกผักระบบ floating raft	50
26 ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยง	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งภา	24
2	น้ำหนักของปลานิลด้านที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคต่างกันสามระบบนาน 8 สัปดาห์	26
3	สรุปการเจริญเติบโตของปลานิลด้านที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคทั้งสามระบบ	27
4	การเจริญเติบโตของผักที่ปลูก (น้ำหนักเฉลี่ย/ต้น)ในระบบอควาโปนิคทั้งสามระบบ	29
5	ต้นทุนคงที่ ผันแปร และรายได้	31
6	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักพืชกับบีโอดี	32
7	คุณภาพน้ำสูงสุด-ต่ำสุดตลอดการทดลอง	38
9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 2	38
10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 4	39
11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 6	40
12	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 8	40
12	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 8	39
13	การเจริญเติบโตของปลาอุกที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิค	43
14	คุณภาพน้ำสูงสุด-ต่ำสุดตลอดการทดลอง	44
15	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยก่อนและหลังผ่านถังปลูกพืชน้ำ	46
16	การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิค	47
17	คุณภาพน้ำของบ่อดินที่มูลนิธิ	48

บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลาแบบบอวาโปนิคเพื่ออาชีพทางเลือก เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบอวาโปนิคที่เหมาะสมกับพื้นที่ของชุมชน โดยแบ่งการทดลองเป็นสองการทดลอง คือ 1) การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) ระบบ Nutrient Film Technique (NFT) โดยปลูกผักในระบบ คือ ผักกาดขาว ผักคะน้าและผักกวางตุ้ง ปล่อยูกลูกปลานิลขนาด 1.9 กรัม/ตัว อัตราปล่อย 200 ตัว/ถัง 500 ลิตร เลี้ยงนาน 2 เดือน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลและผักที่ปลูกทั้งสามระบบไม่ให้ผลที่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.5$) แต่ NFT ให้อัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักดีที่สุด ตามด้วย FD และ FR ตามลำดับ ข้อมูลน้ำหนักปลาไม่มีความสัมพันธ์แบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำต่างๆ ยกเว้นน้ำหนักพืชมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าบีโอดีของน้ำ ดังสมการ $Y = 274.337 + 14.214 \times \text{BOD}$ (Y = น้ำหนักพืชรวมที่ได้) เมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ไปหา ความสัมพันธ์กันพบว่าปริมาณของแอมโมเนียมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ ส่วนไนเตรทมีความสัมพันธ์กับค่าบีโอดี แต่ค่าแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแอมโมเนีย

เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการตัดสินใจเลือกระบบบอวาโปนิคที่เหมาะสมกับชุมชนที่บ้าน โดยเลือกศึกษาระบบบอวาโปนิคแบบ FD ทดลองเลี้ยงปลาอุกผสม 200 ตัว ในบ่อพีอีขนาด 8 ตารางเมตร ร่วมกับการปลูกพืชสมุนไพรแบบ FD ให้ผลการเจริญเติบโตดี ส่วนบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งกาเลี้ยงปลานิลร่วมกับระบบบอวาโปนิครูปแบบ FR พบว่าปลาอุกสามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่มีปัญหาเรื่องโรคหรือคุณภาพน้ำ ปลา มีอัตราการรอดต่ำ ประมาณ 70% เนื่องจากมีตัวเงินตัวทองลงไป

ผักสวนครัวที่ปลูก กระเพรา ผักแพว สะระแหน่ เตยหอม สามารถเจริญเติบโตได้ดี น้ำที่ผ่านบริเวณปลูกพืชพบว่าจะมีปริมาณของแอมโมเนียลดลงสูงสุดถึง 18.2 % เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนจะพบว่ามีกำไร 105.87 บาท/เดือน ลดระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ลดลงประมาณ 110 นาที/เดือน ประหยัดทรัพยากรน้ำไป 3.2 ตัน/ครั้ง หรือ 6.4 ตัน/เดือน

ส่วนบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งกาปล่อยปลานิลร่วมกับการปลูกผักลอยน้ำ รูปแบบ FR พืชเป็นผักเป็ด และพรมมิ สูง ผักที่ใช้ปลูกเป็นระบบแพลอยน้ำ ปลูกในวัสดุปลูก (ขี้เถ้าแกลบผสมกับแกลบดิบ) อัตราส่วน 1:1 ผักที่ปลูก พรมมิ ผักเป็ดค้าง และ วอเตอร์เครส ได้ปลูกผักบ่งชี้เงินเสริมลงเป็นลักษณะลอยน้ำที่ไม่ใส่วัสดุปลูก ไม่มีการให้อาหารตลอดเวลาการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของลูกปลานิลมีน้ำหนักเพิ่ม 3.16 กรัม/วัน เนื่องจากปล่อยในอัตราการปล่อยต่ำ ประมาณ 5 ตัว/ตารางเมตร น้ำหนักสุดท้ายของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นาน 4 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 389.15 กรัม ปลาอาจจะมีอัตราการรอดต่ำ ประมาณ 68.5% เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนจะพบว่ามีกำไร 311.54 บาท/เดือน สามารถใช้การเลี้ยงปลาแบบนี้ได้ และเป็นการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำให้เพิ่มมากขึ้น และไม่เพิ่มของเสียลงสู่แหล่งน้ำ

Abstract

Fish Culture with aquaponic system as alternative job was run. The purpose of this study to investigate the suitable aquaponic system for Tabnam community. Two different experiments were examined: 1) compare the efficiency of Floating Raft (FR), Flood and Drain (FD) and Nutrient Film Technique (NFT) each of experimental units were grown 2 types of Chinese cabbage and Chinese Broccoli as aquaponic area. Tilapia, 1.9 gram each was cultured with stocking density 500 fish per 500 litter tank. The result shown that there are no statistic significantly in fish weight, weight gain, survival rate as well as no sign of correlation between water quality parameter and fish weight. Plant production has positive correlation with BOD as formular: $Y = 274.337 + 14.214 \times \text{BOD}$ (Y = Plant Production in gram). To analyses correlation coefficient between water quality parameters, it resulted that total solid had significant positive correlation with ammonia and nitrite. But nitrate had significant impact on BOD.

2) To experiment on growth out pond suitable system for Tabnam district was selected. In 8 m² PE lining pond was run flood and drain aquaponic (ZFD) system which plant herb like Thai basil, Vietnamese Coriander, Kitchen mint and Pandanus Palm. Two hundredths hybrid catfish, initial size 13.6 gram were cultured for 3 months. The average final weight is 224.5 gram/fish, weight gain with 2.34 gram/day. The survival rate of fish is 70 percentages due to nuisance of water monitor. Water quality like dissolved oxygen were in suitable range for growth and water when passing through FD area, it can reduced 18.2% of total solid. When we analyze profit, it gains 105.87 Baht/day. The farmer saving time around 110 minutes and saving at least water for water exchange in typical way.

Tilapia 10.2 gram as initial weight each with stocking 5 fish/ m² were added in 492 m² earthen pond at Princess-Pa-foundation with floating raft system. In aquaponic plant area were planted herbs like Bacopamonneri, Alternanthera bettzi and water morning glory in growing media. No aeration was conducted during 4 months of the experiment. It resulted that fish weight gain 3.16 gram/day and reach the final weight 389.15 gram/fish. The survival rate of this experiment about 68.5%. When we look at cost and profit data, it found that we can reach profit around 311.54 Baht/month. It showed that the aquaponic system was increased the utilization of water reservoir and not conduct waste in water body.

บทที่ 1 บทนำ

ตำบลทับน้ำอำเภอบางปะหันจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ดินที่ใช้ทำประโยชน์ทั้งหมด 5,011 ไร่ เมื่อมองข้อมูลการใช้พื้นที่ทางการเกษตรของตำบลทับน้ำปี 2549 พบว่า ประชากรในตำบลทับน้ำ มีพื้นที่ทำการเกษตร ประมาณ 4,945 ไร่ เกษตรกรโดยส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาเป็นหลัก มีพื้นที่ในการปลูกประมาณ 3,692.5 ไร่ โดยจะปลูกข้าวทำนาปีละ 2 ครั้ง โดยจะผลิตเพื่อจำหน่ายในรูปข้าวเปลือก พันธุ์ข้าวที่ปลูกได้แก่ พันธุ์ปิ่นแก้ว 56 ข้าวพันธุ์ขาวชัยนาท และข้าวพันธุ์พลายงาม เป็นต้น มีอาชีพรองลงมาคือ การปลูกมันเทศ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูก 1,120 ไร่ ซึ่งสามารถผลิตได้ปีละ 1 ครั้ง ราคาของผลผลิตที่จำหน่าย เช่น ราคาข้าวหรือราคามันเทศ จะแปรผันตามราคาท้องตลาด ขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลผลิตและพ่อค้าคนกลาง เช่น ลักษณะของมันเทศที่ตลาดต้องการ คือ ตรง ไม่คดงอ ไม่มีร่องที่ผิว ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลผลิตและราคาซื้อขายตามท้องตลาด

นอกจากนี้ประชาชนยังมีการทำเกษตรแบบผสมผสานและเลี้ยงสัตว์ในครัวเรือน เช่น มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ จำนวน 27 ราย หรือ นับจำนวนโคเนื้อ 328 ตัว การเลี้ยงไก่ มีเกษตรกรที่เลี้ยงไก่ และไก่ไข่ จำนวน 41 ราย คิดเป็นจำนวนไก่ 1,571 ตัว ประชากรบางส่วนเป็นผู้เกษียณมาจากการประกอบอาชีพรับจ้าง ในโรงงานอุตสาหกรรม และผู้สูงอายุ

จากข้อมูลแผนยุทธศาสตร์ 2553-2557 ขององค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ รายงานว่าเกษตรกรที่ทำการประมงหรือเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ เลี้ยงปลาในกระชัง และการเลี้ยงในสระน้ำขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสระที่ขุดเพื่อใช้น้ำทางการเกษตรเป็นหลัก โดยไม่มีการให้อาหาร โดยเก็บผลผลิตจากปลาที่ได้เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง น้ำในสระแห้ง จำหน่ายผลผลิตในหมู่บ้านชุมชนของตนเอง ส่วนที่เหลือก็จะนำส่งขายที่ตลาดบางปะหันเจ้าพรหมอ่างทองหรือมีผู้มารับซื้อในพื้นที่ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงปลากินพืชโดยมีจำนวนเกษตรกร 26 ราย คิดเป็นพื้นที่ 106 ไร่ และมีการเลี้ยงปลากินเนื้อ จำนวน 3 ราย คิดเป็นพื้นที่ 4 ไร่

แต่จากที่มวิจัยลงไปพูดคุยกับสมาชิกและตัวแทนมูลนิธิเพื่อนพึ่งภาพว่าสมาชิกในชุมชนทับน้ำมีการเลี้ยงปลากินเนื้อ คือปลาดุกจำนวน 5 ราย จากเดิมจำนวน 15 ราย ด้วยการให้อาหารเม็ด ซึ่งเลี้ยงในบ่อปูฟิอิสีดำขนาดเล็ก ส่วนการเลี้ยงปลากินพืชเป็นระบบการเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Extensive culture) ปลูกปลาส่วนใหญ่ติดมากับน้ำหลาก มีบางส่วนอาจมีการปล่อยเสริมเมื่อได้รับแจกจากส่วนราชการเสริมมา ไม่มีการให้อาหาร จึงเห็นได้ว่า สระน้ำเหล่านี้มีการใช้ประโยชน์ไม่เต็มศักยภาพกำลังผลิตของบ่อ เกษตรกรหวังว่าผลผลิตปลาเป็นเพียงผลพลอยได้ ดังนั้นถ้าต้องการส่งเสริมการเลี้ยงปลา เพื่อเพิ่มผลผลิตปลาให้เต็มศักยภาพของแหล่งน้ำในบ่อ เพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ลดรายจ่าย สามารถนำมาใช้บริโภคในครัวเรือน

หลังจากการพูดคุยกับเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของมูลนิธิเพื่อนพึ่งภาพ พบว่าชุมชนมีบ่อเลี้ยงปลาที่แทบจะไม่มีกิจกรรมการเลี้ยงปลาเลย เพียงแต่เป็นที่กักขังปลาที่ได้รับมา จุดประสงค์เป็นแหล่งน้ำสำรองเพื่อใช้ในทางเกษตรเท่านั้น ดังนั้นทางศูนย์ต้องการที่จะเป็นแหล่งเรียนรู้แก่สมาชิก และมีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำให้ได้เต็มศักยภาพ ทางศูนย์ต้องการที่จะให้ทางทีมวิจัยเข้าไปจัดกิจกรรมที่สามารถส่งเสริมกระตุ้น

เพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำ และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ ซึ่งเริ่มแรกทางทีมวิจัยสนใจกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชัง (ข้อมูลของ อบต. ทับน้ำ) แต่จากการลงพื้นที่จริงพบว่าสมาชิกกลุ่มนี้ได้งดการเลี้ยงไปแล้ว ส่วนการเลี้ยงปลากินพืชในบ่อขนาดเล็กยังคงมีอยู่เป็นระบบการเลี้ยงแบบดั้งเดิมแทบจะไม่มีการให้อาหารและการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลย และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง ด้วยเหตุนี้สมาชิกในชุมชนทับน้ำให้ความสนใจในการเลี้ยงปลา มีน้อย เนื่องจากรายได้หลักของสมาชิกในชุมชนมาจากกิจกรรมการปลูกมันสำปะหลังและการทำนา

แต่ในชุมชนจะมีกลุ่มสมาชิกเพื่อนพ้องที่มีความมีการจัดตั้งกลุ่มขึ้นมาหลังจากน้ำท่วมใหญ่ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งการจัดตั้งกลุ่มเป็นไปตามโครงการฟื้นฟูผู้ประสบอุทกภัยตามแนวทางพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง มูลนิธิเพื่อนพึ่งภัยยามยาก สภาเกษตรกรไทย ที่มีการจัดตั้งในอ่างทอง จำนวน 6 ศูนย์ และในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาจำนวน 2 จุด ในอำเภอบางบาล 1 จุด ซึ่งได้รับความช่วยเหลือในการเลี้ยงปลาเป็นบ่ออัฐิ บล็อกเพื่อใช้เลี้ยงปลาคุก และที่ตำบลทับน้ำ ทั้งสองศูนย์จะได้รับความช่วยเหลือคล้ายๆกัน เน้นไปที่กิจกรรมเกษตรด้านต่างๆ โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อให้สมาชิกมีอาหารบริโภคในครัวเรือน ลดค่าใช้จ่าย สร้างความเข้มแข็งให้ชุมชน โดยที่ตำบลทับน้ำ ทางมูลนิธิจะมีพื้นที่ด้านข้างของโรงเรียนวัดฝั่งแควเป็นจุดสาธิตเชิงปฏิบัติการ เช่น การเลี้ยงหมูหลุม การเลี้ยงไก่ไข่ การเลี้ยงปลาคุกในบ่อพลาสติก การปลูกพืช อาหาร ตากอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสมาชิกของกลุ่มจะทำกิจกรรมทางการเกษตรคล้ายๆจุดสาธิตของมูลนิธิที่บ้านของตนเอง รวมทั้งการทำบัญชีรายรับรายจ่ายในครัวเรือน และมีการประชุมแลกเปลี่ยนกันเป็นประจำทุกเดือน กิจกรรมที่มีสมาชิกที่เข้าร่วมมากที่สุดคือ การเลี้ยงไก่ไข่ ซึ่งสมาชิกจะมีการรวมตัวนำผลผลิตไปจำหน่ายที่ตลาดนัดอำเภอบางปะหันและตลาดนัดที่ตลาดกลางจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่วนการเลี้ยงหมู ปลูกผัก และการเลี้ยงปลาคุกถูกผสมในบ่อดินที่ขุดเองขนาดประมาณ 8 ตารางเมตร (2 x 4 เมตร) มีการทำมากน้อยตามแต่สมาชิกจะสมัครใจและพื้นที่ที่อำนวย โครงการเลี้ยงปลาคุกในบ่อปูฟิโอมิด้วแทนเกษตรกรที่มีบ่อเลี้ยงปลาจำนวน 15 รายแต่พบว่าปัจจุบัน (ปีพ.ศ.2558) จำนวนสมาชิกที่มีการเลี้ยงปลาคุกได้ลดจำนวนลงไปเนื่องจากเกษตรกรอาจจะขาดทักษะในการเลี้ยงและให้อาหาร ส่งผลให้มีการให้อาหารเกินความจำเป็น โดยเฉพาะช่วงที่ปลาโตเต็มที่แล้ว ตัวโตกินอาหารเยอะแต่ไม่เพิ่มปริมาณน้ำหนักขึ้นมากแล้ว ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตปลา (ค่าอาหาร) แพง ทำให้ให้สมาชิกประมาณ 10 รายงดกิจกรรมการเลี้ยงปลาไปก่อน และมีสมาชิกที่ยังคงเหลือเลี้ยงอยู่ประมาณ 4-5 ราย ซึ่งเป็นการเลี้ยงลูกปลาคุกด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากการสอบถามเกษตรกรที่ยังคงเลี้ยงอยู่พบว่า เกษตรกรเหล่านี้มีบ่อไม่ขาดทุนและมีจุดประสงค์เป็นการผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนมากกว่าการจำหน่ายเกษตรกรจะผลิตมากินในครัวเรือนและจำหน่ายในเวลาเดียวกัน

เมื่อผู้วิจัยได้ไปพูดคุยกับสมาชิกกลุ่มบางราย โดยทางทีมเสนอให้โครงการเลี้ยงปลาคุกเหมือนเดิมแต่จะหาวิธีการลดต้นทุนด้วยการผลิตอาหารใช้เองลดต้นทุนแต่ทางตัวแทนสมาชิกแจ้งว่าไม่ต้องการเลี้ยงปลาคุกเพราะว่าหาตลาดยาก ต้องการเลี้ยงปลานิล เพราะว่าสามารถหาตลาดจำหน่ายได้ง่าย ส่งผลให้ทางทีมวิจัยต้องกำหนดให้ชนิดของปลานิลเป็นปลาที่ใช้ในการศึกษา

พื้นที่จะไปทดลองการศึกษเป็นบ่อดินของมูลนิธิเพื่อนพึ่งภัยและบ่อที่ปูฟิโอมิด้วของโรงเรียนวัดฝั่งแคว เนื่องจากทางโรงเรียนมีชมรมการเลี้ยงปลาคุก พื้นที่บ่อเลี้ยงติดกับพื้นที่มูลนิธิและสามารถจัดเป็นจุดสาธิต

เรียนรู้ได้ ส่วนการศึกษาในบ่อดินของมูลนิธิเนื่องจากพื้นที่มีบ่อน้ำเพียงบ่อเดียวไม่มีน้ำใหม่มาเปลี่ยน ดังนั้นระบบการเลี้ยงปลาควรเป็นระบบที่ไม่เพิ่มของเสียลงในแหล่งน้ำ ผู้วิจัยได้เสนอแนะระบบที่เป็นการเลี้ยงร่วมกับการปลูกพืชน้ำเพื่อบำบัดไปในตัว แต่ทางเกษตรกรต้องการเป็นพืชที่บริโภคได้ จึงตกลงกันที่ระบบการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิค เนื่องจากตอบโจทย์ความต้องการของชุมชนได้ เพราะเป็นระบบการเลี้ยงปลาแบบปิด ไม่ทิ้งของเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ ของเสียที่ได้จากการเลี้ยงปลาถูกนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของพืช น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาถูกนำกลับคืนสู่บ่อเลี้ยงปลา ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า ระบบนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการสร้างมลภาวะจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้การปลูกพืชในระบบนี้ยังลดการใช้ยาฆ่าแมลง และสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัดการใช้ทรัพยากรน้ำ

ระบบการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคเป็นระบบที่สามารถกำหนดระยะเวลาในการผลิตของแต่ละรอบการเลี้ยงได้ เช่น ปลานิล เกษตรกรสามารถเลือกขนาดของปลาที่จะจำหน่ายปล่อยได้ เพราะมีระบบการผลิตปลานิลขุนรองรับ (สำหรับปล่อยในกระชัง) ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตปลาขนาดเล็กนั้นคือการผลิตลูกปลาจากขนาดเซนติเมตรไปจนกระทั่งได้ขนาด 35 กรัม เพื่อจำหน่ายให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชัง ดังนั้นเกษตรกรสามารถผลิตได้มากกว่าหนึ่งรอบการเลี้ยงต่อปี นอกจากนี้สามารถเลือกระยะเวลาในการจำหน่ายได้เป็นปลาขนาด 500 กรัมขึ้นเพื่อใช้ในการบริโภค หรือสามารถจำหน่ายเป็นปลาขนาด 35 กรัมเพื่อไปเลี้ยงประชังต่อก็จำหน่ายเป็นกิดลกรัมปลามีชีวิตเช่นกัน การเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิค จึงนับเป็นอาชีพทางเลือกสำหรับเกษตรกรหรือประชาชนที่สนใจในตำบลทับน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติน้ำหลากเป็นประจำเมื่อใกล้ฤดูน้ำหลากเราจัดจำหน่ายปลาก่อนอุทกภัย และระบบนี้ยังเป็นระบบที่แทบจะไม่มีมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลย เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในสถานะปัจจุบันที่เกษตรกรประสบปัญหาภัยแล้ง

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบอควาโปนิค ซึ่งเป็นระบบการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชไร้ดิน โดยน้ำที่ผ่านการเลี้ยงปลาจะถูกหมุนเวียนนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร้ดิน เป็นการเลี้ยงปลาในระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิดอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค (ทั้งปลา และพืช) ประหยัดการใช้ทรัพยากรน้ำ สามารถนำพืชและปลาไปบริโภคในครัวเรือนลดค่าใช้จ่ายหรือจำหน่าย นอกจากนี้เกษตรกรที่สนใจสามารถใช้เป็นอาชีพทางเลือกที่สร้างรายได้อีกช่องทางหนึ่ง ระยะเวลาในการผลิตสอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำหลากเป็นประจำ ระบบการเลี้ยงแบบนี้สามารถกำหนดระยะเวลาในการเลี้ยงสามารถทำการเลี้ยงได้มากกว่า 1 ครั้ง ต่อปี

ระบบการเลี้ยงแบบอควาโปนิคมีหลายระบบ เช่น ระบบแพลอยน้ำ (Floating Raft, FR) ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and Drain, FD) และ ระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT) ดังนั้นในการศึกษารั้วนี้จึงทำการศึกษาระบบของอควาโปนิคร่วมกับการปลูกผักทั้งสามชนิด โดยผักที่เกษตรกรต้องการปลูกคือพริก กระเทียม กวางตุ้ง และผักกาด ที่สามารถจำหน่ายได้ง่าย จากนั้นคัดเลือกระบบที่เหมาะสมนำไป

ปฏิบัติในพื้นที่ตำบลทับน้ำ (บ่อดินและปูฟิอี) โดยจะทำการศึกษาทั้งข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของปลาและพืช ข้อมูลคุณภาพน้ำ ข้อมูลต้นทุน รายได้และกำไร

1. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) พัฒนาระบบอควาโปนิคให้สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่
- 2) ศึกษารายได้ ต้นทุน และกำไร จากการเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิค
- 3) การเผยแพร่ ส่งเสริม ระบบที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประชากรในตำบลทับน้ำอำเภอบางปะหันจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่วนใหญ่ทำอาชีพเกษตรกรรม โดยเน้นการทำนาเป็นหลักและปลูกมันเทศ เกษตรกรมีรายได้ไม่แน่นอน ความแปรผันขึ้นอยู่กับราคาข้าวในตลาด นอกจากนี้มีการทำเกษตรแบบผสมผสานและเลี้ยงสัตว์ในครัวเรือน ซึ่งประชากรบางส่วนเป็นผู้เกษียณมาจากการประกอบอาชีพรับจ้างในโรงงานอุตสาหกรรม และผู้สูงอายุ

พื้นที่โดยส่วนใหญ่ของตำบลทับน้ำมีการทำนาอย่างต่อเนื่อง ตลอดฤดูกาลผลิตทั้งนาปีและนาปีง อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการจัดการน้ำชุมชน ในช่วงปี 2554 เป็นต้นมา ชุมชนได้รับผลกระทบต่อน้ำท่วม เนื่องจากพื้นที่ชุมชนตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มติดริมแม่น้ำส่งผลกระทบให้ทำให้เกิดน้ำท่วมได้ง่าย (องค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ, มปป.) เกษตรมีอาชีพทางการเกษตรแต่จะเน้นหนักที่การปลูกมันสำปะหลังและการทำนา การเลี้ยงปลาส่วนมากจะมีบ่อขนาดเล็กในพื้นที่ของเกษตรกรเอง ลูกปลามักจะมาจากน้ำไหลหรือการปล่อยเสริมมักไม่ค่อยนิยมให้อาหารเสริม มีเพียงไม่กี่รายที่มีการเลี้ยงปลาเพื่อจำหน่าย

หลักการทำงานของอควาโปนิค

อควาโปนิค (Aquaponic) เป็นการเลี้ยงปลาผสมผสานกับการเพาะปลูกพืชผักแบบไม่ใช้ดิน โดยการเน้นการผสมผสานเกษตรอินทรีย์ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี หลักการสำคัญของอควาโปนิคคือ ของเสียจากระบบการเลี้ยงปลาถูกนำไปใช้เป็นแร่ธาตุในการผลิตของระบบชีวภาพอีกระบบหนึ่ง (ระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน) อันมีผลให้ไม่ทำให้เกิดของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

ระบบนี้จะเป็นการผสมผสานระหว่างการผลิตปลาและการผลิตพืชคือการหมุนเวียนน้ำเลี้ยงปลาโดยให้ไหลผ่านกระบวนการกรองทางชีวภาพ (biofiltration) ซึ่งจะเปลี่ยนของเสียที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งได้มาจากสิ่งขับถ่ายของปลาและเศษอาหารที่ปลาไม่กิน ปลากินและย่อยไม่ได้ แอมโมเนียเมื่อไหลผ่านตัวกรองชีวภาพแบบที่เรียกลู่ม nitrification จะเปลี่ยนแอมโมเนีย (พิษสูง) ไปเป็นไนเตรท (พิษต่ำกว่า) และน้ำที่มีไนเตรทไหลลงสู่พื้นที่ที่ปลูกพืชแบบไร้ดิน พืชจะทำหน้าที่ดึงไนเตรทที่มีในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต น้ำที่ผ่านการบำบัดจะถูกส่งคืนสู่พื้นที่เลี้ยงปลาหมุนเป็นระบบ ส่งผลให้ประหยัดการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพิ่มผลผลิตอาหารปลอดภัยและการเพิ่มมูลค่าผลผลิต

ระบบบอควาโปนิคผสมผสานเทคโนโลยีทางชีวภาพและการจัดการระบบการผลิต 2 ระบบเข้าด้วยกัน คือการเลี้ยงปลาและการปลูกพืชไร้ดิน ซึ่งมีลักษณะการผลิตที่แตกต่างกันสิ้นเชิง โดยมีแนวคิดระบบบอควาโปนิคพัฒนามาจากการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิคส์และการเปลี่ยนให้ของเสียในน้ำเลี้ยงปลาเป็นแร่ธาตุอาหารพืชโดยผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย (อุธร และคณะ, 2556) ของเสียที่ได้จากน้ำเลี้ยงปลา ถูกนำมาใช้เป็นธาตุอาหาร เพื่อใช้ในการปลูกพืชผักที่ปลอดสารพิษ ซึ่งกระบวนการทำงานของระบบคือ ปลาขับถ่ายของเสียออกมาจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย สะสมอยู่ใน (ปฐมพงษ์และคณะ, 2557) ดังนั้นการนำแอมโมเนียมาเปลี่ยนสถานะให้เกิดประโยชน์ โดยใช้กระบวนการทางธรรมชาติจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ หรือวัสดุ เพื่อให้แบคทีเรียเกาะ เปลี่ยนแอมโมเนีย ให้เป็นไนเตรท มีความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุ ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์แล้ว (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ,2555) วัสดุที่ใช้ปลูกพืชมีทำหน้าที่เสริมคือเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิงค์ แบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) ซึ่งจะเปลี่ยนสภาพแอมโมเนียที่มีในน้ำเป็นไนไตรท์ (Nitrite) และไนเตรท(Nitrate) ตามลำดับ โดยพืชสามารถดึงแอมโมเนียและไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลให้น้ำมีปริมาณแอมโมเนียลดลง ปลอดภัยต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ น้ำที่ผ่านการปลูกพืชแบบไร้ดินสามารถนำมาใช้เลี้ยงปลาได้อย่างปลอดภัย (สุภาวดี, 2557)

ปัจจัยคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อระบบบอควาโปนิค คือ

- 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลาและพืช ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 2) ความเป็นกรดด่างในน้ำที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 แต่ความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-6.5 เนื่องจากในระดับความเป็นกรดเป็นด่างในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ พืชจะดูดซึมแร่ธาตุและสารอาหารเข้าไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์น้ำนี้ จึงต้องปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างให้ใกล้เคียงกับ 7 ได้มากที่สุด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดปลาที่สามารถนำเลี้ยงในสภาพ ความเป็นกรดเป็นด่างให้ใกล้เคียงมากที่สุด

นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่างมีผลต่อการละลายของธาตุอาหารพืช เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมากกว่า 7 พบว่าจุลธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และ โบรอน สามารถละลายในน้ำได้น้อยมาก

ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำน้อยกว่า 6 จะส่งผลให้ การละลายของฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และ โมลิบดีนัม ลดลง ดังนั้นต้องควบคุมระดับ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ไว้ที่ ระดับ 7 เพื่อให้การละลายของธาตุอาหารหลักและรองเหมาะสมต่อการเจริญโตของพืช

- 3) ขี้ปลาและของเสียจากปลาที่สะสมในบ่อปลา ปลาขับถ่ายของเสียออกมาในรูปยูเรีย ซึ่งจะแตกตัวให้สารประกอบไนโตรเจน พวกแอมโมเนีย สารประกอบฟอสฟอรัสที่สะสมมาจากของเสียหรืออาหารปลาที่ไม่ย่อย แอมโมเนียความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรและไนเตรท 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นจุด

วิกฤตที่ส่งผลต่ออัตราการรอดตายปลา ดังนั้นระบบการเลี้ยงแบบอควาโปนิค จำเป็นต้องวิเคราะห์และควบคุมให้ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรตต่ำกว่าจุดอันตราย

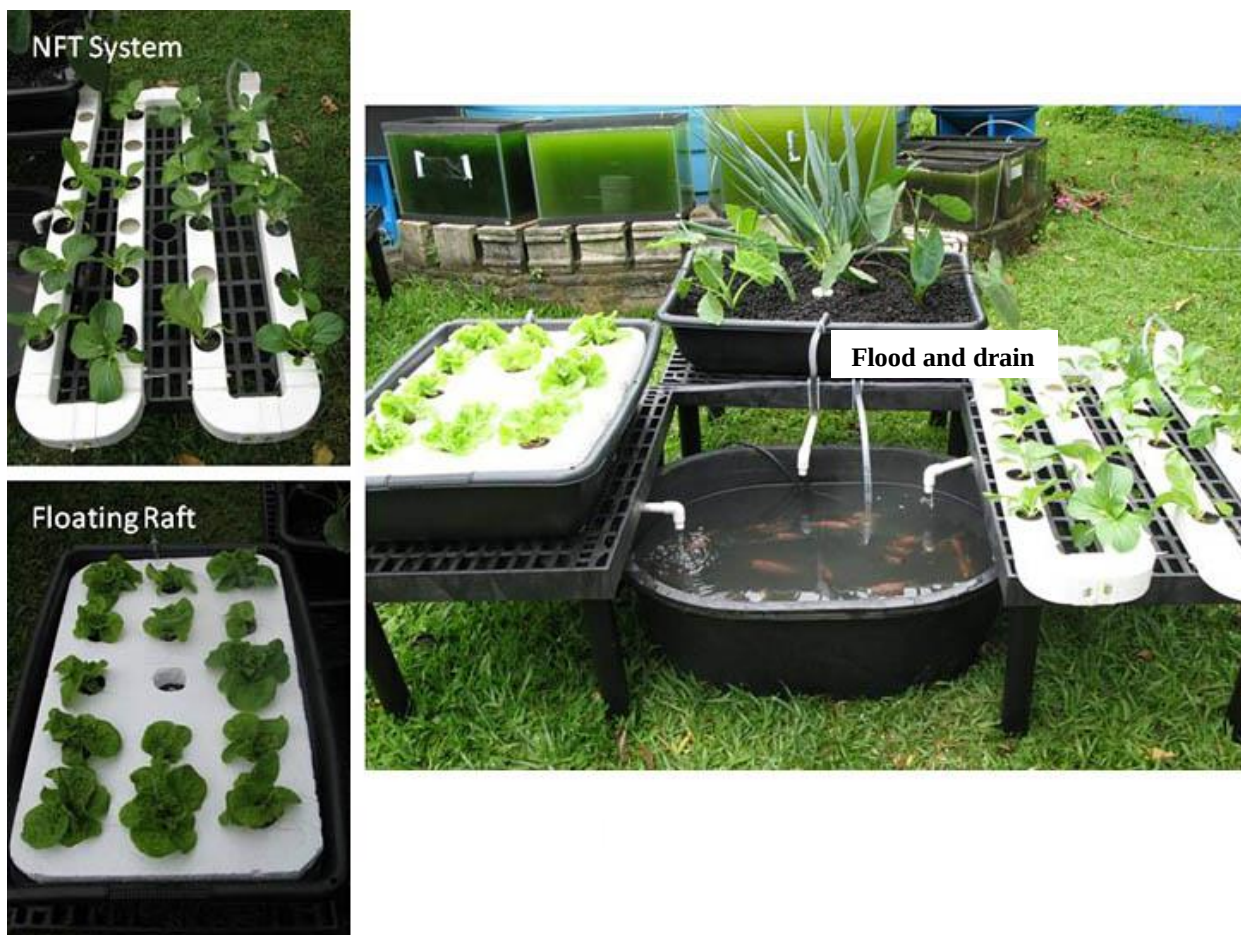
ระบบอควาโปนิคมีข้อดีคือ เป็นระบบการเลี้ยงปลาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ปล่อยน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ แต่น้ำของเสียกลับมาใช้ในการเจริญเติบโตของพืชส่งผลให้ใช้น้ำน้อยลงทั้งระบบการผลิตปลาและการปลูกพืช มีรายงานว่าในการปลูกพืชไร่นาจะใช้น้ำน้อยกว่าการปลูกพืชปกติถึง 90% ลดปัญหาวัชพืช และแมลงไม่ต้องการรดน้ำไม่ต้องการใส่ปุ๋ย ไม่ต้องการการปักชำ ขุดดินลดต้นทุนจากการเพาะปลูกความคุ้มค่าที่มากขึ้น ระบบอควาโปนิคเราจะได้ทั้งผลผลิตปลาและพืชผักเพื่อการบริโภค ระบบนี้ใช้แรงงานน้อย ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าในการเตรียมดิน ใช้น้ำน้อยเพราะว่าแทบจะไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลยมีเพียงแต่การเติมน้ำเข้าไปในระบบชดเชยแทนน้ำที่ระเหยออกไป และยังประหยัดค่าอาหารการปลูกพืช ไม่ว่าเด็ก ผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุ หรือแม้แต่คนพิการก็สามารถทำได้เป็นกิจกรรมร่วมกันได้ในครอบครัว

รูปแบบการเลี้ยงของระบบอควาโปนิค

1 ระบบแฟลตลอย (Floating raft, FR) ระบบนี้เป็นระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชบนแพที่ลอยอยู่บนน้ำ พืชจะเจริญเติบโตบนแพหรือวัสดุที่ลอยน้ำได้ เช่น โฟม โดยพื้นที่ปลูกพืชลอยอยู่ในน้ำที่ผ่านการเลี้ยงปลาหรืออาจจะลอยพื้นที่ปลูกพืชในบ่อเลี้ยงปลาเลย หรือแยกออกมาก็ได้ แต่ถ้าใช้ในรูปแบบของการแยกส่วนปลูกพืชและเลี้ยงปลา จะต้องสูบน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา มาผ่านระบบการปลูกพืช น้ำไหลจากบ่อเลี้ยงปลาผ่านแพที่มีการปลูกพืชและไหลกลับคืนสู่บ่อเลี้ยงปลาอีกครั้ง

2 ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain, FD) เป็นระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืช ที่ใช้วัสดุปลูกต่างๆ เช่น กรวด หิน ขุยมะพร้าว เวอร์มิคูไลท์ หรือวัสดุอื่นๆ เพื่อให้รากพืชยึดเกาะ น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาจะถูกสูบน้ำขึ้นมาไหลผ่านพื้นที่ปลูกพืชที่บรรจุวัสดุให้รากพืชยึดเกาะไว้ น้ำที่ไหลผ่านวัสดุจากด้านบนสู่ด้านล่าง รากของต้นพืชไม่ได้อยู่ในระบบนี้ตลอดเวลา

3 ระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT) ระบบนี้เป็นระบบที่มีการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในรางยาวรางอาจทำมาจากพลาสติก หรือท่อพีวีซีในรางจะเจาะรูเพื่อใช้ปลูกพืชเป็นระยะและมีน้ำไหลลงอย่างต่อเนื่อง โดยระบบนี้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาถูกปั๊มขึ้นมาให้ไหลผ่านรางที่ปลูกพืช แล้วหมุนเวียนกลับมาไปยังบ่อเลี้ยงปลา โดยระบบนี้รากพืชจะแช่อยู่ในน้ำตลอดเวลา คล้ายกับระบบแฟลตลอยน้ำ แต่แตกต่างกันที่ระบบนี้น้ำที่ไหลผ่านในรางมีระดับความสูงของน้ำไม่มาก เป็นลักษณะแผ่นฟิล์มบางๆ ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากรากพืชสามารถรับสารอาหารและออกซิเจน



ภาพที่ 1 แสดงระบบอควาโปนิค 3 รูปแบบ

ที่มา: <http://aquaponicsplan.com/wp-content/uploads/2013/04/aquaponic-plans-1.jpg>

ปลาที่ใช้ในการทดลอง

1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศเนื่องจากเจริญเติบโตเร็วและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศและมีแนวโน้มความต้องการผลผลิตปลานิลเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศ (ปฐมพงษ์และคณะ, 2557)

รูปแบบการเลี้ยงปลานิลแตกต่างกันไปตั้งแต่การเลี้ยงแบบยังชีพเพื่อการบริโภคในครัวเรือนโดยเกษตรกรจะปล่อยปลานิลทั้งเพศผู้และเพศเมียเลี้ยงรวมกันที่ความหนาแน่นต่ำและเน้นให้กินอาหารธรรมชาติเป็นหลักการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนามีทั้งที่เลี้ยงแยกเพศและเลี้ยงแบบรวมเพศโดยการเพาะเลี้ยงมีทั้งสำหรับการบริโภคในครัวเรือนและการจำหน่ายการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนาจะมีการลงทุนที่ไม่สูงมากนักเนื่องจากเกษตรกรไม่ได้ให้อาหารเม็ดตลอดระยะเวลาการเลี้ยงแต่จะมีการให้อาหารเม็ดสมทบในบางช่วงเวลาของการเลี้ยงและการเลี้ยงปลานิลแบบพัฒนาหรือเชิงพาณิชย์นั้นเป็นการเลี้ยงที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ

จำหน่ายเป็นหลักโดยพบว่ามิเกษตรกรเลี้ยงปลานิลทั้งในบ่อดินบ่อซีเมนต์หรือในกระชังซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะซื้อลูกพันธุ์เพศผู้ส่วนจากฟาร์มบริษัทเอกชนหรือหน่วยงานภาครัฐและเลี้ยงด้วยความหนาแน่นสูงมีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปอย่างสม่ำเสมอ (รุ่งตะวันและคณะ, 2554) เมื่อพิจารณากระบวนการเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบคือระบบเปิดระบบกึ่งปิดและระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดซึ่งระบบเปิดเป็นการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงหรือมีระบบการกรองแบบง่ายหลังจากนั้นน้ำที่ผ่านการเลี้ยงแล้วจะมีการปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในระบบหมุนเวียนแบบกึ่งปิดอาจมีการนำน้ำกลับมาใช้ในการเลี้ยงบ้างแต่น้ำที่ผ่านการเลี้ยงนั้นจะมีการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอกในขณะที่ระบบปิดนั้นเป็นระบบที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียจากการเลี้ยงสู่ภายนอกและมีการบำบัดน้ำด้วยรูปแบบต่างๆเช่นการใช้ระบบกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำ (Lawson, 1995) แนวโน้มของการรูปแบบการเลี้ยงปลานิลในอนาคตจึงต้องคำนึงถึงระบบบำบัดน้ำเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลในกระชังซึ่งเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาหรือเป็นการเลี้ยงด้วยระบบเปิดเกษตรกรนิยมแขวนกระชังตามแม่น้ำต่างๆที่มีการไหลตลอดเวลาพบว่าปลานิลที่เลี้ยงในกระชังจะไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นโคลนและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าเลี้ยงในบ่อดินอย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงในรูปแบบไหนหรือในระบบใดก็ตามพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ส่วนประสบปัญหากับต้นทุนการผลิตเนื่องจากปัจจัยราคาอาหารปลานิลเป็นหลักค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อนับว่าเป็นค่าสถิติเบื้องต้นที่จะทำให้ทราบต้นทุนการผลิตปลานิลของรูปแบบและระบบการเลี้ยงปลานิลที่แตกต่างกัน (รุ่งตะวันและคณะ, 2554)

จากการศึกษาของปฐมพงษ์และคณะ(2557) ทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิค ด้วยความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับคือ 50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลรวมกับการปลูกพืชผักอยู่ที่ 100 ตัวต่อตารางเมตรโดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุดและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด

รุ่งตะวันและคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ร่วมการปลูกผักบุ้งจีนในแปลงผักลอยน้ำ โดยชุดที่ 1 มีระบบกรองชีวภาพร่วมกับโอโซนในการบำบัดน้ำและชุดที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการบำบัดโดยทั้ง 2 ชุดการทดลองจะใช้แปลงปลูกผักในสัดส่วนพื้นที่เท่ากันใช้ปลานิลแปลงเพศขนาดเริ่มต้น 16.2 ± 7.52 กรัมเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 38 ตัวต่อตารางเมตรปล่อยปลานิลบ่อละประมาณ 3,000 ตัวใช้แปลงผักลอยน้ำขนาด 1×2 เมตรจำนวน 4 แปลงต่อบ่อสำหรับการปลูกผักบุ้งจีนเลี้ยงปลานิลเป็นระยะเวลา 100 วันพบว่าปลานิลในชุดที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 101.0 ± 42.87 กรัมและปลานิลในชุดที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 87.7 ± 34.61 กรัมพบว่าผลการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับอัตราการรอดตายปลานิล ดังนั้นรูปแบบการทำฟาร์มผสมผสานในแนวตั้งสามารถนำประยุกต์ใช้ร่วมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

ผลงานวิจัยของ Losordo (1998) ศึกษาสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลและในระบบปลูกพืชตระกูลสัปปะรดไรรู้พบว่าสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงปลาและในระบบปลูกพืชมีค่าเท่ากับ

1.9:1 จะให้ผลผลิตพืชสูงสุดและอัตราการเปลี่ยนของเสียจากอาหารปลาเป็นผลผลิตพืชมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.4 กรัม/ตัน

2 ปลาอุกลูกผสม (hybrid catfish) หรือปลาอุกบึกอุยเป็นปลาอุกลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ปลาอุกอุยผสมกับพ่อพันธุ์ปลาอุกยักษ์ โดยปลาอุกยักษ์มีถิ่นกำเนิดที่แอฟริกา เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ กินอาหารได้ทุกชนิด ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมดี แต่ข้อเสียมีเนื้อเหลวและสีซีด ไม่น่ารับประทาน ส่วนปลาอุกอุยเป็นปลาพื้นเมืองของไทย ที่มีเนื้อรสชาติดี สีสวย แต่ข้อเสียคือโตช้า ต้องเลี้ยงถึง 8 เดือนจึงจะได้ขนาดตลาด เมื่อนำมาผสมกันได้ลูกผสมที่โตเร็วและรสชาติคล้ายปลาอุกอุย สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงลงไปเหลือประมาณ 3 เดือน (ขนาด 3 – 4 ตัวต่อกิโลกรัม) ส่งผลให้ปลาชนิดนี้เป็นที่นิยมเลี้ยงมากในปัจจุบัน

ผักสมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง

1 พรมมิ เป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อบำรุงสมอง บำรุงความจำนักวิจัยจากคณะมหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ได้ร่วมมือกันศึกษาคุณสมบัติประโยชน์ของพรมมิและพบว่ามีประสิทธิภาพบำรุงความจำโดยศึกษาทั้งองค์ประกอบทางเคมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาทั้งในหลอดทดลองและสัตว์ทดลองพิษวิทยาจนมาถึงการศึกษาในมนุษย์

พรมมิ" มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bacopamonnieri* Wettst อยู่ในวงศ์ Scrophulariaceae เป็นพืชล้มลุก ลำต้นทอดนอนแผ่ไปตามพื้น มีความยาว 10-40 เซนติเมตร แตกกิ่งก้านมาก มีรากออกตามข้อใบเดี่ยว ออกตรงข้าม ไม่มีก้านใบ ใบอวบน้ำเป็นรูปรีหรือรูปไข่ ขอบใบเรียบหรือหยักเล็กน้อยปลายใบมนกว้าง 1-5 มิลลิเมตร ยาว 6-20 มิลลิเมตร ดอกเดี่ยวออกจากซอกใบ ก้านดอกยาว 6-25 มิลลิเมตร กลีบดอกติดกันเป็นทรงระฆังรูปปากเปิดหยักเป็น 5 กลีบ สีขาวหรือม่วงอ่อน

พรมมิ เป็นสมุนไพรที่เป็นทั้งอาหารและยา ในบางท้องถิ่นเรียกพรมมิว่า "ผักมิ" ใช้เป็นผัก ลวกจิ้ม น้ำพริกได้ ในตำราอายุรเวทของอินเดียระบุว่า พรมมิช่วยเพิ่มความจำ บำรุงสมองรวมทั้งมีสรรพคุณทางยาอื่น ๆ อีกมากมาย จนได้ชื่อว่า พรมมิ หรือ Brahmi ซึ่งความหมายถึงพระพรหม ผู้ให้กำเนิดโลก และสรรพสิ่ง

สำหรับในประเทศไทย มีหลักฐานการใช้พรมมิเป็นยาตั้งแต่สมัยอยุธยาโดยมีการกล่าวถึงพรมมิในตำราโอสถพระนารายณ์ จนมาถึงในสมัยรัตนโกสินทร์ได้ปรากฏหลักฐานการใช้พรมมิในตำราแพทยศาสตร์สงเคราะห์ ระบุว่า พรมมิมีรสหวาน แก้ไขสวิตวาย (อาการที่เป็นลม ทำให้หน้ามืด ตาลาย ใจหวิวหรือกระสับกระส่าย) แก้หืด ไอ กินแก้ริดสีดวง กินเจริญปัญญาและมีการใช้เป็นตัวยาในตำรับต่าง ๆ เช่น ยาเขียวมหาพรหมสำหรับแก้โลหิตพิการ ซึ่งทำให้พิษร้อนทั่วสรรพางค์กายเข้ายาแก้ซางแห้งในเด็ก ยาแก้ลมที่ทำให้ท้องขึ้น ยาเขียวประทานพิษแก้โรคลม

สารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพรมมิคือสารกลุ่ม saponinglycosides ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ jujubogenin glycosides เช่น bacoside A3 และ bacoside X และ pseudojujubogenin glycosides เช่น

bacopaside L II และbecopasaponin C ส่วนของคัพภะที่มีสารเหล่านี้สูงได้แก่ส่วนยอดใบ นอกจากนี้ยังพบสารพวก ฟลาโวนอยด์ ได้แก่ apigenin และ luteolin ในพรมมิด้วย

2 ผักแพวหรือผักไผ่เป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่มีลำต้นสีแดงจนบางครั้งอาจเรียกว่า “ผักแพวแดง” พืชชนิดนี้ชอบเจริญเติบโตได้ดีในที่ชื้นแฉะโดยมักขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด ส่วนใหญ่พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทยเพราะเกิดได้เองตามธรรมชาติมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญมากกว่าพืชผักชนิดอื่น ไม่ว่าจะเป็นวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียมและธาตุเหล็ก และยังมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยเพิ่มการเผาผลาญไขมันในเลือดเหมาะเป็นผักสมุนไพรลดความอ้วนได้โดยไม่ขาดสารอาหาร สามารถช่วยบำรุงและรักษาสายตา ทั้งยังช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรงและที่สำคัญนั้นจะช่วยให้การขับถ่าย ป้องกันและแก้อาการท้องผูกนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพราะเป็นผักที่มีไฟเบอร์สูงถึง 9.7 กรัม ซึ่งจัดอยู่ในผักที่มีเส้นใยในอาหารมากที่สุด 10 อันดับของผักพื้นบ้านไทย

สรรพคุณทางยา :

ราก ช่วยบำรุงประสาท ช่วยรักษาหอบหืด ช่วยแก้อาการไอ ช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหาร ช่วยแก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกาย ช่วยรักษาอาการปวดข้อ ปวดกระดูก

ใบ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทาน ช่วยชะลอวัย ป้องกันและต่อต้านมะเร็ง ช่วยป้องกันโรคหัวใจ ช่วยเจริญอาหาร ช่วยทำให้เลือดลมในร่างกายเดินสะดวก รักษาโรคหวัด ช่วยในการขับถ่าย ป้องกันและแก้อาการท้องผูก และช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ แก้กลม ขับลมในกระเพาะอาหาร แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แก้อาการท้องเสีย อุจจาระพิการ แก้อาการเจ็บท้อง รักษาโรคตัวจี๊ด รักษาโรคผิวหนัง รักษาโรคตับแข็ง ลดอาการอักเสบ แก้ก้อนก้อน ผดผื่นคันจากเชื้อรา เป็นกลากเกลื้อน บำรุงเลือดลมของสตรี

ดอก ช่วยขับเหงื่อ รักษาโรคปอด

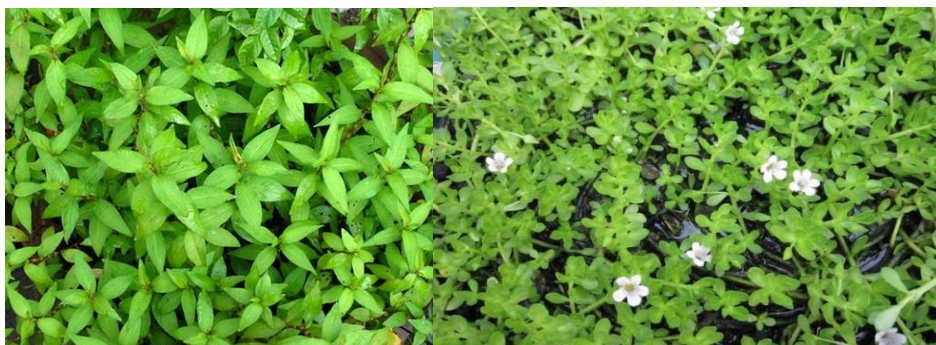
3. ผักเบ็ดแดง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alternanthera bettzickiana* (Regel) จัดอยู่ในวงศ์บานไม่รู้โรย (Amaranthaceae) มีชื่ออื่นๆว่า ผักเบ็ดฝรั่ง ผักโหมแดง (ภาคเหนือ), พรมมิแดง (ภาคกลาง), หินชีวเจียน (จีนกลาง), ปากเบ็ด เป็นต้น

ต้นผักเบ็ดแดง จัดเป็นไม้ล้มลุก มีอายุหลายปี ลำต้นตั้งตรง มีความสูงได้ประมาณ 10-20 เซนติเมตร หรือสูงกว่า แตกกิ่งก้านหนาแน่น ลำต้นหักง่ายคล้ายกับลำต้นที่อวบน้ำเล็กน้อย ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชำกิ่ง เป็นพรรณไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้และเม็กซิโก ได้รับความนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายกระจายไปทั่วโลก ในประเทศไทยถูกนำเข้ามาขยายพันธุ์ปลูกประดับนานแล้ว แต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร เนื่องจากไม่ทราบว่าเป็นไม้ประดับประเภทไหน

ผักเบ็ดแดงมีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ในปี ค.ศ.1989 มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำการศึกษาฤทธิ์การลดระดับน้ำตาลในเลือดของใบผักเบ็ดสดและสารสกัดแอลกอฮอล์ของใบผักเบ็ดในหนูขาวทดลอง โดยวิธี Oral glucose tolerance พบว่าใบผักเบ็ดสดมีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ในขนาด 1 และ 2 กรัม ต่อ

กิโลกรัม น้ำหนักหนุ สามารถลดน้ำตาลในเลือดได้ 22.9% ในเวลา 2.5 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับยา tolbutamide ที่ลดระดับน้ำตาลได้ 46%

ในประเทศศรีลังกาจะใช้ผักเป็ดเป็นอาหารบำรุงของแม่ลูกอ่อน เป็นผักที่ช่วยขับน้ำนมบ้างว่านำมาใช้ปรุงเป็นอาหารได้ ทั้งการนำมาชุบแป้งทอดให้กรอบหรือนำมาใส่แกงเหมือนผักชนิดอื่น ๆ หรือใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูงและย่อยง่าย ใช้ปลูกเป็นไม้ประดับได้ดี เพราะมีสีสวย ปลูกง่าย ทนทาน เจริญเติบโตเร็ว สามารถปลูกทั่วไปได้



ภาพที่ 2 ผักแพรว (ซ้าย) และพรมมิ(ขวา)

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

1) การสำรวจลักษณะพื้นที่และทรัพยากรของชุมชน

1.1 คณะผู้วิจัยได้พูดคุยสอบถามกับเกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย นั่นคือสมาชิกมูลนิธิเพื่อนพึ่งกา จำนวน 4-5 ท่าน เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิค(Aquaponic) ผลจากการพูดคุยพบว่าเกษตรกรสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการ กำหนดพันธุ์ปลาและ ผัก รวมทั้งสถานที่ที่ใช้ในการศึกษาในการพูดคุยมีการกำหนดพื้นที่ทำการวิจัยจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่บ่อของมูลนิธิเพื่อนพึ่งกา และพื้นที่บ่อเลี้ยงปลา (ปูฟิอี) ของโรงเรียนวัดผึ่งแดด

1.2 เกษตรกรได้เข้าร่วมแลกเปลี่ยนและตัดสินใจคัดเลือกชนิดพันธุ์ปลาที่นำมาศึกษาคือ ปลานิล และพันธุ์พืชที่นำมาศึกษาในระบบ ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาดขาว และกวางตุ้ง เนื่องจากเกษตรกรพิจารณาว่า ผลผลิตผักและปลาดังกล่าวสามารถนำมาจำหน่ายในชุมชนและบริเวณใกล้เคียง

2) การศึกษาระบบการปลูกพืชซึ่งระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินที่นำมาทดสอบมีสามระบบคือ ระบบแพลอยน้ำ (Floating Raft systems, FR), ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain, FD) และระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT)

2.1 เป็นการทดสอบว่าเทคโนโลยีการเลี้ยงแบบอควาโปนิคระบบใดที่เหมาะสมกับชุมชนทบน้ำ โดยทำการศึกษาระบบการปลูกพืชทั้งสามชนิด เบื้องต้นปลูกผักสามชนิดคือ ผักคะน้า ผักกาดขาว

และทางตั้ง ณ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง เมื่อได้ผลการศึกษาค้นคว้าจะนำผลไปร่วมกันพูดคุยกับเกษตรกรเพื่อจะคัดเลือกระบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ของชุมชนตำบลน้ำ ก่อนจะนำไปใช้กับชุมชนตำบลน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้มี 3 ระบบคือ

1. ระบบแพลอยน้ำ (Floating raft, FR) ระบบนี้เป็นระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชที่ลอยอยู่บนถาดขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตรจำนวน 2 ถาด วางบนบ่อปลา และใส่โฟมลอยน้ำเจาะรู เพื่อใส่ต้นพืช ปลูกพืชคะน้า กวางตุ้งและผักกาดขาวโดยปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดๆ ละ 5 ต้นต่อถาด ระยะห่าง ต้นละ 10 เซนติเมตร เมื่อนับรวมทั้ง 2 ถาด ชนิดละ 10 ต้น เป็นจำนวนทั้งสิ้น 30 ต้น บำรุงน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาที่ผ่านระบบกรองชีวภาพ นำมาผ่านในระบบการปลูกพืชแบบแพลอยน้ำ น้ำไหลอย่างต่อเนื่องจากบ่อเลี้ยงปลาผ่านระบบกรองชีวภาพ ตู้โพนที่มีการปลูกพืชและไหลกลับคืนสู่บ่อเลี้ยงปลาอีกครั้ง



ภาพที่ 3 ระบบอควาโปนิคแบบ Floating Raft (แพลอย, ซ้าย) และ Flood and drain (กึ่งเปียกกึ่งแห้ง, ขวา)

2. ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain, FD) ระบบนี้เป็นระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชใช้ถาด ขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตรจำนวน 2 ถาด ใส่หินกรวดเป็นวัสดุปลูกพวกพืช เพื่อให้รากพืชยึดเกาะ ปลูกพืช คะน้า กวางตุ้งและผักกาดขาวชนิด ๆ ละ 5 ต้น ต่อ ถาด ระยะห่าง ต้นละ 10 เซนติเมตร รวมจำนวน 2 ถาด 10 ต้น/ชนิด เป็นจำนวนทั้งสิ้น 30 ต้น น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาถูกสูบขึ้นมาไหลผ่านส่วนของการปลูกพืชที่บรรจุกรวดเป็นวัสดุให้รากพืชยึดเกาะ น้ำที่ไหลผ่านวัสดุเหล่านี้ ไหลเวียนกลับไปยังบ่อเลี้ยงปลา ลักษณะของระบบนี้น้ำจะไหลผ่านวัสดุเกาะ ส่งผลให้รากพืชที่ปลูกไม่ได้แช่อยู่ในน้ำตลอดเวลา

3. ระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT) ระบบนี้เป็นระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชในรางพลาสติกมีขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 127 เซนติเมตร สูง 5.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ราง ระยะห่างระหว่างพืชต้นละ 10 เซนติเมตร ปลูกพืช คะน้า กวางตุ้งและผักกาดขาวชนิดละ 10 ต้น เป็นจำนวนทั้งสิ้น 30 ต้น โดยน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาถูกปั๊มขึ้นมาให้ไหลผ่านรางที่ปลูกพืช แล้วหมุนเวียนกลับมาไป

ยังบ่อเลี้ยงปลา ระบบนี้ น้ำที่ไหลผ่านในรางแคบๆ ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากรากพืชสามารถรับสารอาหารและออกซิเจน



ภาพที่ 4 ระบบอควาโปนิค แบบ Nutrient Film Technique (NFT, รางยาว)

2.2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD (Completely Randomized Design) กำหนดให้ทรีตเมนต์ (treatment) คือ ระบบการปลูกผักที่ต่างกัน 3 ระบบ ซึ่งมีจำนวน 3 ทรีตเมนต์ (treatment) และทดลอง 3 ซ้ำ/ทรีตเมนต์ ดังรายละเอียดคือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ระบบแพลอยน้ำ (Floating raft, FR)

ทรีตเมนต์ที่ 2 ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain, FD)

ทรีตเมนต์ที่ 3 ระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT)

2.3 ลูกปลานิลแปลงเพศจากฟาร์มผักให้พันธุ์ปลา อำเภอบางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา ขนาด 4.52 เซนติเมตร น้ำหนัก 1.90 กรัม ปล่อยลงเลี้ยงด้วยอัตราการปล่อย 200 ตัวต่อ 500 ลิตร น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาจะไหลลงสู่ถังกองชีวภาพที่ภายในบรรจุวัสดุให้แบคทีเรียเกาะ เลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดที่มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 35 % ให้กินจนอิ่ม ให้อาหารวันละ 2 มื้อ คือ เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. จัดบันทึกอาหารที่ปลากินในแต่ละสัปดาห์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราแลกเนื้อ ระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 2 เดือน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาและพืช รวมทั้งคุณภาพน้ำ ระยะเวลา 60 วัน

2.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

1) ข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาและพืช

การเก็บข้อมูลปลาด้านน้ำหนักและความยาวเมื่อเริ่มทำการทดลองและทุกๆ 2 สัปดาห์ จนสิ้นสุดการทดลอง 2 เดือน นำข้อมูลมาคำนวณค่าการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดังนี้

พืชที่นำมาใช้ในการทดลองในระบบ คือ ผักคะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาว โดยใช้พืชที่อายุประมาณ 3 สัปดาห์ก่อน นำมาทดลองปลูกในระบบนาน 30 วัน ต่อรอบการผลิต เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช เก็บข้อมูลพืชเมื่อเริ่มต้นและเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และจะปลูกพืชใหม่ทดแทนทันทีหลังจากเก็บ

เกี่ยวผลผลิตพืชในแต่ละรุ่น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักเมื่อเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้าย นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโต

ก. น้ำหนักเพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain)

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

ข. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ADG) กรัม/วัน

= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

ค. อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง) X 100

ง. อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

การเจริญเติบโตของพืชค่าน้ำหนัก

จ น้ำหนัก = น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

2) ข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยจะวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำด้าน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ปริมาณของแข็งในน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า ความเป็นด่างจะทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 สัปดาห์

3) ข้อมูลต้นทุนการผลิต โดยจะเก็บต้นทุนการผลิตมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุน โดยจะวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรของการผลิต รายได้และกำไร

- นำข้อมูลด้านการเจริญเติบโตปลา พืช คุณภาพน้ำ และต้นทุนการผลิต ของแต่ละระบบ เข้าไปคุยกับเกษตรกรที่ชุมชนทับน้ำ เพื่อเลือกใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพกับบริบทของชุมชนทับน้ำ

- นำข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาและพืชที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบสุ่มตลอด (completely randomize design, CRD) โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test

ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลน้ำหนักปลา น้ำหนักพืชและปัจจัยค่าคุณภาพน้ำ ในแต่ละพารามิเตอร์ต่างๆ 2 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยวิธี Pearson correlation หรือวิธี Spearman correlation เมื่อพบความสัมพันธ์ จะทำการวิเคราะห์การถดถอยแบบ multiple regression เพื่อหาสมการแนวโน้มความสัมพันธ์

3) การศึกษาระบบบอควาโปนิคที่ไปทดลองที่ตำบลทับน้ำ นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบระบบปลูกพืชที่สาขาไปพูดคุยกับเกษตรกร เพื่อหาข้อสรุป แลกเปลี่ยนและตัดสินใจระบบที่จะทำการศึกษาในพื้นที่จริงของตำบลทับน้ำ

เมื่อทีมวิจัยได้ลงพื้นที่ไปเพื่อจัดเตรียมสถานที่เช่น การทำความสะอาดบริเวณขอบบ่อ การกำจัดปลาชนิดอื่นออกจากพื้นที่

จากการศึกษาพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของพืชและปลานิลที่ทำการทดลองร่วมกับการปลูกพืชทั้งสามระบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงนำผลการศึกษามาพูดคุยแลกเปลี่ยน และเกษตรกรได้มีตกลงใจเลือกระบบปลูกพืชที่ไปทดลองใช้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

เนื่องจากบ่อที่ปูฟิอิเป็นบ่อขนาดเล็ก ประมาณ 8 ตารางเมตร หลังจากทดสอบระบบที่สาขาเรียบร้อยแล้ว นำผลจากการทดลองและอัตราการปล่อยไปพูดคุยกับเกษตรกร พบว่า

ในเคสบ่อที่ปูพลาสติกฟิอิ ถ้าจะเลี้ยงปลานิลและต้องการให้มีปริมาณอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผัก เราจะใช้อัตราการปล่อยปลานิลที่สูง ต้องมีติดตั้งปั๊มลมเพื่อเติมอากาศลงไปใต้น้ำ ซึ่งทางอาจารย์บุญเชิดไม่อยากให้ติดตั้ง เนื่องจากเพิ่มค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าให้กับโรงเรียน ถ้าจะปล่อยในอัตราความหนาแน่นสูงต้องปรับชนิดพันธุ์ปลาที่เลี้ยง ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำระดับ 2-3 มิลลิกรัม/ลิตรได้ดี ชนิดปลาที่ตอบโจทย์ได้ดีคือปลาในกลุ่ม ปลาดุก หรือปลาหมอ และนอกจากนี้บริเวณที่ตั้งของบ่อที่จะทำการเลี้ยงมีลักษณะเป็นพื้นที่รมีสแลนพรางแสงปูโดยรอบ ปริมาณแสงแดดที่ได้รับไม่เพียงพอ ถ้าจะปลูกผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง หลังจากแจ้งกับเกษตรกรและอาจารย์บุญเชิด ได้ปรับเปลี่ยนเป็นพืชสมุนไพรในครัวเรือนแทน ส่งผลให้การทดลองเปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบเดิมที่กำหนดไว้ ส่วนระบบหมุนเวียนน้ำได้ติดตั้งเป็นระบบถังพักน้ำที่ติดตั้งพร้อมระบบลูกลอยที่ตัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติเป็นระบบที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ในเคสบ่อที่ปูดินเนื่องจากเป็นบ่อที่ไม่มีบริเวณมากนัก และทางเกษตรกรไม่ต้องการติดตั้งระบบการให้อากาศ ซึ่งสามารถเลี้ยงปลาปลานิลได้ แต่อัตราการปล่อยที่ต่ำ และถ้าต้องการให้มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผัก เราต้องใช้อัตราการปล่อยปลานิลที่สูง ด้วยพื้นที่ที่จำกัดส่งผลให้ระบบปลูกพืชเป็นแบบแพลอยน้ำและอัตราการปล่อยที่หนาแน่นน้อยลง ผักที่ใช้เกษตรกรเลยปรับเป็นพืชผักเปิดแดงและผักกลุ่มวอเตอร์เครสซึ่งเกษตรกรแจ้งว่าสามารถนำผลผลิตไปจำหน่ายในตลาดนัดของศาลากลางจังหวัดได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้สิ่งที่ทดลองต้องปรับเปลี่ยนไป

3.1 การเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคในบ่อพลาสติกฟิอิ: ทดลองเลี้ยงปลาดุกบักอูหรือปลาดุกลูกผสมแบบบอควาโปนิคร่วมกับการปลูกพืชระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain) โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

- 1) พื้นที่ส่วนเลี้ยงปลา เลี้ยงปลาในบ่อปูฟิอิ กว้าง 4x2 เมตร มีพื้นที่ 8 ตารางเมตร ปล่อยปลาดุกลูกผสมจำนวน 200 ตัว (อัตราการปล่อย 25 ตัว/ตารางเมตร)

2) พื้นที่ปลูกพืชจะปลูกในกะบะสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง 30x30 เซนติเมตร จำนวน 6 กะบะ โดยจะปลูกผักกะบะละ 4 ต้น/ชนิด ผักที่ปลูก เช่น ผักแพรว สะระแหน่ ผักชี และเตยหอม

3) ระบบการหมุนเวียนน้ำ น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาจะสูบน้ำขึ้นมาพักในถังสีฟ้าที่ตั้งบนบ่อเลี้ยงปลา เมื่อระดับน้ำในถังได้ระดับปั๊มสูบน้ำจะหยุดการทำงาน น้ำจากถังพักจะลงสู่ระบบกะบะปลูกพืช โดยใช้วัสดุกรองเป็นวัสดุปลูก และไหลลงสู่บ่อเลี้ยงปลา ต้นพืชจะดูดซับธาตุอาหารที่มีในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต น้ำจะหมุนเวียนตลอดเวลา ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่จะใช้เติมน้ำลงในบ่อเมื่อปริมาณน้ำมีปริมาณลดลง

4) ให้อาหารปลาสดที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 35% กินจนอิ่ม วันละ 2 มื้อ คือ เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. จัดบันทึกอาหารที่ปลากินในแต่ละสัปดาห์ระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 3 เดือน



ภาพที่ 5 แสดงระบบอควาโพนิกส์ที่ทดลองในบ่อปูฟิอี

5) เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยจะวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำด้าน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ปริมาณของแข็งในน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า ความเค็ม จะทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 สัปดาห์

6) ข้อมูลต้นทุนการผลิต โดยจะเก็บต้นทุนการผลิตมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุน โดยจะวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรของการผลิต รายได้และกำไร

7) เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตปลา พืช มาคำนวณต้นทุนการทดลองที่ 2.1

3.2 การทดลองเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน

1) พื้นที่เลี้ยงปลา บ่อดินที่ใช้ศึกษามีพื้นที่ ขนาด 492 ตารางเมตร โดยปล่อยลูกปลานิลจากฟักไข่พันธุ์ปลา ขนาด 4.5 เซนติเมตรลงไป 2500 ตัว (อัตราการปล่อย 5 ตัว/ตารางเมตร)

พื้นที่ปลูกพืชจะปลูกในแคร่ไม้ไผ่สี่เหลี่ยม กว้าง 100x200 เซนติเมตร จำนวน 4กะบะ โดยจะปลูกผักบนวัสดุปลูกพวกแกลบและข้าวเปลือก จำนวน 30 ต้น/แคร่ ผักที่ปลูก เช่น ผักผักบุ้ง เป็ดแดง และวอเตอร์เครสระบบปลูกพืชใช้ระบบ Floating raft แพลลอยน้ำ

2) ให้อาหารปลาทุกที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 35% กินจนอิ่ม วันละ 2 มื้อ คือ เวลา 08.00 น.และ 16.00น. จัดบันทึกอาหารที่ปลากินในแต่ละสัปดาห์ ระยะเวลาในการเลี้ยงปลา 4 เดือน

3) เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยจะวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำด้าน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนเตรท ในไตรท์ ปริมาณของแข็งในน้ำทั้งหมด ความนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง จะทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 สัปดาห์

4) ข้อมูลต้นทุนการผลิต โดยจะเก็บต้นทุนการผลิตมาวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุน โดยจะวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรของการผลิต รายได้และกำไร

5) เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตปลาและพืช มาคำนวณ

4) การถอดความรู้ หลังจากสิ้นสุดการวิจัย

1) พุฒยร่วมกันระหว่างผู้วิจัย เกษตรกรผู้ร่วมโครงการ และนักศึกษาที่เข้าร่วมเก็บข้อมูล เพื่อถอดหาความรู้หลังจากสิ้นสุดการวิจัย และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินการในครั้งนี้

2) จัดเสวนาถ่ายทอดความรู้ที่ได้ให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

บทที่ 2 ผลการวิจัย (Outputs)

1. การสำรวจลักษณะพื้นที่และทรัพยากรของชุมชน

1.1) สำรวจพื้นที่และปริมาณน้ำในบ่อ

มีพื้นที่ที่ใช้ทำงานทดลองเป็นบ่อดินของมูลนิธิเพื่อนพึ่งภา มีขนาด กว้าง 12 เมตร ยาว 41 เมตรลึก 1.9 เมตร



ภาพที่ 6 สภาพของบ่อที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 7 การวัดพื้นที่บ่อและการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

1.2 เตรียมความพร้อมของบ่อเพื่อใช้ในการทดลองโดยการตีวนเพื่อย้ายปลาในบ่อออก ก่อนดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 8 การตีวนเพื่อย้ายปลาที่มีในบ่อ

1.3 การตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งกา

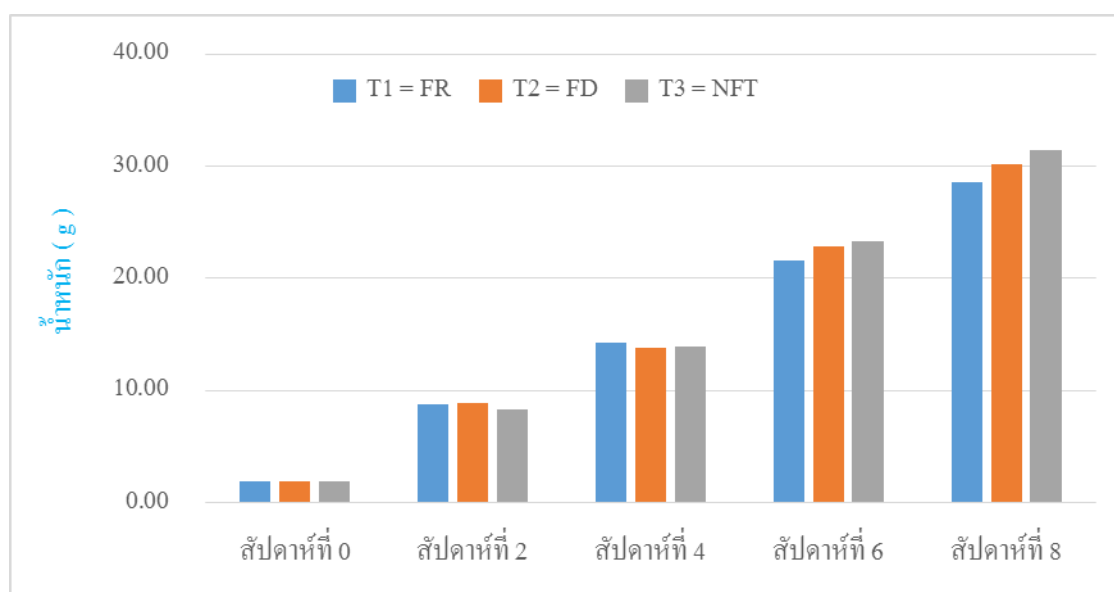
ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	8.46
อุณหภูมิ	34.5 องศาเซลเซียส
ความขุ่น	56 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความนำไฟฟ้า	1010 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
ความเป็นด่าง	220 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความกระด้าง	195 มิลลิกรัมต่อลิตร
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
แอมโมเนีย	0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2 การทดสอบระบบการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิค (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง) เป็นการทดสอบว่า ระบบการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคระบบใดที่เหมาะสมและคัดเลือกระบบที่เหมาะสม นำไปใช้กับชุมชนตำบลน้ำ เนื่องจากในการศึกษาที่ผ่านมาไม่มีงานใดเปรียบเทียบระบบปลูกผักของระบบ อควาโปนิคเลย ส่วนมากงานจะไปเน้นที่ความหนาแน่นของปลา เปรียบเทียบชนิดปลา หรือชนิดของพืชที่ปลูก ดังนั้นในการศึกษาค้างนี้จึง ทดสอบระบบปลูกพืชที่ใช้ 3 ระบบ (treatment) คือ ระบบแพลอยน้ำ (Floating raft, FR) ระบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (Flood and drain, FD) และ ระบบรางยาว (Nutrient Film Technique, NFT) ว่าจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของปลานิล หรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำหรือไม่ ทำการทดลองเลี้ยงปลาในระบบนาน 2 เดือน โดยมีการเก็บข้อมูล น้ำหนักปลา น้ำหนักพืช คุณภาพน้ำและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักปลากับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำแต่ละระบบพบว่า

ข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบปลูกพืชทั้งสามระบบ ด้านน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทุกๆสองสัปดาห์ และน้ำหนักสุดท้ายของปลาที่ได้ไม่มีความแตกต่างสถิติ ($P > 0.05$) อย่างมีนัยสำคัญ โดยปลาที่เลี้ยงในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุดคือ 34.43 กรัม ซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกันกับค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ภาพที่ 10 และ ตารางที่ 2-3)



ภาพที่ 10 น้ำหนักของปลานิลด้านที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคต่างกันสามระบบนาน 8 สัปดาห์

ตารางที่ 2 น้ำหนักของปลานิลด้านที่เลี้ยงในระบบอควาโปนิคต่างกันสามระบบนาน 8 สัปดาห์

น้ำหนัก (g)	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8
T1 = FR	1.90 ± 0.00	8.71 ± 0.37	14.26 ± 0.31	21.53 ± 0.93	28.53 ± 0.24
T2 = FD	1.90 ± 0.00	8.86 ± 0.20	13.76 ± 0.37	22.84 ± 0.88	30.12 ± 0.65
T3 = NFT	1.90 ± 0.00	8.28 ± 0.16	13.90 ± 0.51	23.25 ± 0.48	31.45 ± 0.55

จากการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลานิล ที่เลี้ยงในระบบปลูกพืชทั้งสามระบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อัตราการรอดตายมีค่าสูงมาก (มากกว่า 90 %) สามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เนื่องจากระบบนี้เป็นระบบการเลี้ยงแบบปิดที่มีการหมุนเวียนน้ำไปบำบัดผ่านเทคนิคอควาโปนิค ซึ่งปกติถ้าเราเลี้ยงปลาในระบบทั่วไปนานๆ จะพบว่าในน้ำจะมีการสะสมของของเสียที่ได้จากตัวปลาและการเลี้ยงปลาในรูปของแอมโมเนีย ซึ่งจะเป็นพิษต่อปลาเมื่อมีปริมาณสูง (>0.5-1.0 มิลลิกรัม/ลิตร, กรัมประมง ม.ป.ป.) จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต ความเครียดของปลาและอัตราการรอดตายของปลา แต่ในทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าสูงจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อปลาในช่วงสัปดาห์ที่ 2 (ดังภาพที่15) แสดงว่าเกิดการสะสมของแอมโมเนีย แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4 จะพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดต่ำลง และมีค่าค่อนข้างคงที่ในปริมาณที่ต่ำจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่มีค่าต่ำกว่าระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ถึงแม้ว่าระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น ตัวปลามีขนาดที่โตเพิ่มขึ้น การจับถ่าย ปริมาณของเสียมากขึ้นและไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลยก็ตาม แต่ปริมาณแอมโมเนียที่มีในน้ำค่อนข้างมีปริมาณต่ำคงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิงแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำ มีประสิทธิภาพที่จะ

เปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท เกิดภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ประกอบกับปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาตลอดเวลา (>3 มิลลิกรัม/ลิตร) จึงทำให้เห็นว่าไม่ว่าระบบปลูกพืชในระบบอะควาโปนิคแบบใดก็ตามย่อมไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา เพราะสภาพแวดล้อมคือ น้ำมีปัจจัยคุณภาพอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ปริมาณออกซิเจนที่สูงและแอมโมเนียที่ต่ำ

อัตราการรอดตายของปลาที่มีค่าค่อนข้างสูง ใกล้เคียงกับการศึกษาของปฐมพงษ์และคณะ (2557) ที่ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอะควาโปนิคพบว่า มีอัตราการรอดตาย 97.26-97.6 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามก็ให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการศึกษาของรุ่งตะวันและคณะ (2554) ที่ทำการศึกษากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนลอยน้ำ พบว่ามีอัตราการรอดตาย 77.3 และ 78.2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 สรุปการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบอะควาโปนิคทั้งสามรูปแบบ

	Floating raft	Flood and drain	Nutrient film technique
น้ำหนักปลาเริ่มต้น (g)	1.90 ± 0.04^a	1.90 ± 0.04^a	1.90 ± 0.04^a
น้ำหนักปลาสุดท้าย (g)	28.53 ± 0.24^a	30.12 ± 0.66^a	31.45 ± 0.55^a
น้ำหนักเพิ่ม (g/day)	0.44 ± 0.00^a	0.47 ± 0.01^a	0.49 ± 0.01^a
น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง (g)	26.63 ± 0.24^a	28.22 ± 0.66^a	29.53 ± 0.55^a
ความยาวปลาเริ่มต้น (cm)	4.51 ± 0.11	$4.51.90 \pm 0.08$	$4.51.90 \pm 0.16$
ความยาวปลาสุดท้าย (cm)	10.76 ± 0.23	11.13 ± 0.21	11.46 ± 0.14
อัตราการรอดตาย (%)	96.5 ± 0.10^a	$97.01.90 \pm 0.30^a$	$93.51.90 \pm 0.10^a$
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	1.76 ± 0.17^a	1.80 ± 0.34^a	1.63 ± 0.11^a

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 11 พืชที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 12 แสดงการติดตั้งระบบอควาโปนิค 3 รูปแบบ ที่ใช้ในการทดลองเมื่อเริ่มทำการทดลอง

การเจริญเติบโตของพืช เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตน้ำหนักของผักชนิดเดียวกัน ที่ปลูกในแต่ละระบบการปลูกหรือแต่ละทรีตเมนต์ พบว่าการเจริญเติบโตของพืชได้ในแง่ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3 แต่ถ้าเปรียบเทียบผักต่างชนิดกันที่ปลูกในระบบเดียวกัน พบว่าผักที่มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าคือ ผักกวางตุ้ง ตามด้วยผักกาดขาวและคะน้า (ดังตารางที่ 4)

ผักที่ปลูกในระบบบะควาโปนิคที่ทำการศึกษามีลักษณะของการขาดธาตุเหล็ก นั่นคือใบผักมีใบสีเขียวอ่อน เส้นใบมีสีเขียวเข้ม ซึ่งอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมเหล็กอินทรีย์เพื่อให้ผักที่ผลิตได้เป็นการผลิตมาจากสารอินทรีย์

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของผักที่ปลูก (น้ำหนักเฉลี่ย/ต้น)ในระบบบะควาโปนิคทั้งสามระบบ

	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (เซนติเมตร)
Floating raft		
ผักกาดขาว	0.638 ± 0.10	136.15 ± 2.28^a
คะน้า	0.438 ± 0.09	55.56 ± 4.16^a
กวางตุ้ง	0.202 ± 0.02	157.19 ± 2.02^a
Flood and drain		
ผักกาดขาว	0.647 ± 0.02	142.78 ± 3.97^a
คะน้า	0.397 ± 0.08	45.12 ± 1.54^a
กวางตุ้ง	0.236 ± 0.05	159.12 ± 1.89^a
Nutrient Film Technique (NFT)		
ผักกาดขาว	0.578 ± 0.10	127.86 ± 1.56^a
คะน้า	0.382 ± 0.06	57.10 ± 1.34^a
กวางตุ้ง	0.232 ± 0.02	138.56 ± 1.48^a

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละชนิดผักแสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 13 ผลผลิตของผักที่ได้จากการเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิคทั้งสามรูปแบบ

เมื่อเราพิจารณาด้านต้นทุนการผลิตโดยใช้ข้อมูลของปลาและพืชไปคำนวณ เราจะพบได้ว่าระบบการปลูกผักแบบ Flood & Drain ให้ผลตอบแทนกำไรมากที่สุด ตามด้วย Floating Raft และ Nutrient film technique (ดังตารางที่ 5)

ราคาปลานิลที่เราใช้คำนวณข้อมูลการจำหน่าย เป็นการจำหน่ายลูกปลานิลขนาดปลารุ่นเพื่อให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาซื้อไปเลี้ยงต่อในกระชัง ซึ่งระบบจำหน่ายเป็นการจำหน่ายลูกปลาในสภาพที่มีชีวิตและใช้ลักษณะการชั่งขายเป็นกิโลกรัม ราคาที่จำหน่ายจะมีราคาตั้งแต่ 65-100 บาท/กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับขนาดปลา ปลานิลขนาดใหญ่สุดที่จำหน่ายให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังเป็นขนาด 100 กรัม โดยราคาในการจำหน่ายปลา 1 กิโลกรัมละ 100 บาท ดังนั้นเกษตรกรที่ดำบลหับน้ำไม่จำเป็นต้องผลิตปลานิลเพื่อจำหน่ายเป็นปลาเนื้อ แต่จำหน่ายเป็นปลานิลขุนสำหรับนำไปเลี้ยงในกระชังได้ตั้งแต่ขนาด 15 กรัม – 100 กรัม ซึ่งราคาจำหน่ายจะแตกต่างกันไป ในการคำนวณครั้งนี้ผู้วิจัยจึง คำนวณต้นทุนจากราคาต่ำสุดของลูกปลาที่จำหน่ายในท้องตลาด คือ 65 บาท/กิโลกรัม (ราคาสอบถามจากพนักงานส่งเสริมการขายของบริษัทซีพี เขตภาคกลาง)

ตารางที่ 5 ต้นทุนคงที่ ผันแปร และรายได้

	บาท/2 เดือน		
	Floating Raft	Flood & Drain	NFT
ต้นทุนคงที่ (ถัง/ปั้มน้ำ/ถาดปลูกพืช)	40.33	40.33	40.33
ต้นทุนผันแปร (อาหาร/พันธุ์ปลา/น้ำ/เมล็ดพืช/ไฟฟ้า)	339.78	367.92	335.45
รายได้จากปลานิล (65 บาท/kg)	358.15	379.6	382.2
รายได้จากการขายผัก (25 บาท/กิโลกรัม)	55.00	73.75	64.5
กำไร	33.04	45.1	0.3

หมายเหตุ ต้นทุนคงที่ที่นับอัตราเสื่อมของอุปกรณ์ 10 ปีและระยะเวลาใช้อุปกรณ์ 2 เดือน

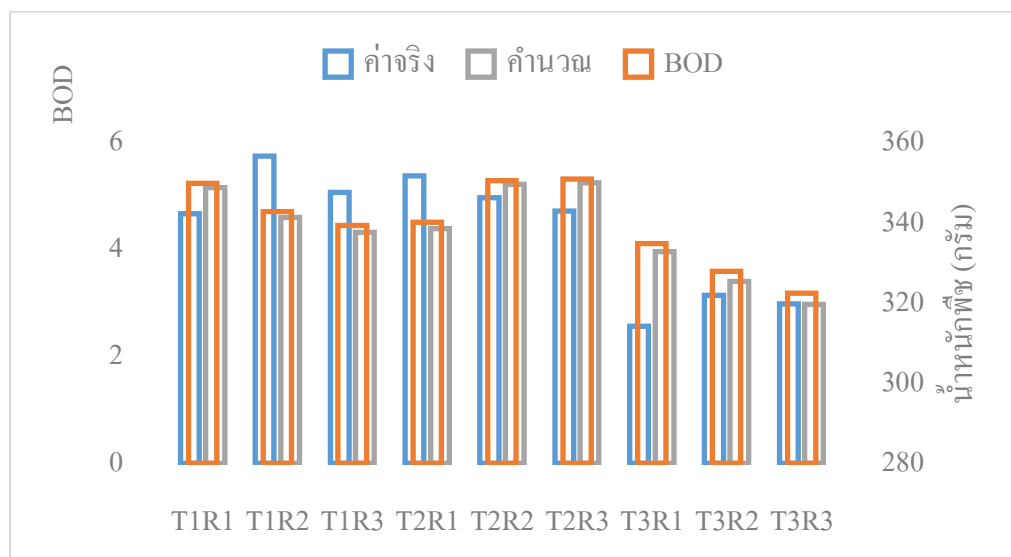
จากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักปลา และน้ำหนักเพิ่มมาหาความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ โดยหาความสัมพันธ์แบบทุกๆ 2 สัปดาห์ และตลอดการทดลอง โดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยคำนวณใช้ทั้งวิธีแบบพารามेटริกและนอนพารามेटริก ตามวิธี Pearson correlation หรือวิธี Spearman correlation พบว่า น้ำหนักของปลาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำ

เมื่อนำข้อมูลน้ำหนักพืช มาหาความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ โดยหาความสัมพันธ์แบบทั้งน้ำหนักพืชแต่ละชนิดและน้ำหนักพืชแบบน้ำหนักรวมในแต่ละทริตเมนต์โดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยคำนวณใช้ทั้งวิธีแบบพารามेटริกและนอนพารามेटริก ตามวิธี Pearson correlation หรือวิธี Spearman correlation พบว่า น้ำหนักของพืชแทบจะไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำ ยกเว้นน้ำหนักพืชรวม

ความสัมพันธ์กับค่าบีโอดีของน้ำ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณบีโอดีที่มีในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 6) ซึ่งอธิบายได้ว่าน้ำหนักของพืชมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณบีโอดีที่มีในน้ำแสดงให้เห็นว่าปริมาณบีโอดีในน้ำมีค่าสูงขึ้น พืชสามารถสังเคราะห์อาหาร ธาตุอาหารที่มีในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้น ดังสมการ

$$Y = 274.337 + 14.214 \times \text{BOD}$$

$$Y = \text{น้ำหนักพืชรวมที่ได้}$$



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของพืชของที่แท้จริงและค่าบีโอดีของน้ำ และน้ำหนักพืชที่จากการคำนวณจากสมการ

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของพืชกับค่าบีโอดี

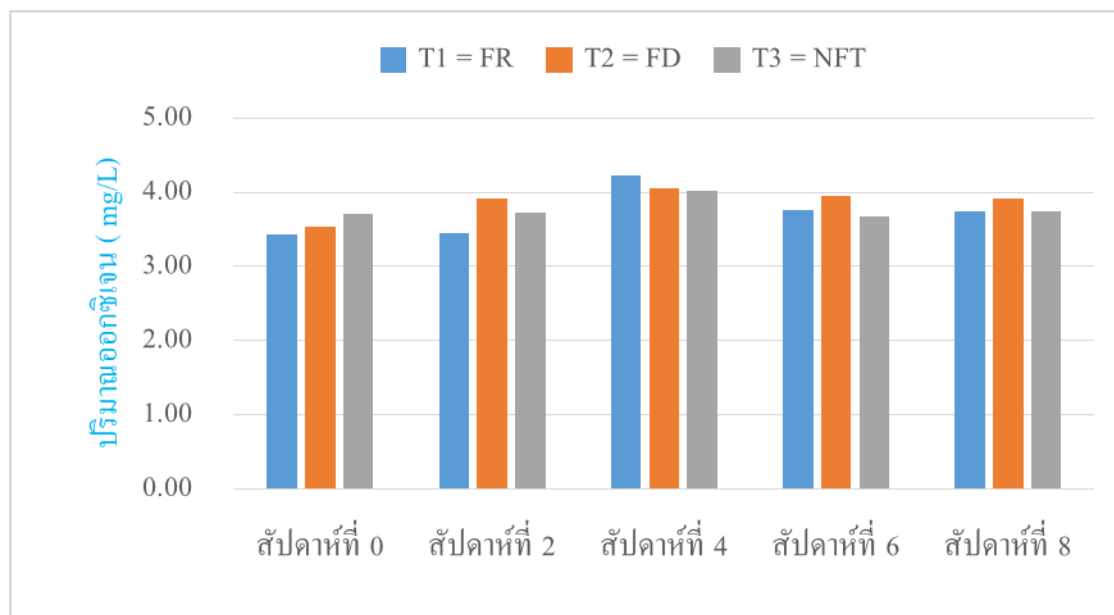
	BOD
น้ำหนักพืช	
Pearson Correlation	0.669*
Significant (2 tailed)	0.036
N	9

*. Correlation at 0.05(2-tailed)

การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ โดยทำการศึกษาในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้ พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีรายละเอียดดังนี้คือ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดการทดลองของทุกทรีตเมนต์พบว่า มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่ามากกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร (เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต) ซึ่งมีค่าตลอดการ

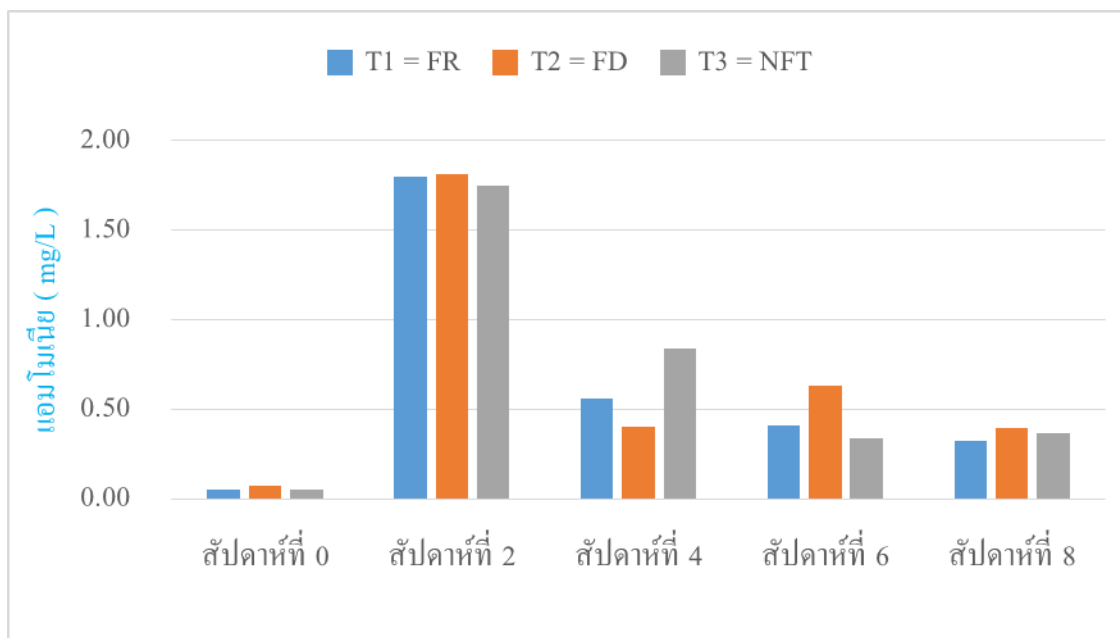
ทดลองทุกถังทดลองระหว่าง 3.41-4.64 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจาก ตลอดการทดลองมีการให้อากาศ ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำมีปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (กรมประมง, มปป) และทำให้การเจริญเติบโตของปลาในแต่ละระบบเจริญเติบโตได้ดีไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ (ภาพที่ 15)



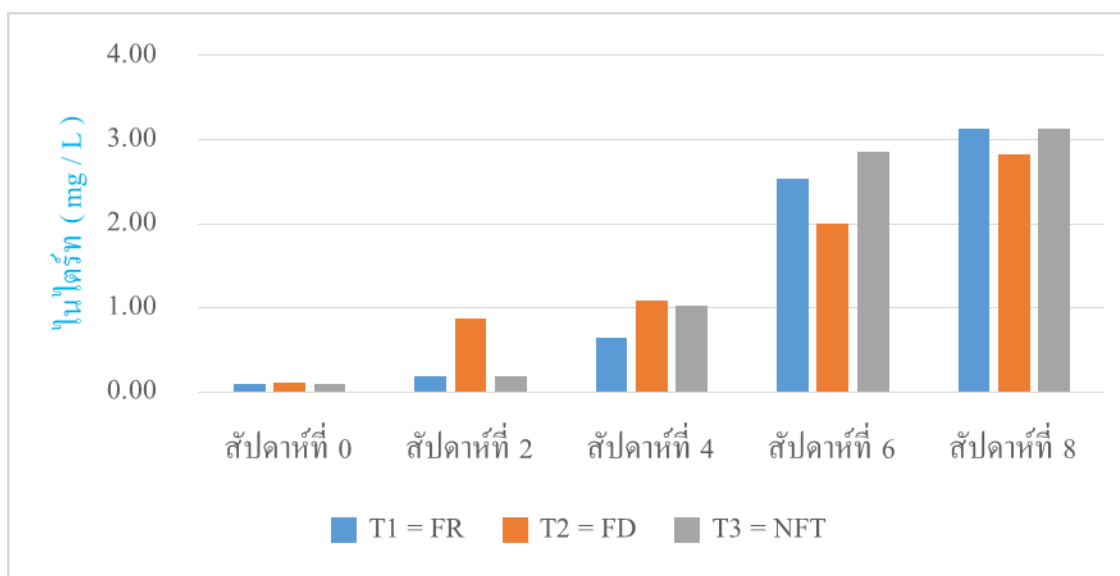
ภาพที่ 15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของการเลี้ยงปลาแบบบอวาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

ปริมาณแอมโมเนียซึ่งเป็นสารพิษต่อปลาพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณแอมโมเนียที่สะสมในน้ำมีปริมาณค่อนข้างสูงมีค่า แอมโมเนียรวม (TAN) มากกว่า 1.0 mg/l แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4 จะพบว่าปริมาณแอมโมเนียที่สะสมอยู่มีปริมาณต่ำลง จนถึงระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลาตลอดการเลี้ยงนาน 2 เดือน ปริมาณแอมโมเนียตลอดการทดลองที่ต่ำกว่าระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (แอมโมเนียรวมหรือ TAN <1.0 mg/l; รูปที่ไม่มีไอออน NH_3 <0.3 mg/l) ปริมาณแอมโมเนียที่มีค่าค่อนข้างคงที่แสดงให้เห็นว่าในน้ำมีแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification ที่สามารถเปลี่ยนแอมโมเนีย (พิษต่อสัตว์น้ำ) ไปเป็นสารประกอบไนเตรทได้ดี ซึ่งเป็นรูปที่มีพิษต่อสัตว์น้ำน้อยกว่าและเป็นรูปที่พืชน้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืชผักได้ดีกว่ารูปของแอมโมเนีย (ดังภาพที่16)

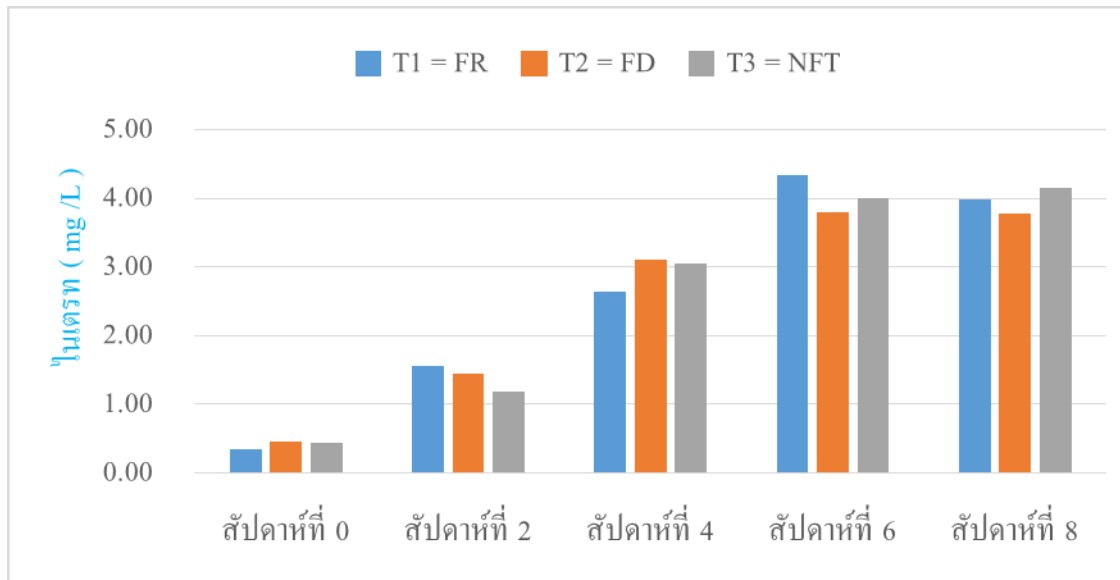
กระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่มีในน้ำจากแอมโมเนีย ไปสู่ไนไตรท์และไนเตรท ผ่านกิจกรรมแบคทีเรียพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์และไนเตรทเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเลี้ยงและถ้ากระบวนการเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะไม่มีการสะสมของไนไตรท์ในปริมาณสูงกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำ แต่ถ้ามีการสะสมไนไตรท์แสดงว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ (ดังภาพที่17-18)



ภาพที่ 16 ปริมาณแอมโมเนียของการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

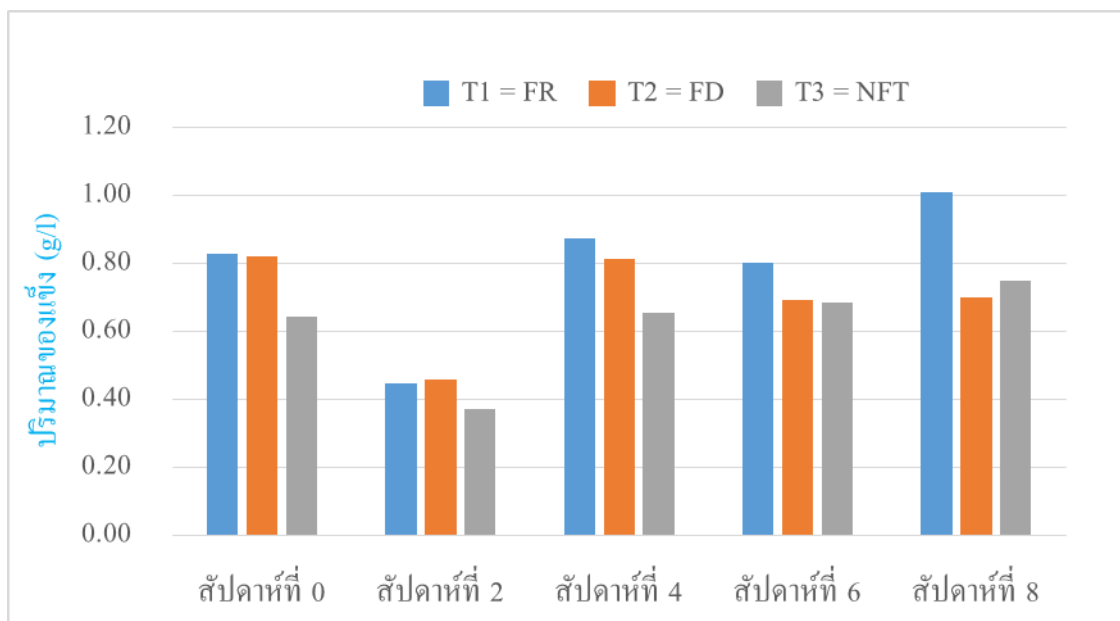


ภาพที่ 17 ปริมาณไนไตรท์ของการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ



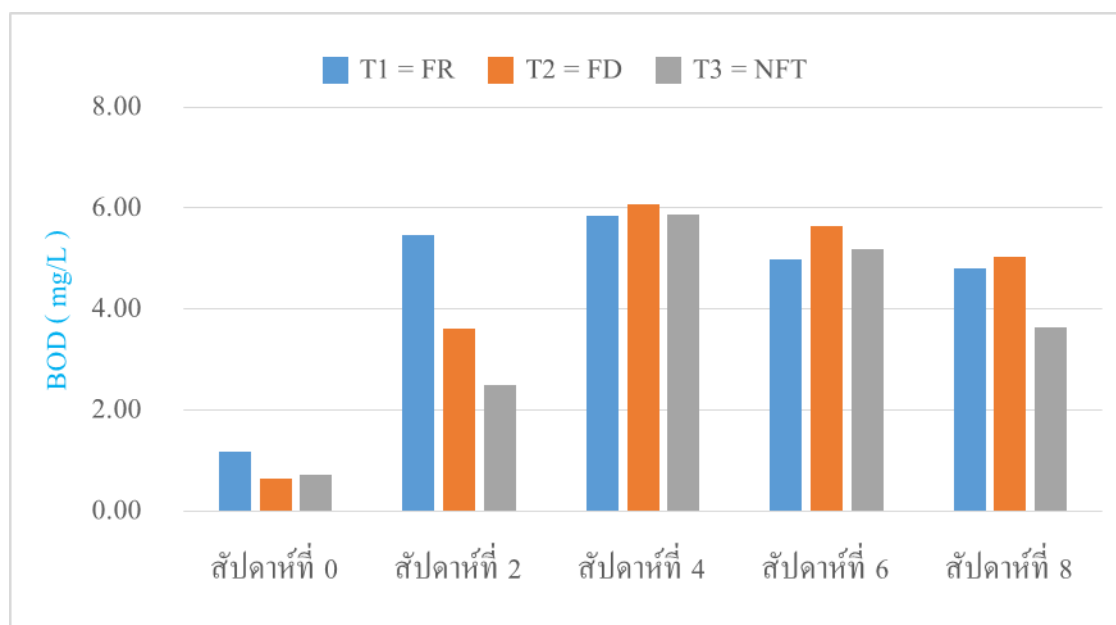
ภาพที่ 18 ปริมาณไนเตรทของการเลี้ยงปลาแบบควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

ปริมาณของแอมโมเนียที่มีในน้ำจะเกิดขึ้นมากจากอาหารที่ปลาไม่กินหรืออาหารที่ปลากินแล้วย่อยไม่ได้ แล้วขับถ่ายออกมาเป็นของเสียที่มีในน้ำและของเสียเหล่านี้คือ ของแอมโมเนียที่มีในน้ำ ในสัปดาห์เริ่มต้นเราพบว่า มีปริมาณของแอมโมเนียตั้งแต่เริ่มต้นทำการทดลอง เนื่องจากเราเก็บตัวอย่างหลังจากปล่อยปลาลงเลี้ยงปลาที่ปล่อยลงไปตกใจมีการขับถ่ายออกมา ส่งผลให้เราพบปริมาณของแอมโมเนียตั้งแต่เริ่มต้นทำการทดลอง จากนั้นปริมาณของแอมโมเนียมีการเพิ่มขึ้นไม่มาก มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา ปริมาณของแอมโมเนียที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตมากกว่า 30 มิลลิกรัม/ลิตร (ดังภาพที่ 19)



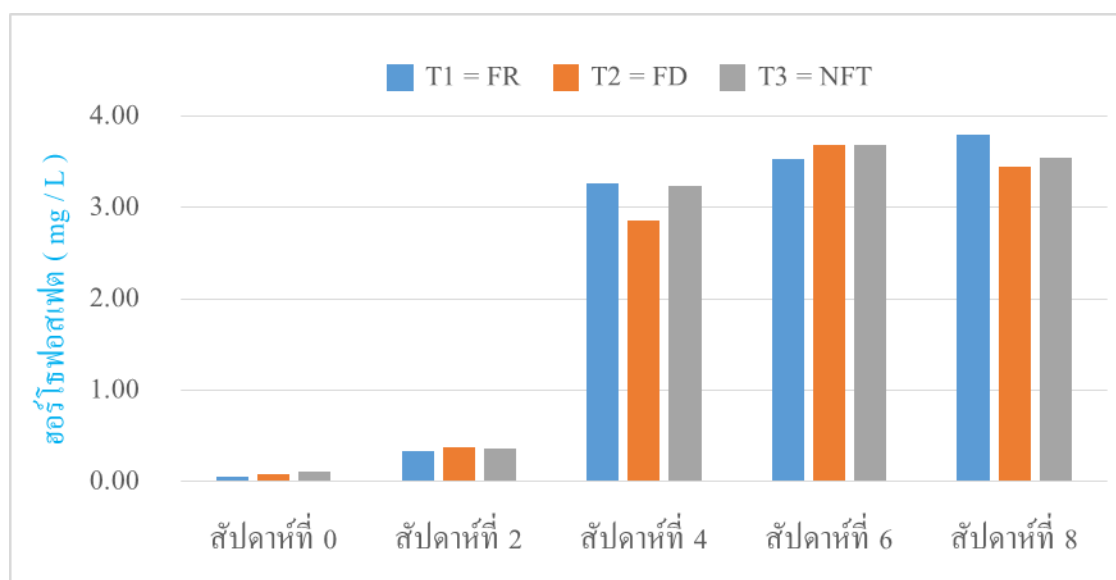
ภาพที่ 19 ปริมาณของแอมโมเนียจากการเลี้ยงปลาแบบควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

ปริมาณบีโอดีที่มีในน้ำเป็นตัวบ่งบอกความต้องการปริมาณออกซิเจนของแหล่งน้ำนั้นๆ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ของแหล่งน้ำนั้นด้วยกิจกรรมของแบคทีเรีย หรือเป็นตัวบ่งบอกความสกปรกของน้ำ จากการทดลองพบว่ามีความต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ(ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 ปริมาณบีโอดีจากการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเป็นสารประกอบของฟอสเฟตในรูปที่ละลายน้ำ ที่พืชและแบคทีเรียที่มีในน้ำสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ออร์โธฟอสเฟตจะมีค่าต่ำเมื่อเริ่มทำการทดลอง จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงปลาซึ่งถ้าเป็นการเลี้ยงปลาในบ่อดิน ถ้ามีปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องระวังการบลูมของแพลงก์ตอนพืช ในบ่อปลา (น้ำนิ่ง) เมื่อแพลงก์ตอนบลูมพบว่า หลังจากแพลงก์ตอนบลูมจะส่งผลให้แพลงก์ตอนตายพร้อมๆ กันและเกิดการขาดออกซิเจนได้ แต่ถ้าเป็นระบบการหมุนเวียนน้ำตลอดเวลาจะไม่พบการบลูมของแพลงก์ตอน(ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจากการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคทั้ง 3 ระบบ

ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าค่อนข้างสูงสำหรับการปลูกพืชแบบไร้ดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมและพืชสามารถดูดอาหารไปใช้ได้ดีควรเป็นกรดอ่อน ($\text{pH} < 7$) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างสูง ประมาณ 7.5-8.3 ซึ่งอาจจะสาเหตุมาจากน้ำประปาที่ไ้เริ่มทำการทดลองเป็นน้ำบาดาลที่มีปริมาณความเป็นด่างและความกระด้างสูง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงตามไปด้วย ส่วนค่าความนำไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 1000 ไมโครซีเมนต์ตลอดการศึกษา แสดงให้เห็นว่าในน้ำมีแร่ธาตุอยู่ในน้ำเพียงพอ ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิค เท่ากับ 1100 ไมโครซีเมนต์ ความเข้มแสงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผัก (ดังตารางที่ 7)

เมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ โดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยคำนวณใช้ทั้งวิธีแบบพารามेटริกและนอนพารามेटริก ตามวิธี Pearson correlation หรือวิธี Spearman correlation พบว่า

ในสัปดาห์ที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่มีในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 7 สอดคล้องกัน เนื่องจากของแข็งที่มีในน้ำมาจากอาหารที่ปลาไม่กิน หรือที่ปลากินแล้วย่อยไม่ได้ ซึ่งอาหารปลาเหล่านี้มีปริมาณโปรตีนอยู่ในอาหารค่อนข้างสูง โปรตีนที่มีในอาหารจะแตกตัวให้แอมโมเนียในน้ำ ดังนั้นเมื่อปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ย่อมส่งผลให้แอมโมเนียในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำสูงสุด-ต่ำสุดตลอดการทดลอง

พารามิเตอร์	Floating raft	Flood and drain	Nutrient film technique
อุณหภูมิ (°C)	32.1-37.4	32.3-37.3	32.6-37.8
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.53-8.34	7.66-8.23	7.77-8.16
ความนำไฟฟ้า(μS)	1136.7-1546	1136.7-1614	1093.3-1575
ความเข้มแสง (Kg Lux)	35-87	41-92	38.4-67.3
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(mg/L)	3.41-4.31	3.46-4.13	3.64-4.07
ความเป็นด่าง (mg/L)	287.75-321.83	292.45-340.72	283.45-334.22
ความกระด้าง (mg/L)	145.34-158.83	138.24-156.67	138.34-159.00
แอมโมเนีย (mg/L, TAN)	0.034-0.866	0.065-0.925	0.05-0.897
ไนโตรเจน (mg/L)	0.087-3.214	0.092-2.981	0.093-3.186
ไนเตรท (mg/L)	0.27-4.56	0.36-3.78	0.46-4.21
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (g/L)	0.827-7.231	0.8193-6.724	0.6423-8.124

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 2

ค่าคุณภาพน้ำ	แอมโมเนีย
ปริมาณของแข็ง	
Pearson Correlation	0.754*
Significant (2 tailed)	0.019
N	9

*. Correlation at 0.05(2-tailed)

ในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนที่มีในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 7) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนจากแอมโมเนียเป็นไนโตรเจนและไนเตรทเป็นผลผลิตสุดท้าย ดังนั้นเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายแอมโมเนียส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลง แต่เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนโตรเจนดังนั้นปริมาณไนโตรเจนจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณของแข็งที่เป็นแหล่งกำเนิดของแอมโมเนียในน้ำ จึงมีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในเชิงลบ

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 4

ค่าคุณภาพน้ำ	แอมโมเนีย	ปริมาณของแข็ง
ไนโตรเจน		
Pearson Correlation	-0.691*	-0.691*
Significant (2 tailed)	0.039	0.039
N	9	9

*. Correlation at 0.05(2-tailed)

ในสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนที่มีในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 10) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนจากแอมโมเนียเป็นไนโตรเจนและไนเตรทเป็นผลผลิตสุดท้ายนั้น เมื่อแบคทีเรียย่อยสลายแอมโมเนียส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลง แบคทีเรียจะเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนโตรเจน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนจึงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่แอมโมเนียจะลดลง คำอธิบายเรื่องความสัมพันธ์ปริมาณของแข็งที่เป็นแหล่งกำเนิดของแอมโมเนียในน้ำ จึงมีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในเชิงลบนั้นคือ

ของแข็ง → แอมโมเนีย → ไนโตรเจน

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนเตรทมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณบีโอดีที่มีในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 11) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนจากแอมโมเนียเป็นไนโตรเจนและไนเตรทจะเป็นผลผลิตสุดท้าย ดังนั้นเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายแอมโมเนียและอินทรีย์สารต่างๆที่มีในน้ำ (บีโอดี) ส่งผลให้ความเข้มข้นของบีโอดีลดลง

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 6

ค่าคุณภาพน้ำ	แอมโมเนีย
ไนโตรเจน	
Pearson Correlation	-0.898*
Significant (2 tailed)	0.001
N	9

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 6

ค่าคุณภาพน้ำ	ไนเตรท
บีโอดี	
Pearson Correlation	-0.674*
Significant (2 tailed)	0.046
N	9

ในสัปดาห์ที่ 8 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนเตรทมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณบีโอดีที่มีในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ดังตารางที่ 12) ซึ่งสามารถอธิบายได้ในกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนจากแอมโมเนียเป็นไนไตรท์และไนเตรทเป็นผลผลิตสุดท้าย ดังนั้นเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายแอมโมเนียและอินทรีย์สารต่างๆที่มีในน้ำ (บีโอดี) ส่งผลให้ความเข้มข้นของบีโอดีลดลง

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของสัปดาห์ที่ 8

ค่าคุณภาพน้ำ	ปริมาณของแข็ง
ไนเตรท	
Pearson Correlation	0.724*
Significant (2 tailed)	0.027
N	9

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ถึงแม้ว่าจะมีค่าคุณภาพน้ำบางค่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ แต่ไม่ได้นำเสนอความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยแบบ multiple regression เพื่อหาสมการแนวโน้มความสัมพันธ์ ซึ่งอธิบายเหตุผลได้ว่าพารามิเตอร์ที่วัดได้หลายค่าเช่นไนเตรทหรือปริมาณของแข็ง หรือปริมาณแอมโมเนีย หรือปริมาณบีโอดี ใช้ระยะเวลาในการวัดเพื่อให้ได้ผล จึงไม่จำเป็นในการสร้างกราฟเพื่อทำนายความสัมพันธ์ที่สมควรทำในความสัมพันธ์ที่เรารู้ค่าคุณภาพน้ำ และทำนายค่าอีกค่าได้ทันที

สรุปผลการทดลองที่ 2 พบว่าระบบปลูกพืชทั้งสามระบบของการเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิค เมื่อพิจารณาข้อมูลด้านน้ำหนักปลา ความยาว น้ำหนักพืช และและค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ปลาที่เลี้ยงในระบบปลูกพืชแบบ Nutrient film technique, NFT มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปลาสูงสุด 31.45 กรัม ตามด้วย ระบบปลูกพืชแบบ Flood and Drain (30.12 กรัม) และระบบ Floating Raft (28.53 กรัม) ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยของทุกฟริตเมนต์มีค่ามากกว่า 90% ผักที่ผลิตใน

ระบบมีน้ำหนักรวมมากที่สุด จากระบบ Floating Raft (348.9 กรัม) ตามด้วย ระบบปลูกพืชแบบ Flood and Drain (347.02 กรัม) และระบบ Nutrient film technique (323.52 กรัม) ตามลำดับ การเจริญเติบโตของปลาหรือพืชไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำด้านต่างๆพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแอมโมเนีย แต่ปริมาณของแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงลบกับไนไตรท์และแอมโมเนีย

การทดลองที่ 3 การทดลองที่พื้นที่ทับน้ำในบ่อปูฟิโอะและบ่อดิน

เมื่อได้ผลการทดลองในข้อที่ 2 ทางทีมวิจัยได้นัดเพื่อให้เกษตรกรมีส่วนร่วมตัดสินใจเลือกกระบอบควา-
โปนิคที่จะนำไปทดลองใช้ในตำบลทับน้ำ และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากที่ตกลงใช้พื้นที่จะ
ทำการศึกษา 2 ที่นั่นคือ

1) การทดลองในบ่อปูฟิโอะ ขนาด 8 ตารางเมตร ซึ่งในช่วงแรกที่เริ่มโครงการปลาที่เกษตรกรต้องการ
เลี้ยงในตอนแรกคือปลานิล และพืชที่ต้องการปลูกคือผักกาดขาว คะน้า กวางตุ้ง เมื่อทางทีมผู้วิจัยนำผลที่ได้
จากการทดลองที่สาขาวิชาไปพูดคุยพบว่าได้รับความร่วมมือดีมาก หลังจากที่เราได้ไปลงมือทำงานร่วมกันไม่
ว่าการเตรียมบ่อการเตรียมสถานที่การทดลอง เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้สร้างความไว้วางใจต่อตัวเกษตรกร
และได้รับความร่วมมือด้วยดี รวมทั้งการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก็ได้รับการยอมรับมากขึ้น ซึ่งเมื่อ
เปรียบที่เราลงพื้นที่สองครั้งแรก ซึ่งได้รับความร่วมมือน้อย เสนอแนะอะไรไม่รับฟัง

ถ้าเราเลือกใช้สถานที่บ่อปูฟิโอะของโรงเรียนวัดผึ่งแดด พบว่าถ้าเราเลี้ยงปลานิลในสภาพที่ไม่มีเครื่อง
ให้อากาศเราต้องปล่อยปลานิลในอัตราการปล่อยที่ต่ำมากคือประมาณ 2-5 ตัว/ตารางเมตร มิฉะนั้นอัตราการ
ปล่อยลูกปลานิลของบ่อปูฟิโอะประมาณ 16-40 ตัว และพอลาโตขนาด 300 กรัมต้องขยายบ่อมิฉะนั้นปริมาณ
ออกซิเจนไม่เพียงพอ ปลาจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้เกษตรกรเลือกพื้นที่
คือ

- 1 เลี้ยงปลานิล ใช้เครื่องให้อากาศ ปล่อยได้แน่นขึ้น : ทีมเกษตรกรบอกไม่เอาเปลืองไฟ
- 2 เลี้ยงปลาปลานิล ไม่ใช้เครื่องให้อากาศ ปล่อย 2-5 ตัว/ตารางเมตร : ทีมเกษตรกรบอกไม่เอา
เพราะว่าได้ปลาน้อยไป

3 ปล่อยปลาที่สามารถอยู่รวมกันได้น้ำด้วยความหนาแน่นสูง นั้นหมายถึงปลาเหล่านี้ต้องมีวิยะ
ช่วยหายใจ ที่ปลาสามารถใช้ดักจับออกซิเจนจากอากาศโดยตรงได้ เช่น ปลาดุกลูกผสม ปลาสลิด ปลาแรด
เกษตรกรเลือกปลาที่เลี้ยงเป็นปลาดุกลูกผสมเช่นเดิม

ซึ่งเป็นข้อที่สังเกตได้ว่าเมื่อความสนิมสนม เพราะมีการทำงานร่วมกับทีมวิจัยและนักศึกษา
เกษตรกรพร้อมจะรับฟังเหตุผลมากขึ้น แต่ถ้าเป็นสองสามครั้งแรกที่พบกัน เราก็พยายามชี้ให้เห็นปัญหาของ
การเลี้ยงปลานิลในที่แคบ แต่ตัวเกษตรกรไม่รับฟังเหตุผล เกษตรกรไม่เชื่อและยืนยันว่าต้องการเลี้ยงปลา

นิตเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้ชนิดปลาที่เลี้ยงในบ่อพื้อต้องเปลี่ยนชนิดปลาจากปลานิลไปเป็นปลาดุก
ลูกผสม

ปัญหาข้อที่สองนั้นคือทางเกษตรกรต้องการระบบปลูกพืชแบบ NFT แต่มีปัญหาคือไม่มีพื้นที่ที่จะ
วางรางได้ รวมทั้งบ่อเลี้ยงปลาดุกได้ทำสแลนพรางแสงที่จะลงในบ่อ ส่งผลให้จะใช้ระบบ Floating raft ก็
ไม่ได้เพราะว่าปริมาณแสงไม่พอดังนั้นก็มาตกลงใจกันที่ระบบ Flood & Drain ดังนั้นในบ่อพื้อเลือกใช้
ระบบ Flood & Drain

ปัญหาข้อที่สามไม่มีพื้นที่สำหรับให้พืชเจริญเติบโตรับแสงแดด ถ้ายังคงปลูกผักอยู่ เช่น กระน้ำ
ผักกาดขาวหรือกวางตุ้ง พบว่าในพื้นที่ถึงมีใช้ปลูกต้นไม้หนึ่งสามารถปลูกผักได้ 3 ต้น เมื่อพุดคุยกะ
เกษตรกรได้ตกลงเปลี่ยนจากผักที่ปลูกเป็นสมุนไพรที่ใช้ในครัวเรือน เช่น ต้นสะระแหน่ญวน เหยหอม ผัก
แพ้ว เป็นต้น

ดังนั้นอาจจะพูดได้ว่าระบบใน บ่อพื้อคือ ระบบ Flood & Drain และปลูกพืช ต้นสะระแหน่ญวน
เหยหอม ผักแพ้ว ซึ่งสามารถเก็บไปจำหน่ายหรือนำมาบริโภคในครัวเรือนได้

บ่อดิน : ได้พุดคุยกับเกษตรกร พบว่า เนื่องจากพื้นที่บริเวณรอบบ่อมีจำกัด ไม่สามารถใช้ระบบ Flood &
Drain ได้ เราสามารถใช้ได้คือ Floating raft ดังนั้นบ่อดินเป็นการเลี้ยงปลานิลและใช้ระบบปลูกพืชเป็นแบบ
แพลลอยน้ำ

การเลี้ยงปลาดุกในบ่อพื้อแบบอควาโปนิค (ปลูกพืชในวัสดุยึดเกาะFlood and drain)

พบว่าปลาดุกสามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่มีปัญหาเรื่องโรคหรือคุณภาพน้ำ ผักสวนครัวที่ปลูก กระ
เพรา ผักแพ้ว สะระแหน่ เหยหอม สามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่พบมีปัญหาเรื่องตะกอนที่เกิดขึ้นจากของเสีย
ที่ปลาขับถ่าย ออกมาไปอุดตันระบบหมุนเวียนน้ำที่ไหลลงสู่ระบบปลูกพืชเนื่องจากกระยะแรกใช้สายท่อให้
อากาศที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรเป็นตัวรับน้ำจากถังเก็บน้ำสูง พบว่าตะกอนไปอุดตันภายในระยะเวลา
ประมาณ 15 นาที ต้องแก้ไขโดยการติดตั้งวาล์วจ่ายน้ำลงสู่ถังปลูกพืชให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้วาล์วขนาด
4 หุนแทน ส่งผลให้ไม่ปัญหาเรื่องอุดตันของตะกอน นอกจากนี้ยังใช้ลูกลอยเป็นตัวบังคับการทำงานของปั๊ม
สูบน้ำ ผักที่ปลูกเป็นผักสวนครัวไม่ได้ตัดจำหน่ายเป็นการตัดเพื่อบริโภคในครัวเรือนเจริญเติบโตงอกงาม
ดี



ภาพที่ 22การจัดการน้ำในระบบเก่าและระบบใหม่

ตารางที่ 13 การเจริญเติบโตของปลาอุกที่เลี้ยงในระบบบอควาโปนิค

น้ำหนักปลาเริ่มต้น (g)	13.6
น้ำหนักปลาสุดท้าย (g)	224.5
น้ำหนักเพิ่ม (g/day)	2.34
น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง (g)	210.9
ความยาวปลาเริ่มต้น (cm)	8.56
ความยาวปลาสุดท้าย (cm)	26.7
อัตราการรอดตาย (%)	70
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)	1.67
ต้นทุนคงที่ (บาท/3เดือน)	115.99
ต้นทุนผันแปร (บาท/3เดือน)อาหาร35 บาท/กก.	1937.08
ขายปลา (ราคาขาย 65 บาท/กิโลกรัม)	2042.95
กำไร (บาท/3เดือน)	105.87
ผลผลิตผัก (กรัม)	1000

ต้นทุนคงที่คำนวณอายุการใช้งาน 5ปี

ค่าคุณภาพน้ำของบ่อปลาอุกที่เลี้ยงด้วยระบบบอควาโปนิค ถึงแม้ว่าจะไม่มีการให้อากาศเสริม แต่ปริมาณออกซิเจนที่มีในบ่อมีค่าสูงประมาณ 3 มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดเวลา เนื่องจากมีการวางผังระบบน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาที่ผ่านมายังถังปลูกพืชเพื่อจะมามีน้ำบำบัด ก่อนจะไหลลงคืนสู่บ่อเลี้ยงปลา พบว่าเราตั้งท่อจากถังปลูกพืชให้สูงส่งผลให้น้ำไหลคืนเป็นน้ำตกเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำในตัว

ปริมาณแอมโมเนียของบ่อนี้จะมีค่าสูงมากกว่าการทดลองที่ 2 (สาขาวิชา) หรือ การทดลองต่อไปที่เลี้ยงปลานิลในบ่อดิน เนื่องจากเราปล่อยปลาอุกในอัตราความแน่นที่สูง (25ตัว/ตารางเมตร) แต่ระดับแอมโมเนียยังไม่ส่งผลกระทบต่อถึงขั้นทำให้ปลาอุกตาย แต่จากรายงานของกรมประมง (มปป) พบว่าถ้าปริมาณแอมโมเนีย >1.5 มิลลิกรัม/ลิตรมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

เนื่องจากปริมาณของเสียที่มีอยู่เยอะปล่อยแน่น ส่งผลให้ปริมาณของแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อปลาอุก ยกเว้นการอุดตันของท่อน้ำที่ไหลลงสู่บ่อปลูกพืช

เมื่อนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาผ่านถังปลูกพืชผักสมุนไพรพบว่าสมุนไพรส่งผลให้มีค่าคุณภาพน้ำบางค่าเปลี่ยนแปลงไป เช่น ปริมาณของแข็งจะลดลง รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 14 คุณภาพน้ำสูงสุด-ต่ำสุดตลอดการทดลอง

พารามิเตอร์	
อุณหภูมิ (°C)	32.7-33.7
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.12-8.67
ความนำไฟฟ้า(μS)	1230-1360
ความเข้มแสง (Lux)	3.1-6.08
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(mg/L)	3.21-3.89
ความเป็นด่าง (mg/L)	175-213
ความกระด้าง (mg/L)	132-145
แอมโมเนีย (mg/L, TAN)	0.78-1.25
ไนไตรท์ (mg/L)	0.15-1.36
ไนเตรท(mg/L)	0.15-1.36
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/L)	6.38-10.74

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนจะพบว่ามีกำไร 105.87 บาท/เดือน ลดระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ลดลงประมาณ 110 นาที/เดือน ประหยัดทรัพยากรน้ำไป 3.2 ตัน/ครั้ง หรือ 6.4 ตัน/เดือน

ปลาไม่อัตราการรอดต่ำ ประมาณ 70% เนื่องจากมีตัวเงินตัวทองลงไปอยู่ในบ่อปูฟิอิสองครั้งเพราะว่าไม่พบโรคหรือการตายของปลาเลย



ภาพที่ 23 ผลผลิตปลาและระบบที่ทำการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำก่อนและหลังการผ่านระบบ อควาโปนิค นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโดยเน้นที่พารามิเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนมาหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพบว่า น้ำหลังจากผ่านกะละมังที่ปลูกผักแบบ Flood and drain จะมีปริมาณของแข็งลดลงสูงสุดถึง 18.2 % ตามด้วย ไนเตรท แอมโมเนีย ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนหลังจากที่ผ่านระบบลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยก่อนและหลังผ่านถังปลูกพืชน้ำ

พารามิเตอร์	% ลดลงของพารามิเตอร์
แอมโมเนีย mg/l	2.5
ไนเตรท mg/l	5.1
ปริมาณออกซิเจน mg/l	1.3
ปริมาณของแข็ง mg/l	18.2

4 การเลี้ยงปลานิลในบ่อดินแบบอควาโปนิคด้วยระบบแพลงก์ตอนน้ำ (ปลูกพืชระบบแพลงก์ตอนน้ำ)

การเลี้ยงปลานิลปลูกปลานิลโดยปล่อยปลานิลในอัตราความหนาแน่นต่ำ พบว่าปลานิลสามารถเจริญเติบโตได้ดีให้อาหารวันละสองมือ อาหารให้โดยสมาชิกของศูนย์ และมีการใส่ปุ๋ยคอกลงไปอาทิตย์ละสองกิโลกรัม ประมาณเดือนครึ่งหลังจากทำการทดลองทางศูนย์ได้รับอนุเคราะห์พันธุ์ปลาสวยและปลาดีสกเทศ และไม่มีบ่อใส่เนื่องจากบ่ออื่นน้ำน้อย จำเป็นต้องปล่อยรวมกัน ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณอัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ ในปัจจุบันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทางศูนย์ยังไม่ได้จับปลาเนื่องจากต้องการให้ปลาได้ขนาดใหญ่อขึ้น ประมาณ 700 กรัม ทางศูนย์ยังคงเลี้ยงปลาผู้วิจัยจะคำนวณคำนวณอัตราการรอดตายได้โดยดูจากจำนวนที่ได้ต่อพื้นที่ (พื้นที่แห และมาคำนวณจำนวนตัว/ปริมาตรบ่อ)

ปลาไม่มีปัญหาเรื่องโรคหรือคุณภาพน้ำ แต่อัตราการปล่อยไม่สามารถปล่อยได้แน่น เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่ต้องอาศัยในน้ำที่มีออกซิเจนละลายในน้ำสูง ผักที่ใช้ปลูกเป็นระบบแพลงก์ตอนน้ำ ปลูกในวัสดุปลูก (จี้ถั่วแกลบผสมกับแกลบดิบ) อัตราส่วน 1:1 ผักที่ปลูก พรมมิ ผักเป็ดค้าง และ วอเตอร์เครส ได้ปลูกผักบุงจีนเสริมลงเป็นลักษณะลอยน้ำที่ไม่ใส่วัสดุปลูก

ปัญหาที่พบ ปริมาณธาตุอาหารต่ำ แต่ด้วยชนิดของปลาที่ทำการศึกษาไม่สามารถอาศัยในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำได้ ส่งผลให้ต้องปรับชนิดพันธุ์ผักที่ใช้มีบ่อน้ำเพียงบ่อเดียว และทางมูลนิธิ ได้รับพันธุ์ปลาและต้องปล่อยลงเลี้ยงในบ่อเดียวกัน ส่งผลให้ข้อมูลอาหารที่เลี้ยงและปลาที่เลี้ยงเป็นระบบผสมผสาน

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลมีน้ำหนักเพิ่ม 3.16 กรัม/วัน เนื่องจาก ปล่อยในอัตราการปล่อยต่ำ ประมาณ 5 ตัว/ตารางเมตร มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันที่สูงกว่าการทดลองของปฐมพงษ์และคณะ (2557) ที่ปล่อยปลานิล 50-150 ตัว/ตารางเมตร มีการให้อาหารตลอดเวลา ค่า น้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.73-0.87 กรัม/วัน หรือรุ่งตะวันและคณะ (2554) ปล่อยปลานิล 38 ตัว/ตารางเมตร มีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.85 กรัม/วัน

ปลาจะมีอัตราการรอดต่ำ ประมาณ 68.5% เนื่องจากไม่ได้จับปลาทุกตัวได้มากจากการประเมินจำนวนปลาที่ติดแหและ ประเมินอัตราการรอดต่อพื้นที่ เพราะว่าไม่พบการเกิดโรคหรือการตายของปลาเลย

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนจะพบว่ามีกำไร 311.54 บาท/เดือน (ตารางที่ 16) และสามารถใช้ในการเลี้ยงปลาแบบนี้เป็นตัวใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำให้เพิ่มมากขึ้น และไม่เพิ่มของเสียลงสู่แหล่งน้ำ

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบบอควาโปนิก

น้ำหนักปลาเริ่มต้น (g)	10.2
น้ำหนักปลาสุดท้าย (g)	389.15
น้ำหนักเพิ่ม (g/day)	3.16
น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง (g)	378.99
ความยาวปลาเริ่มต้น (cm)	5.16
ความยาวปลาสุดท้าย (cm)	28.14
อัตราการรอด	68.5%
ต้นทุนคงที่ (บาท/4เดือน)	350
ต้นทุนผันแปร (บาท/4เดือน)อาหาร35 บาท/กก.	1637.08
ขายปลา (ราคาขาย 45บาท/กิโลกรัม)	2999.89
กำไร (บาท/3เดือน)	311.54
ผลผลิตผัก (กรัม)	1800

แพปลุกผักมีอายุ 1ปี

ตารางที่ 17 คุณภาพน้ำของบ่อดินที่มูลนิธิ

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	7.8-8.7
อุณหภูมิองศาเซลเซียส	32.5-34.5
ปริมาณของแข็ง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.3-4.6
ความเข้มแสง (กิโวลต์)	2.1-3.4
ความนำไฟฟ้าไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	1010-1321
ความเป็นด่าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	189-230
ความกระด้าง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	179-215
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.8-4.2
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.01-0.89
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.023-1.28
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.078-3.89
บีโอดี(มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.18-4.71



ภาพที่ 24 ปล่อยุสูกปลาและการเตรียมแพปลูกผัก



ภาพที่ 25 แพปลูกผักระบบ floating raft



ภาพที่ 26 ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยง

สรุป :สิ่งที่เกษตรกรได้เรียนรู้ใหม่

- เทคนิคการให้อาหาร เนื่องจากอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรเลี้ยงโดยให้อาหารจำนวนเยอะในปลาตัวโต และปลาตัวเล็กให้อาหารน้อย ในทางความเป็นจริงปลาที่ตัวโตแล้วให้กินเยอะก็ไม่ได้นำไปใช้ในการเจริญเติบโตแล้ว ไม่เหมือนปลาตัวเล็กที่ให้อาหารมากจะกระตุ้นให้ปลาโตได้ดี ดังนั้นทางทีมจึงต้องไปพูดคุยเพื่อปรับเปลี่ยนทัศนคติเรื่องการให้อาหาร และนี่อาจจะเป็นสาเหตุที่ว่าที่ผ่านมากระบวนการเลี้ยงปลาดุกขาดทุนนะ

- ข้อดีของระบบการเลี้ยงแบบอควาโปนิค นั่นคือเกษตรกรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยปกติเกษตรกรจะเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 2 อาทิตย์และเปลี่ยนมากน้อยขึ้นอยู่กับความสกปรก จากการสอบถามส่วนมากเปลี่ยนประมาณ 50 % หรือ 4 คิว หรือ 4 ตัน ต้องเสียค่าน้ำประมาณ 28 บ./การเปลี่ยน 1 ครั้ง ตลอดการเลี้ยง 1 ครอบเกษตรกรจะเปลี่ยนประมาณ 6 ครั้ง คิดเป็นเงินรวม 784 บาท นอกจากนี้เกษตรกรเสียเวลาแต่ละครั้งๆ ละ 1 ชั่วโมง รวมเป็นเวลา 6 ชั่วโมงสำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 ครอบ

สำหรับการเลี้ยงแบบอควาโปนิคไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่จะเติมน้ำลงไปทดแทนน้ำที่ระเหยไปโดยมีการเติมลงไปประมาณ 3 ครั้งตลอดการทดลอง ครั้งละ 10 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำรวมทั้งหมด 2.4 คิว คิดเป็นเงิน 5.76 บาท (น้ำ 7 บาท/คิว)

- กระตุ้นกิจกรรมการเลี้ยงปลาภายในชุมชน ด้วยทางมหาวิทยาลัยเข้าไปทำกิจกรรมส่งผลให้ทางอบต.ส่งผลให้ทางเริ่มมีการกิจกรรมด้านสัตว์น้ำ เช่นการเสนอของบประมาณด้านการเพาะขยายพันธุ์ปลาและอนุบาลลูกปลา ส่วนทางมูลนิธิในปัจจุบันยังคงเลี้ยงปลาด้วยระบบอควาโปนิคต่อ โดยทางโรงเรียนเลี้ยงเป็นปลาดุกลูกผสมส่วนปลานิลก็เลี้ยงโดยมูลนิธิต่อไป

เกษตรกรและเด็กนักเรียนได้เรียนรู้เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลา การชั่งน้ำหนัก และการเก็บข้อมูลอาหารที่ปลากิน แทนการหว่านสาตามอาการอยากกินอาหารของปลา

4 การถอดความรู้ หลังจากสิ้นสุดการวิจัย

หลังจากทดลองเสร็จได้พูดคุยร่วมกันระหว่างผู้วิจัย เกษตรกรผู้ร่วมโครงการ และนักศึกษาที่เข้าร่วมเก็บข้อมูล เพื่อถอดหาความรู้หลังจากสิ้นสุดการวิจัย และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินการในครั้งนี้

1 การเลี้ยงปลาแบบอควาโปนิคมีข้อดี คือประหยัดเวลา และประหยัดทรัพยากรน้ำ ผู้เลี้ยงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำปลาประจำ แต่จะเป็นการเติมทดแทนการระเหย ประหยัดเวลาและใช้น้ำน้อยมาก เหมาะสำหรับการสถานการณ์ปัจจุบันที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ

2 ระบบอควาโปนิคที่ดีและมีประสิทธิภาพต้องใช้เวลาให้ระบบทำงานอย่างน้อยครึ่งเดือน เพื่อให้กระบวนการทำงานของแบคทีเรียต่างๆ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

3 . พารามิเตอร์หลักๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบอควาโปนิคให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้แก่

3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจะต้องไม่เกิน 7 ถ้าเกิน 7 ควรมีการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้ลดลงโดยใช้กรด เนื่องจากพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ดีในสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างอ่อนๆ (pH<7)

3.2 ค่าปริมาณออกซิเจนต้องเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากระบบนี้อัตราการปล่อยที่หนาแน่นต้องการปริมาณออกซิเจนอย่างเพียงพอต่อสัตว์น้ำ และแบคทีเรียที่ทำงานในระบบบอควาโปนิคเป็นแบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน เพื่อให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 ปริมาณธาตุอาหาร (จิป्लाและเศษอาหาร) ต้องปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์

4. ช่วงระยะ 2 เดือนแรกได้รับความร่วมมือกับเกษตรกรในการร่วมลงมือทำการทดลองน้อย หลังจากทีมวิจัยลงพื้นที่ เก็บตัวอย่าง เกิดความสนิสนิมส่งผลให้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี และร่วมเกษตรกรกล้าแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทศนคคกับทีมวิจัย

บทที่ 3 สรุปผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Floating raft (FR), Flood and drain (FD) และ Nutrient film technique (NFT) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างน้ำหนักของปลาและน้ำหนักของพืชที่เลี้ยงทั้งสามระบบ ระบบที่ให้ผลการเจริญเติบโตปลามากที่สุดคือ ระบบอควาโปนิคแบบ NFT รองลงมาคือรูปแบบ FD และ FR ตามลำดับ แต่เมื่อมองข้อมูลน้ำหนักพืชจะพบว่า ระบบ FD จะมีน้ำหนักพืชสูงสุด ตามด้วยระบบ FR และ NFT ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลต้นทุนและกำไรของทั้ง 3 ระบบมาคำนวณพบว่าระบบการเลี้ยงที่ให้ผลตอบแทนมากที่สุดคือ FD ตามด้วย FR และ NFT ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลการเจริญเติบโตไปหาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) กับ ค่าคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ยกเว้นน้ำหนักพืชมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าบีโอดีของน้ำ ดังสมการ $Y = 274.337 + 14.214 \times \text{BOD}$ ($Y =$ น้ำหนักพืชรวมที่ได้) เมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ไปหาความสัมพันธ์กันพบว่าปริมาณของแอมโมเนียมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ ส่วนไนเตรทมีความสัมพันธ์กับค่าบีโอดี

จากนั้นคัดเลือกระบบไปใช้ศึกษาต่อ 2 สถานที่ คือ 1) บ่อปูฟิที่เลี้ยงปลาคุณ ณ โรงเรียนวัดฝั่งแคตบ้น้ำ ใช้ระบบอควาโปนิครูปแบบ FD และ 2) บ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งกาใช้เลี้ยงปลานิลร่วมระบบอควาโปนิคแบบ FR

จากการศึกษาพบว่า การเลี้ยงปลาในบ่อฟิ ปลาที่เลี้ยงเจริญเติบโตได้ดี ไม่พบปัญหาเรื่องโรคแต่มีอัตราการรอด 70% เนื่องจากพบตัวเงินตัวทองลงไปกินปลาในบ่อ คุณภาพน้ำเช่นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่ามากกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากรางระบบให้เป็นน้ำตก สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ ปริมาณแอมโมเนียยังอยู่ในช่วงที่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา เมื่อมองข้อมูลต้นทุนกำไรพบว่า การเลี้ยงปลาแบบนี้มีกำไร 105.87 บาทต่อเดือน ลดการเสียเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ประมาณ 110 นาที/เดือน ประหยัดทรัพยากรน้ำไป 3.2 ตัน/ครั้ง หรือ 6.4 ตัน/เดือน ค่าพารามิเตอร์น้ำที่มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านกะละมังที่ปลูกผักแบบ Flood and drain พบว่าปริมาณของแอมโมเนียลดลงสูงสุดถึง 18.2 % ตามด้วย ไนเตรท แอมโมเนีย ตามลำดับ

จากการศึกษาการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินร่วมกับการปลูกพืชแบบ FR พบว่าปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี โดยมีน้ำหนักเพิ่ม 3.16 กรัม/ตัว ไม่มีการให้อาหารตลอดเวลา มีการสุมปลาเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตด้วยแห ปลานิลมีอัตราการรอดต่ำ ประมาณ 68.5 % ไม่พบการเกิดโรคหรือการตายของปลาเลย

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนจะพบว่ามีกำไร 311.54 บาท/เดือน และสามารถใช้ในการเลี้ยงปลาแบบนี้ได้ และเป็นการประโยชน์ของแหล่งน้ำให้เพิ่มมากขึ้น และไม่เพิ่มของเสียลงสู่แหล่งน้ำ

บรรณานุกรม

- ปฐมพงษ์กาศสกุล ประจวบ ฉายบุญ ชนกันต์ จิตมนัส และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิค. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 8 (1): 23-32.
- ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์. มปป. อควาโปนิคส์ (Aquaponics) เกษตรวิธีประมง เลี้ยงปลาได้กินผัก ปลุกผักได้กินปลา. ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบัน วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) (<http://www.kasetporpeangclub.com/forums/บทความเกษตรพอเพียง/4008-อควาโปนิคส์-aquaponicsเกษตรวิธีประมง-เลี้ยงปลาได้กินผัก-ปลุกผักได้กินปลา.html>)
- พรหมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ...จากตลิ่ง สู่ตลาด: <http://health.kapook.com/view117562.html>
- มหาวิทยาลัยมหานคร. 2555. อควาโปนิคส์ (Aquaponic) เลี้ยงปลาในตู้ควบคู่ปลุกผัก รักษาธรรมชาติ ปราศจากสารเคมี.
- รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์กุลิตเอื้ออานวยนวกัทรอินทรพุกและเบญจมาศวิทรัพย์. 2554. การทำฟาร์มแบบผสมผสานระหว่างเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลุกผักนึ่งจิ้นลอยน้ำ. คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5 (1): 37-46.
- สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย ประจวบ ฉายบุญ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และอานัฐ ตันโซ. 2551. การศึกษาวัสดุการกรองทางชีวภาพ เพื่อใช้ในระบบการเลี้ยงปลาควบคู่ผสมร่วมกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2 (1): 55-65.
- สุภาวดี โกษกุลย์. 2557. การกำจัดไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบไม่ทิ้งของเสียออกจากฟาร์ม. มทร.สุวรรณภูมิ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1.
- องค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ แผนยุทธศาสตร์การพัฒนา (พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๕๗) อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.
- อุธร ฤทธิลิก สรรลภ สงวนดีกุล และศรีธยา รักเสรี. 2556. การวิจัยพัฒนาระบบอควาโปนิคสำหรับบำบัดน้ำเลี้ยงในระบบเลี้ยงปลาดุกผสมแบบใช้น้ำหมุนเวียน. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. วารสารวิจัย 6 (1): 103-112
- หนังสือสมุนไพรบำบัดเบาหวาน 150 ชนิด. (เกศจักรหญิง จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก). “ผักเปิดแดง”. หน้า 110. มูลนิธิหมอชาวบ้าน. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 248 คอลัมน์: พืช-ผัก-ผลไม้. “ผักเปิด : ผักสามัญที่ไม่ไร้ความสำคัญ”. (เดชา ศิริภัทร). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.doctor.or.th. [16 พ.ย. 2014].
- ไทยรัฐออนไลน์. (นายเกษตร). “ปากเปิดแดง ใบสีสวย”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.thairath.co.th. [16 พ.ย. 2014].

ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ควรป้องกัน ควบคุม และกำจัดของประเทศไทย, สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ
 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “ผักเป็ดแดง ผักเป็ดฝรั่ง พรมมิ
 แดง ผักโหมแดง”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: chm-thai.onep.go.th. [16 พ.ย. 2014]
 หนังสือสารานุกรมสมุนไพรไทย-จีน ที่ใช้บ่อยในประเทศไทย. (วิทยา บุญวรพัฒน์). “ผักเป็ดขาว”. หน้า
 352.

Lawson, T.B. 1995. Fundamentals of aquaculture engineering. New York, USA: Chapman & Hall.

Losordo T.M. 1998. Recirculating aquaculture tank production System: Integration fish and plant Culture.
 Southern Regional Aquaculture Center.459: 1- 12.

<http://aquaponicsplan.com/wp-content/uploads/2013/04/aquaponic-plans-1.jpg>

<http://health.kapook.com/view117562.html>

ภาคผนวก

กิจกรรมที่ดำเนินการและผลที่ได้รับผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะ ได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	ปัญหา/อุปสรรค
1.1 ศึกษา สภาพพื้นที่ และ ทรัพยากร	1.1 รู้สภาพพื้นที่ และทรัพยากรใน ชุมชน และพื้นที่ มูลนิธิเพื่อนพึ่งกา	-ดำเนินการตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่ตั้งไว้ -ขนาดพื้นที่สระน้ำ -มีพรรณปลาอื่นๆอยู่ -รู้ปริมาณปลาที่มีอยู่ในสระน้ำของมูลนิธิซึ่งเดิมเป็นที่เลี้ยง แบบธรรมชาติ -ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับทรัพยากรในพื้นที่	ในบ่อดินที่ทดลองมี พรรณปลาจำนวนมาก และเกษตรกรที่มูลนิธิ ไม่อยากให้สูบน้ำแห้ง ส่งผลให้ต้องย้ายปลา ด้วยวิธีการลากอวน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำ ได้เพียงการตีอวนและ จับปลาบางส่วนย้าย ออกไปจากบ่อที่จะใช้ ทำการทดลอง
1.2 ออกแบบ ระบบการ เลี้ยงแบบบอ ควาโปนิค	1.2 รู้ระบบการ เลี้ยงแบบบอควาโป นิคที่จะไปปรับใช้ ในบ่อดิน และบ่อ ปูพืชน้ำ	-ดำเนินการตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่ตั้งไว้ -ออกแบบระบบบอควาโปนิค 3 แบบ คือ FR, FD และ NFT	
1.3 ทดสอบ ประสิทธิภาพ ของระบบ	1.3.1 ทำทดสอบ ประสิทธิภาพของ ระบบการเลี้ยง ปลาแบบบอควาโป นิค 1.3.2 ระบบพร้อม ที่จะทำงาน ทดลอง	-ดำเนินการตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่ตั้งไว้ -ดำเนินการเลี้ยงปลานิลระบบบอควาโปนิค ณ สาขาวิชา ระบบที่มีประสิทธิภาพจากการศึกษาครั้งนี้คือระบบบอควา โปนิครูปแบบ NFT รองลงมาคือรูปแบบ FD และ FR ตามลำดับ แต่ทั้ง 3 ระบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ -เมื่อมองต้นทุนจะพบว่าระบบการเลี้ยงร่วมกับ FD ให้กำไร มากที่สุด -นำหนักปลาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำ -น้ำหนักพืชมีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพน้ำในเชิงสถิติกับ ค่าบีโอดี โดยมีสมการความสัมพันธ์ $Y = 274.337 + 14.214 \times \text{BOD}$ $Y = \text{น้ำหนักพืชรวมที่ได้}$	-ปัญหาด้านคุณภาพน้ำ เนื่องจากน้ำที่สาขาวิชา ฯ มีค่าเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่อนข้างสูงซึ่งค่า ความเป็นกรดเป็นด่าง ที่เหมาะสมและพืช สามารถนำไปใช้ใน การดูแลรักษาอาหารที่ดี ควรเป็นกรดอ่อนๆ (pH<7) -ปัญหาการขาดธาตุ อาหารของพืช คือธาตุ เหล็ก โดยสังเกตจากสี ใบของพืช

<p>2.1 คัดเลือก ระบบที่มี ประสิทธิภาพ และ เหมาะสมกับ บริบทของ พื้นที่</p>	<p>2.1 ทราบ ประสิทธิภาพ ระบบและความ เหมาะสมกับ บริบทของพื้นที่</p>	<p>-ดำเนินการตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่ตั้งไว้</p> <p>-หลังจากได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่สาขาวิชาฯ และนำข้อมูลที่ได้มาเสนอและพูดคุยกับเกษตรกร โดยทั้ง เกษตรกรและผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกระบบที่นำมาใช้ในการ การศึกษาคือ บ่อปุฟิอี่ที่เลี้ยงปลาดุก ณ โรงเรียนวัดฝั่งแดง ทับน้ำใช้ระบบบ่อควาโปนิกรูปแบบ FD ส่วนบ่อดินที่มูลนิธิ เพื่อนพึ่งภาใช้ระบบควาโปนิกรูปแบบ FR</p>	<p>ปัญหาเรื่อง การคัดเลือกในบ่อ ปลาดุกปุฟิอี่ที่ โรงเรียนฯ เนื่องจาก เกษตรกรต้องการ ปลูกพืชแบบ NFT แต่มีปัญหาคือ ไม่มี พื้นที่วางรางได้ ส่วน รูปแบบ FR ก็ไม่ สามารถทำได้ เนื่องจากด้านบนบ่อ ปลาดุกได้ทำแกลน พรางแสงทำให้แสง ส่งผ่านลงได้น้อย</p> <p>-บ่อดินที่มูลนิธิฯ พื้นที่ ข้างบ่อมีจำกัด ไม่ สามารถใช้รูปแบบ FD ได้ และรูปแบบที่ เหมาะสมต่อพื้นที่คือ FR</p>
<p>2.2 เกษตรกร ดำเนินการ ทดลองเลี้ยง</p>	<p>2.2 เกษตรกรและ มูลนิธิเพื่อนพึ่งภา ดำเนินการทดลอง เลี้ยงปลาใน ระบบบ่อควาโปนิค</p>	<p>-ดำเนินการตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่ตั้งไว้</p> <p>-โดยบ่อปุฟิอี่ที่เลี้ยงปลาดุก ณ โรงเรียนวัดฝั่งแดงทับน้ำใช้ ระบบบ่อควาโปนิกรูปแบบ FD ส่วนบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่ง ภาใช้โดยทำการเลี้ยงปลานิลร่วมการกับการปลูกผักลอยน้ำ แบบ FR ในระบบควาโปนิค</p> <p>- พบว่าปลาดุกสามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่มีปัญหา เรื่องโรคหรือคุณภาพน้ำ ผักสวนครัวที่ปลูก กระเพรา ผัก แพว สะระแหน่ เตยหอม สามารถเจริญเติบโตได้ดี</p> <p>-คุณภาพน้ำด้านออกვიเจนถึงแม้ว่าไม่มีเครื่องให้อากาศแต่ จากการวางผังระบบดีส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำ มีค่ามากกว่า 3มิลลิกรัม/ลิตร</p> <p>- ปริมาณของแฉ่งมีค่ามากแต่เมื่อนำน้ำผ่านระบบปลูกพืช แบบบ่อควาโปนิคพบว่าปริมาณของแฉ่งที่ผ่านระบบปลูกพืช แบบ FDสามารถลดค่าปริมาณของแฉ่งในน้ำได้สูงสุด 12%</p>	<p>-การเลี้ยงปลาดุกในบ่อ ปุฟิอี่ร่วมกับการปลูกผัก รูปแบบ FD ใน ระบบบ่อควาโปนิค ณ โรงเรียนวัดฝั่งแดงทับ น้ำมีปัญหาเรื่องตะกอน อุดตันระบบหมุนเวียน น้ำเนื่องช่วงแรกของ การทดลองใช้สายแอร์ ปั๊มซึ่งมีขนาดเล็ก ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับแก้ ไขโดยการใช้อาวุธที่มี ขนาดใหญ่ขึ้น และมี การเพิ่มท่อทางระบาย</p>

		<p>- อัตราการรอดต่ำ ประมาณ 70% เนื่องจากมีตัวเงินตัวทองลงไปในระบบ</p> <p>บ่อดิน</p> <p>- การเจริญเติบโตของปลานิลไม่ดีพบโรค หรือปัญหาคุณภาพน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตเช่น ปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำมีปริมาณเหมาะสม ส่วนของเสียเช่นแอมโมเนีย ต่ำกว่าระดับที่เป็นพิษ</p> <p>- อัตราการรอดต่ำ เนื่องจากอัตราการรอดที่ได้มาจากการประเมินจำนวนปลาที่ติดแห เนื่องจากศูนย์ต้องการเลี้ยงปลาต่อ</p>	<p>น้ำออกเพิ่มขึ้น ทำให้หมดปัญหาการดันและการล้นของน้ำ</p> <p>- มีตัวเงินตัวทองลงไปบ่อส่งผลให้อัตราการรอดของปลาดำ</p> <p>- สำหรับบ่อดินที่มูลนิธิเพื่อนพึ่งภา ใช้โดยการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักลอยน้ำรูปแบบ FR ในระบบควาโปนิค</p> <p>เกิดปัญหาเนื่องจากไม่สามารถปล่อยปลาในอัตราที่หนาแน่นได้เนื่องจากปลาที่ปล่อยลงเลี้ยงในการทดลองเป็นปลานิลซึ่งต้องการออกซิเจน และทำให้ธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงทำให้ต้องเปลี่ยนชนิดพืชเป็นผักเป็ดและพรมมิ</p> <p>- ระบบการจัดการทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากมีชนิดปลาอื่นปนอยู่ภายในบ่อ</p>
3.1ศึกษา รายได้ ต้นทุน และกำไร จาก การเลี้ยงปลา ในระบบบ่อ	รู้ข้อมูลรายได้ ต้นทุน และกำไรจากระบบการเลี้ยงปลา	<p>- ดำเนินการวัดและแผนงานที่ตั้งไว้</p> <p>- ได้คำนวณรายได้ ต้นทุน กำไร ในการทดลองระบบควาโปนิคทั้งสามรูปแบบที่สาขาวิชา ดังตารางที่ 5 (หน้า 31) และ การทดลองเลี้ยงปลาดุกในบ่อฟิโอบีในระบบควาโปนิครูปแบบ FD ดังตารางที่ 5 (หน้า 31)</p>	<p>- ปัญหาที่พบในบ่อดิน ณ มูลนิธิฯ ไม่สามารถคำนวณรายได้ ต้นทุน กำไร ได้ เนื่องจากมีการปล่อยปลาชนิดอื่นลงไปภายในบ่อ</p>

วาโปนิก		<p>-ได้คำนวณรายได้ ต้นทุน กำไร ของการทดลองระบบบอควาโปนิกบ่อปูฟิ ดังตารางที่ 13 (หน้า 43) มีกำไร 105.87 บาท/เดือน</p> <p>-ได้คำนวณรายได้ ต้นทุน กำไร ของการทดลองระบบบอควาโปนิกบ่อดิน ดังตารางที่ 16 (หน้า 43) มีกำไร 311.54 บาท/เดือน</p>	<p>เพิ่มเติม</p> <p>-มีการให้อาหารเสริมเพิ่มเติม ทำให้ไม่สามารถคำนวณต้นทุนกำไรได้</p> <p>-ยังไม่ได้ดำเนินการจับผลผลิตสุดท้ายของรอบการผลิต</p>
3.2 การเผยแพร่สิ่งเสริมระบบที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่	<p>-ได้องค์ความรู้จากการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิก</p> <p>-ได้เผยแพร่องค์ความรู้จากการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิกให้แก่ชุมชน</p>	<p>1. ระบบบอควาโปนิกที่มีประสิทธิภาพต้องใช้เวลาอย่างน้อยหนึ่งเดือนเพื่อให้กระบวนการทำงานของแบคทีเรียเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์</p> <p>2. พารามิเตอร์หลักๆที่มีผลต่อการทำงานของระบบบอควาโปนิก ได้แก่</p> <p>2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจะต้องไม่เกิน 7 ถ้าเกิน 7 ควรมีการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้ลดลงโดยใช้กรด เนื่องจากพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ดีในสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างอ่อนๆ (pH<7)</p> <p>2.2 ค่าปริมาณออกซิเจนต้องเพียงพอ เนื่องจากระบบมีการปล่อยปลาในปริมาณที่หนาแน่นออกซิเจนต้องมีการให้ปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอต่อตัวน้ำ และแบคทีเรียที่ทำงานในระบบบอควาโปนิกเป็นแบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน เพื่อให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>3 ปริมาณธาตุอาหาร (ขี้ปลาและเศษอาหาร) ต้องปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช</p> <p>-นักเรียนโรงเรียนวัดฝั่งแดง เกษตรกร ณ มูลนิธิเพื่อนพึ่งภา และเกษตรกรสนใจการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิกจากการเสวนาและจัดนิทรรศการเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิก</p> <p>-การเลี้ยงปลาแบบบอควาโปนิกนับว่าเป็นการกระตุ้นให้</p>	<p>-การนำไปเผยแพร่ถ้าในกรณีพื้นที่ใหญ่ ต้องใช้ต้นทุนสูง</p> <p>-การเลี้ยงปลาใน</p>

<p>มูลนิธิเพื่อนพึ่งกา และ นั ก เรี ย น โรงเรียนวัดผึ่ง แดด ต.ทับน้ำ โดย การจัดเสวนาและ จัดนิทรรศ</p> <p>-เผยแพร่ องค์ ความรู้ และจัด นิ ท ร ร ศ ก า ร เกี่ยวกับการเลี้ยง ปลาในระบบบอ ควาโปนิคในงาน เกษตรแฟร์ ณ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราช มงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา</p>	<p>สมาชิกมีความสนใจในกิจกรรมการเลี้ยงและการใช้ ประโยชน์จากแหล่งน้ำมากขึ้น</p> <p>-เมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถใช้เป็นศูนย์เรียนรู้ และศูนย์ สาธิตในระบบดังกล่าว</p> <p>-การจัดนิทรรศการการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโปนิคใน งานเกษตรแฟร์ได้รับความสนใจของบุคคลทั่วไป เกษตรกร และนักศึกษา สามารถใช้ปฏิบัติการและสามารถ เยี่ยมชมศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงปลาในระบบบอควาโป นิค</p>	<p>ระบบบอควาโปนิคยังคง เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับ ความสนใจเฉพาะกลุ่ม</p> <p>-การนำระบบไปใช้ ต้องมีการลงทุนเริ่มต้น ซึ่งกลุ่มคนบางกลุ่มอาจ มีปัจจัยที่จำกัด</p>
---	--	--

กิจกรรม: การถ่ายทอดความรู้แก่น้องๆ โรงเรียนวัดผึ่งแดด จำนวน 3 ครั้ง ในหัวข้อ

เรื่องกายวิภาคปลานิลระบบบอควาโปนิคการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตปลานิลและปลาอุก
การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น







กิจกรรมจัดนิทรรศการ คืบความรู้สู่ชุมชน 8 ธันวาคม 2558





กิจกรรมจัดนิทรรศการราชมงคลวิชาการ 20-24 มค 2529





กิจกรรม การถอดบทเรียน แลกเปลี่ยนเรียนรู้

