

การเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาล
ลูกปลานิลแปลงเพศ

**Filter materials comparison of nursing sex-reversed Nile tilapia
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) in closed recirculating system**



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-081-333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Filter materials comparison of nursing sex-reversed Nile tilapia
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) in closed recirculating system**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2020

KMITL-2020-AG-M-081-333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบวัสดุรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ
นักศึกษา	นายกษิธิศ คันธเสน
รหัสประจำตัว	60604036
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

บทคัดย่อ

การทดลองอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำที่มีวัสดุรองเพื่อลดปริมาณของเสียจากอาหารที่เหลือ และสิ่งขับถ่ายของลูกปลา โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าสาหร่ายหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จึงนำสาหร่ายพวงชะโดมาใช้เป็นวัสดุรองของเสียร่วมกับเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด การเจริญเติบโต อัตรารอดของลูกปลานิลแปลงเพศ ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดควบคุมไม่ใช้วัสดุรอง ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง และใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง ทำการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมด 63.42 ± 5.24 , 78.99 ± 4.53 , 75.00 ± 4.17 , 100.00 ± 2.94 , 72.81 ± 7.71 และ 54.60 ± 17.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มากกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองการนำไฟฟ้า และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในทุกชุดการทดลองไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าความเป็นด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($P < 0.05$) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง และใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่าชุดที่ไม่ใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รวมถึงระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองมีต้นทุนทั้งหมด ค่าไรสุทธิ และจุดคุ้มทุนของราคาขายลูกปลานิลแปลงเพศดีที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Filter materials comparison of nursing sex-reversed Nile tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) in closed recirculating system
Student	Mr. Kasidid Kantasean
Student ID.	60604036
Degree	Master of Science
Program	Fisheries science
Year	2020
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Somchai Wangwibulkit

ABSTRACT

The study nursing sex-reversed Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in recirculating system with filter to reduce waste from uneaten feed and excretion of fry was divided into 2 experiments. The aim of the first experiment was to study efficiency of hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.) and hydrilla (*Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle) as biofilter for treating waste water from nursing Nile tilapia. The results indicated the efficiency of reducing nitrogen, reactive soluble phosphorus and total phosphorus with specific growth rate in hornwort as biofilter treatment more than hydrilla as biofilter treatment. Therefore, hornwort used to waste filter with synthetic polymers filter in nursing sex-reversed Nile tilapia system. The second experiment was to study the efficiency of reducing total suspended solid, nitrogen phosphorus and total bacteria, growth and survival rate of sex-reversed Nile tilapia, cost, income and investment return of nursing sex-reversed Nile tilapia system with synthetic polymers and hornwort filter. The experiments were conducted 4 treatments : without filter , synthetic polymers filter, hornwort filter and synthetic polymers with hornwort filter. The experiment was studied for 6 weeks. The efficiency of reducing total suspended solid, total ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, soluble reactive phosphorus and total phosphorus in nursing system with synthetic polymers and hornwort filter were 63.42 ± 5.24 , 78.99 ± 4.53 , 75.00 ± 4.17 , 100.00 ± 2.94 , 72.81 ± 7.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and 54.60 ± 17.01 respectively more than in nursing system without hornwort filter significantly difference ($P < 0.05$). At the end of the experiment, conductivity and dissolved oxygen in nursing system were not significantly difference ($P > 0.05$). pH and alkalinity were significantly difference ($P < 0.05$). Total bacteria in nursing sex-reversed Nile tilapia tank and storage tank with chlorine treatment were founded in nursing system with hornwort filter and synthetic polymers with hornwort filter less than in nursing system without hornwort filter treatment significantly difference ($P > 0.05$). Specific growth rate, average daily weight gain and survival rate of sex-reversed Nile tilapia in nursing system with synthetic polymers and hornwort filter were significantly difference ($P < 0.05$). The results of total cost, net profit and break-even point of nursing system with hornwort filter had the best value.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร. สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านวิชาการ ชี้แนะแก้ไขปัญหา และช่วยเหลือให้ความรู้ละประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ และ ผศ.ดร. อัจฉริ เรืองเดช กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาชี้แนะข้อสงสัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ นางสาวบุปผา จงพัฒน์ นายกฤษฎา มีทอง นายสุเมธี ทวีชัย และนักศึกษาประจำห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงขอขอบคุณบิดาและมารดา ซึ่งเป็นผู้ให้กำลังใจ และการสนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่สั่งสอนและถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

กษิตศ คันธเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	XII
สารบัญรูป	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.6 สรุปขั้นตอนการศึกษา.....	5
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของปลานิลแปลงเพศ	7
2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในประเทศไทย.....	7
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของปลานิลแปลงเพศ.....	7
2.2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ.....	9
2.3 การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ.....	10
2.3.1 ของเสียจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	12
2.3.2 ผลกระทบจากของเสียในระบบอนุบาลต่อลูกปลานิลแปลงเพศ.....	16
2.4 การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	18
2.4.1 วัสดุกรองของเสียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	19
2.4.2 การนำสาหร่ายหางกระรอกมาเป็นวัสดุกรองชีวภาพในระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ.....	25
2.4.3 การนำฟิชีน้ำมาเป็นวัสดุกรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ แบบหมุนเวียนน้ำ.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 การลดปริมาณแบคทีเรีย และการปรับคุณภาพน้ำ โดยใช้สารเคมีในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ.....	30
2.4.5 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด.....	32
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	34
3.1.1 อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	34
3.1.2 อุปกรณ์สำหรับที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	36
3.1.3 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	36
3.1.4 อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำ.....	37
3.1.5 อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับเตรียมคลอรีน	38
3.2 วิธีการศึกษาวิจัย	38
3.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล.....	39
3.2.1.1 วางแผนการทดลอง	39
3.2.1.2 การเตรียมน้ำหมักจากมูลของลูกปลานิลแปลงเพศ และอาหารที่เหลือ.....	39
3.2.1.3 การเตรียมสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก	40
3.2.1.4 การดำเนินการทดลอง.....	40
3.2.2 การเปรียบเทียบวัสดุกรองระหว่างเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำที่นำมาใช้ลดของเสียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ.....	43
3.2.2.1 วางแผนการทดลอง	43
3.2.2.2 การเตรียมระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2.3 การเตรียมวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ พีชน้ำ ลูกปลานิลแปลงเพศ และน้ำที่ใช้ในการทดลอง	45
3.2.2.4 การดำเนินการทดลอง.....	46
3.2.3 การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศ.....	49
3.2.4 การศึกษาต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนจากผลผลิตลูกปลานิล แปลงเพศที่ผ่านการอนุบาลในระบบหมุนเวียนแบบปิดที่มีวัสดุ กรองของเสียแตกต่างกัน	50
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	54
4.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยใช้สาหร่ายพวง ชะโด และสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพในน้ำที่ทำการอนุบาล ลูกปลานิล.....	54
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (แอมโมเนีย-ไนโตรเจนรวม ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน) และฟอสฟอรัส (ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัส ทั้งหมด) จากการใช้ สาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพ.....	54
4.1.2 ประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในการลด ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	57
4.1.3 การเจริญเติบโต และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของ สาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก.....	59
4.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด และประสิทธิภาพใน การลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	61
4.2.1 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และ ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดของระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็น วัสดุกรอง.....	63
4.2.3 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	64
4.2.3.1 ปริมาณไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และ ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	64
4.2.3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และ ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	75
4.2.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของระบบ อนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง	78
4.2.4.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนของระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง.....	78
4.2.4.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสของระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และ พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	82
4.2.5 การเจริญเติบโต และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของ สาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูก ปลานิลแปลงเพศ	83
4.2.5.1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงชะ โดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรอง ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ.....	83
4.2.5.2 อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะ โด ที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิล แปลงเพศ	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.6 ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็น วัสดุกรอง.....	86
4.2.7 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และ ถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	88
4.2.8 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนของ ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	91
4.3 การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในของระบบ อนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง	95
4.3.1 ค่าน้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูก ปลานิลแปลงเพศ	95
4.3.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกปลานิลแปลงเพศ ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	96
4.4 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	98
4.4.1 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใย พลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	98
4.4.2 รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	98
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง	101
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก	114
ภาคผนวก ข	126
ประวัติผู้เขียน	131



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมรรถภาพของปลานิลที่เลี้ยงในกระชังแม่น้ำพารานาพาเนมาประเทศบราซิล.....	14
2.2 องค์ประกอบของอาหารที่เหลือ สิ่งขับถ่ายในรูปของแข็ง และสิ่งขับถ่ายในรูป ของเหลวของปลานิลที่เพาะเลี้ยงในกระชัง	14
2.3 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโด	29
2.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโด ในสถานะไม่มีออกซิเจน (non-aeration).....	29
2.5 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบอนุบาลลูกปลานิลที่มีสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุรองชีวภาพ.....	30
2.6 ผลตอบแทนการลงทุน และจุดคุ้มทุนในการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ ในถังไฟเบอร์กลาสระบบน้ำหมุนเวียน	33
3.1 วิธีการวิเคราะห์ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ	41
3.2 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	52
3.3 รายได้ และผลตอบแทนจากผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละระบบ อนุบาลลูกปลา.....	53
4.1 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	54
4.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	55
4.3 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	55
4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	56
4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล	56
4.6 ค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก.....	60
4.7 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก.....	60
4.8 อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโด และ สาหร่ายหางกระรอก.....	61
4.9 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ.....	62
4.10 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	62
4.11 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ.....	65
4.12 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	67
4.14 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	70
4.15 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	71
4.16 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	72
4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	75
4.18 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	76
4.19 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	77
4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	78
4.21 ค่าน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรอง	84
4.22 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรอง	85
4.23 อัตราการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้ เป็นวัสดุกรอง	86
4.24 ค่าการนำไฟฟ้าในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	87
4.25 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	87
4.26 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	88
4.27 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน	91
4.28 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน	92
4.29 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน	93
4.30 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน	93
4.31 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน	94
4.32 ค่าน้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศ	96
4.33 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด และอัตราการ เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกปลานิลแปลงเพศ	97
4.34 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	99
4.35 รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบภายนอกของปลานิลเพศผู้อายุ 50 วัน	9
2.2 ผลของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟอสเฟต	16
2.3 แผนผังระบบเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแบบหมุนเวียนน้ำ.....	18
2.4 รูปแบบการเลี้ยงปลานิลที่มีรางดักตะกอนเป็นตัวควบคุมของเสียในระบบหมุนเวียนน้ำ.....	20
2.5 การทำงานของตัวสูบลโปรตอน (proton pump)	22
2.6 อัตราการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน	23
2.7 การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว (<i>Gracilaria secundata</i>)	24
2.8 ประสิทธิภาพในการปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำของสาหร่ายหางกระรอก.....	27
3.1 แผนผังของโหลแก้วที่มีสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพ.....	39
3.2 ก. ถังเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก ข. สาหร่ายพวงชะโด ผูกติดกับแผ่นพลาสติก และ ค. สาหร่ายพวงชะโดในโหลน้ำหมัก.....	40
3.3 แผนผังระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ	44
4.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการอนุบาล ลูกปลานิลของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก	57
4.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำที่จากการอนุบาล ลูกปลานิลของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก	58
4.3 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำที่จากการอนุบาล ลูกปลานิลของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก	59
4.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลง.....	64
4.5 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของชุดควบคุม.....	68
4.6 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ เป็นวัสดุกรอง.....	68
4.7 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็น วัสดุกรอง.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	69
4.9 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของชุดควบคุม	73
4.10 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ เป็นวัสดุกรอง	73
4.11 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง.....	74
4.12 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนใน ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	74
4.13 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนของระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศ	79
4.14 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิล แปลงเพศ	80
4.15 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิล แปลงเพศ	81
4.16 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของระบบอนุบาลลูกปลานิล แปลงเพศ	82
4.17 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิล แปลงเพศ	83
4.18 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ถังที่ 1) และถังพักน้ำ ที่มีคลอรีน (ถังที่ 5).....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลานิลแปลงเพศจัดเป็นปลาน้ำจืดในวงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) ที่ถูกพัฒนาสายพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์ดั้งเดิมอยู่ในกลุ่มปลากินพืช โดยทั่วไปอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเขตร้อน เขตกึ่งร้อน และเขตอบอุ่น สำหรับปลานิลแปลงเพศเป็นปลาน้ำจืดที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ อีกทั้งปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโตที่ดี และสามารถควบคุมความหนาแน่นในช่วงระหว่างการเลี้ยงได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลสายพันธุ์ปกติ จึงมีการเพาะเลี้ยงอย่างกว้างขวางในประเทศไทย การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเพาะฟัก การอนุบาล และการเลี้ยง สำหรับขั้นตอนการอนุบาลจัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ หากในช่วงอนุบาลมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เมื่อนำลูกปลาไปเลี้ยงอาจมีอัตราการรอดที่ต่ำส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร (กรมประมง, 2557 ; Attee *et al.*, 2017)

ปัจจุบันการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมีการพัฒนาระบบอนุบาลให้มีความเหมาะสมในเรื่องคุณภาพลูกปลา คุณภาพน้ำ ต้นทุนการผลิต และการลดของเสียไม่ให้กระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ตามคู่มือการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล (good aquaculture practice for tilapia farm) และมาตรฐานการเลี้ยงสัตว์น้ำที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม (code of conduct) ส่วนใหญ่เป็นการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำ (recirculating aquaculture system) เพราะสามารถอนุบาลลูกปลาที่ความหนาแน่นสูงในพื้นที่จำกัด และควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นในระบบได้ดีเมื่อเทียบกับระบบอนุบาลลูกปลาแบบเปิด (open aquaculture system)

หลักการของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำจะมีวัสดุกรองเพื่อลดปริมาณของเสียในรูปสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วย อาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลาที่แขวนลอยในน้ำ รวมถึงสารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยวัสดุกรองจะช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมก่อนหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

การศึกษาส่วนใหญ่นิยมนำวัสดุกรองสังเคราะห์ ฟิชน้ำ สาหร่าย หรือ จุลินทรีย์ มาใช้เป็นตัวกรองของเสียเพื่อบำบัดน้ำในระบบอนุบาลลูกปลา (ศิริภรณ์ ชื่นบาล และคณะ, 2555 ; อานูช ศิริรัฐนิคม, 2557) อย่างไรก็ตาม วัสดุกรองของเสียในบางระบบมีราคาที่สูง และมีขั้นตอนในการเตรียมระบบที่ซับซ้อน เนื่องจากเป็นระบบที่นำมาใช้กับฟาร์มขนาดใหญ่ (Fleckenstein *et al.*, 2018)

สำหรับฟาร์มอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในประเทศไทยบางส่วนมีขนาดเล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟาร์มอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในระบบไม่เหมาะสมในเรื่องการลดปริมาณของเสีย และการคำนึงถึงผลกระทบจากการอนุบาลลูกปลาต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่มีวัสดุกรองของเสียมีต้นทุนที่สูง และเกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ (กรมประมง, 2557)

ดังนั้น การศึกษานี้มีแนวคิดนำวัสดุกรองมาควบคุมของเสียในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด โดยเลือกใช้วัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโด ซึ่งเป็นพืชน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจน้อยแต่มีประสิทธิภาพในการลดของเสียในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดีนำมาใช้เป็นวัสดุกรองเพื่อลดปริมาณของเสียในรูปสารอินทรีย์ และสารละลายอนินทรีย์ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ซึ่งคาดว่าระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำนี้จะมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทำให้ลูกปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดที่ดี มีต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนที่เหมาะสม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ
- 2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง
3. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง
4. เพื่อศึกษาต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. สาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศโดยมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

3. ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุรองทำให้สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศ

4. ทราบต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนจากผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุรอง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาการเปรียบเทียบวัสดุรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ มีแนวคิดเพื่อสร้างระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศให้มีความเหมาะสมวัสดุรองที่นำมาใช้ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นต้องเป็นวัสดุรองที่มีราคาถูกสามารถนำมาใช้ได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของเสียจากอาหารที่เหลือและมูลของลูกปลานิลแปลงเพศที่ตีรวมถึงมีขั้นตอนการทำงานภายในระบบที่ไม่ซับซ้อนและใช้พื้นที่ไม่มาก เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถนำระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ ดังนี้

1. การเลือกวัสดุรองมาใช้เป็นตัวกรองของเสียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ ชั้นแรกจะทำการคัดเลือกพืชน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายพวงกะโศก และสาหร่ายหางกระรอกมาใช้เป็นวัสดุรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณของเสียในระบบอนุบาลลูกปลา จากนั้นนำพืชน้ำที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาเปรียบเทียบกับวัสดุรองสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ สำหรับวัสดุรองของเสียทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติในการเป็นตัวกรองทางกายภาพ และชีวภาพ ดังนี้ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ (synthetic polymers filter) มีความละเอียดสูงสามารถดักสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้ มีความยืดหยุ่นสูง ทำความสะอาดได้ง่าย และมีราคาถูก นอกจากนี้ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ยังเป็นวัสดุยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนมากซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทำให้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำลดลงได้ (Estim and Mustafa, 2014 ; สุนิภา จันท์แก้ว, 2560) พืชน้ำที่คัดเลือกเป็นพืชน้ำที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ในช่วงกว้างสามารถพบได้ตามแหล่งน้ำจืดหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไปจึงถูกจัดให้เป็นพืชน้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี และมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาในส่วนของใบที่เหมาะสมต่อการดักสารแขวนลอยในน้ำ

2. การออกแบบระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้วัสดุกรอง 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำ โดยระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศนี้ใช้พื้นที่ทั้งหมด 2.30 ตารางเมตร ประกอบไปด้วย ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 250 ลิตร ถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 80 ลิตร (1) ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองจำนวน 2 ถัง และถังพักน้ำสำหรับฟิตคอลลอรีนขนาด 100 ลิตร สำหรับวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ถูกจัดอยู่ในกรอง (1) และพีชน้ำถูกจัดอยู่ในถังกรอง (2 และ 3) ส่วนสารเคมีคอลลอรีนที่นำมาใช้ในถังพักน้ำ เพราะในระบบอนุบาลสัตว์น้ำที่มีการสะสมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสย่อมเกิดแบคทีเรียขึ้นมา เพื่อย่อยสลายธาตุอาหารในน้ำ (mineralization) ประกอบด้วยแบคทีเรียก่อโรค และแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรคซึ่งวัสดุกรองที่นำมาใช้ในระบบอนุบาลลูกปลาไม่สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้โดยตรง ทำให้มีการใช้คอลลอรีนที่มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์สูงมาช่วยลดปริมาณแบคทีเรียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1. การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศจะนำพีชน้ำที่ได้คัดเลือกจากการศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมาใช้เป็นวัสดุกรองร่วมกับเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เพื่อลดปริมาณของเสียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

2. การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ไม่มีวัสดุกรองของ (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง

ชุดการทดลองที่ 3 ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ชุดการทดลองที่ 4 ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

3. การศึกษานี้จะศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้น

ไฮพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรองรับถึงศึกษาต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

4. การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (การทดลองที่ 1 ใช้ระยะเวลา 4 สัปดาห์ และการทดลองที่ 2 ใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์)

5. สถานที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล อาคารเจ้าคุณทหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.6 สรุปขั้นตอนการศึกษา

1. การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุรองรับของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ จะแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

1.1 การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะ โดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุรองรับชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลเพื่อคัดเลือกพีชน้ำมาใช้เป็นกรงชีวภาพเพื่อลดปริมาณของเสียในการศึกษาที่ 2

1.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นไฮพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรองรับ

1.3 การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นไฮพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรองรับ

1.4 การศึกษาต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นไฮพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรองรับ

2. การศึกษานี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด 10 สัปดาห์ ทำการศึกษาระยะห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล อาคารเจ้าคุณทหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. สรุปได้ว่า สาหร่ายพวงชะ โดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนแลฟอสฟอรัส มีการเจริญเติบโต และอัตราการรอดชั้บใน ไตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ดี จึงนำไปใช้เป็นวัสดุรองรับร่วมกับเส้นไฮพลาสติกสังเคราะห์เพื่อลดปริมาณของเสียในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำซึ่งระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นไฮพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองรับมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณ

แบคทีเรียทั้งหมดคี่ที่สุด รวมถึงระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรองรับ และระบบอนุบาลลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับฟิชน้ำเป็นวัสดุรองมีต้นทุน รายได้ และผลตอบแทน จากผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศดีที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของปลานิลแปลงเพศ

ปลานิลแปลงเพศเป็นสัตว์น้ำจืดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมีการนำมาบริโภคอย่างกว้างขวางในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากเนื้อปลานิลแปลงเพศสามารถนำมาแปรรูปทำอาหารได้หลากหลาย มีรสชาติอร่อย และมีราคาที่เหมาะสม สำหรับประเทศไทยผลผลิตปลานิลแปลงเพศส่วนใหญ่จะนำมาบริโภคภายในประเทศถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการเลี้ยงให้ได้มาตรฐานผ่านการควบคุมจากกรมประมงทำให้สามารถส่งออกปลานิลแปลงเพศแปรรูปไปยังตลาดปลาในต่างประเทศ ผลผลิตของปลานิลแปลงเพศที่ทำการส่งออกต้องมีเอกสารกำกับกับการจำหน่ายสัตว์น้ำจากกรมประมง (fisheries movement document: FMD) รูปแบบผลิตภัณฑ์ของปลานิลแปลงเพศที่ส่งออกไปต่างประเทศมากที่สุด ได้แก่ ปลานิลแปลงเพศแช่แข็งทั้งตัวจำนวน 97,511 ตัน มูลค่า 431.60 ล้านบาท เนื้อปลานิลแปลงเพศแช่แข็งจำนวน 1,201 ตัน มูลค่า 174.60 ล้านบาท และเนื้อปลานิลแปลงเพศแช่แข็ง (meat fillet) จำนวน 860.50 ตัน มูลค่า 131 ล้านบาท สำหรับประเทศไทยการเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศของเกษตรกรใช้ระยะเวลาประมาณ 5 ถึง 12 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 500 ถึง 1,000 กรัม เป็นขนาดปลานิลแปลงเพศที่ผู้บริโภคต้องการ (กองประมงต่างประเทศ, 2555 อ้างโดย นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล, 2558)

2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในประเทศไทย

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของปลานิลแปลงเพศ

ปลานิลแปลงเพศจัดเป็นปลาน้ำจืดในวงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) ที่ถูกพัฒนาสายพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์ดั้งเดิม โดยทั่วไปอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเขตร้อน (tropical) เขตกึ่งร้อน (subtropical) และเขตอบอุ่น (temperate region) สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในน้ำได้ในช่วงกว้างเมื่อเทียบกับปลาน้ำจืดชนิดอื่น ทนต่อความเค็มได้ถึง 20 ส่วนในพันส่วน และทนต่ออุณหภูมิสูงได้ถึง 45 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส ปลานิลจะไม่กินอาหาร และเคลื่อนไหวช้าลงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตช้า (นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล, 2558)

ปลานิลแปลงเพศจัดเป็นปลากินพืช (herbivore) เนื่องจากมีขนาดลำไส้ที่ยาว และมีฟันเรียงต่อกันเป็นซี่ขนาดเล็ก บางครั้งพบว่าปลานิลแปลงเพศระยะโตเต็มวัยสามารถกินปลาขนาดเล็ก ตัวอ่อนแมลง และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำ ปลานิลมีลักษณะนิสัยอยู่รวมกันเป็นฝูง (gregarious)

ยกเว้นในช่วงฤดูผสมพันธุ์ (Attee *et al.*, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของปลานิลแปลงเพศ เป็นปลากระดูกแข็ง (teleost fish) มีแผ่นปิดเหงือก มีครีบหลัง 1 ครีบ และครีบกัน 1 ครีบ ประกอบด้วย ก้านครีบอ่อน และก้านครีบแข็ง มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างลำตัวประมาณ 35 ถึง 40 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาลหรือสีขาวยปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม และมีลายขวาง 9 ถึง 14 แถบ ริมฝีปากบนและล่างอยู่ในระนาบเดียวกัน บริเวณแผ่นปิดเหงือกมีเกล็ด 4 แถว บริเวณครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางมีจุดสีขาวและสีดำสลับไปมา มีความยาวสูงสุด (total length) 45 เซนติเมตร ลำตัวมีความยาวประมาณ (standard length) 15 ถึง 30 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2.1 Telson (1994) อ้างโดย นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล (2558) ได้จำแนกตามอนุกรมวิธาน ดังนี้

Kingdom Animalia

Divisions Chordata

Subphylum Vertebrata

Super class Gnathostomata

Class Actinopterygii

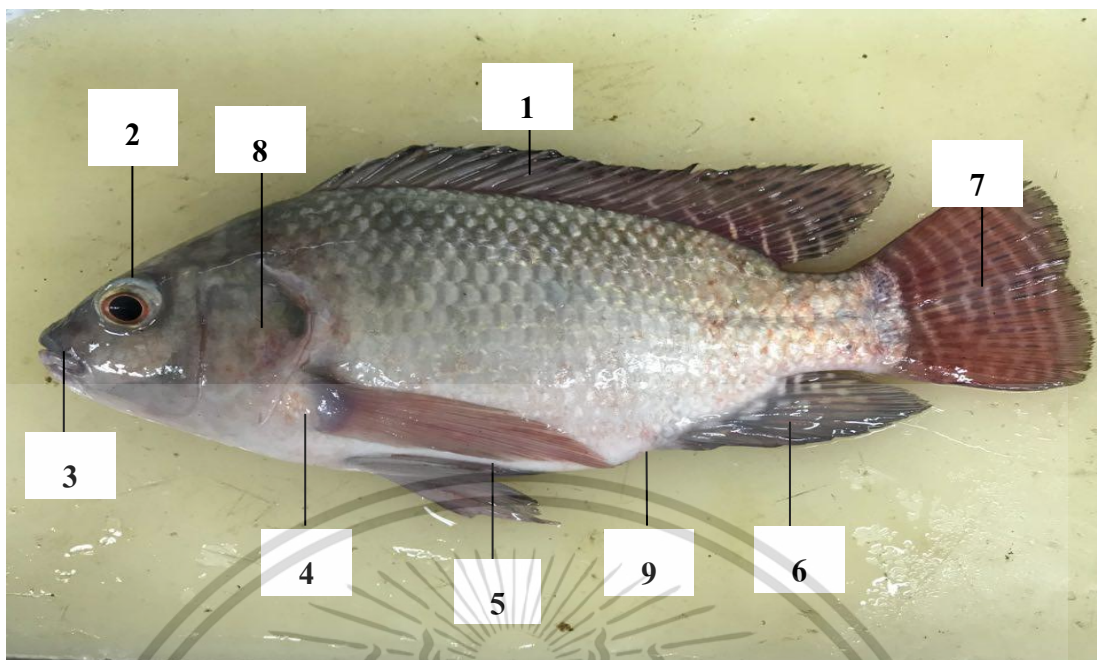
Order Perciformes

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

Species *Oreochromis niloticus*

ปลานิลแปลงเพศจะมีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกับปลานิลสายพันธุ์ดั้งเดิมเพศเมียอย่างชัดเจน ปลานิลแปลงเพศเมื่อโตเต็มวัยจะมีอวัยวะเพศหรือตุ่มเพศ (genital papillae) เรียวยาวออกมาใกล้กับช่องทวารหนัก มีรูเปิด 2 บริเวณ คือ รูทวาร (anus) และรูของท่อน้ำเชื้อหรือรูปัสสาวะ (urogenital pore) บริเวณลำตัว และกางมีสีเข้ม สำหรับปลานิลเพศเมียจะมีลักษณะอวัยวะเพศเป็นช่องกลมขนาดเล็กอยู่ใกล้กับช่องทวารหนักไม่มีตุ่มเหมือนกับปลานิลเพศผู้ มีรูเปิด 3 บริเวณ คือ รูทวาร รูท่อน้ำเชื้อ (genital pore) และรูปัสสาวะ (นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล. 2558)



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบภายนอกของปลานิลเพศผู้อายุ 50 วัน 1. ครีบหลัง (dorsal fin) 2. ตา (eye) 3. ปาก (mouth) 4. ครีบอก (pectoral fin) 5. ครีบเอว (pelvic fin) 6. ครีบก้น (anal fin) 7. ครีบหาง (caudal fin) 8. แผ่นปิดเหงือก (operculum) 9. ช่องทวาร (vent)

2.2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ

การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ คือ การนำลูกปลานิลมาทำการแปลงเพศให้เป็นเพศผู้เพราะสามารถควบคุมจำนวนปลาภายในบ่อได้ง่าย เนื่องจากปลานิลเพศเมียสามารถปล่อยไข่ได้ตลอดทั้งปีส่งผลให้มีความหนาแน่นภายในบ่อเพิ่มขึ้น และปลานิลแปลงเพศจะมีขนาดใหญ่กว่าปลานิลสายพันธุ์ดั้งเดิม โดยสามารถจัดเตรียมลูกปลานิลแปลงเพศได้ 3 วิธี (กรมประมง, 2553)

1. การคัดเลือกจากลักษณะเพศภายนอก เป็นวิธีการเตรียมลูกปลานิลที่ง่ายเพราะเป็นการรวบรวมลูกปลานิลที่มีแต่เพศผู้ ทำการคัดเลือกตรวจสอบลักษณะเพศ ก่อนนำลูกปลานิลที่ผ่านการคัดเลือกมาอนุบาลต่อไป

2. การใช้ฮอร์โมนแปลงเพศปลา ฮอร์โมนกลุ่มแอนโดรเจน (17α -methyltestosterone: MT) ใช้ในการเปลี่ยนเพศปลาให้เป็นเพศผู้ โดยผสมในอาหารให้กินทันทีที่ดูไข่แดงของลูกปลาเริ่มยุบ (ลูกปลาระยะที่ 4 ถึง 5) และกินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 วัน

3. การผสมข้ามสายพันธุ์ เป็นการนำปลานิลเพศผู้ที่มีการพัฒนาสายพันธุ์มาเลี้ยงได้แก่ ปลานิลสายพันธุ์ซูเปอร์เมด (supermale) จากนั้นเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จะนำปลานิลซูเปอร์เมดที่มีโครโมโซมเพศเป็น YY มาผสมกับปลานิลเพศเมียสายพันธุ์ปกติที่มีโครโมโซมเพศเป็น XX จะได้ลูกปลานิลที่มีแต่เพศผู้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศให้ได้ผลผลิตที่ดีต้องมีการจัดการในด้านต่างๆ ให้เหมาะสม ได้แก่ การจัดการในบ่อเลี้ยง การจัดการคุณภาพน้ำ การเตรียมพ่อแม่พันธุ์ และการเตรียมลูกพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเตรียมลูกพันธุ์จัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเพราะลูกพันธุ์ที่ผ่านการอนุบาลด้วยวิธีการที่เหมาะสมย่อมส่งผลให้เมื่อนำลูกพันธุ์เหล่านี้ไปเลี้ยงจะมีอัตราการรอดที่สูง และมีการเจริญเติบโตที่ดี จากนั้นเมื่อผ่านขั้นตอนการอนุบาลจะนำลูกปลานิลแปลงเพศมาเลี้ยงต่อในบ่อขนาดใหญ่ กรมประมง (2559) ได้จำแนกวิธีการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ ดังนี้

1. การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในบ่อดิน คือ การนำปลานิลแปลงเพศในระยะวัยรุ่น (juvenile) อายุ 45 วัน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 30.50 กรัม มาเลี้ยงต่อในบ่อดิน (pond) พื้นที่ 200 ถึง 1,600 ตารางเมตร อัตราส่วนลูกปลานิลแปลงเพศ 50,000 ตัวต่อไร่ ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 ถึง 12 เดือน ได้ผลผลิตปลานิลแปลงเพศขนาด 700 ถึง 1,000 กรัม

2. การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังบ่อดิน คือ การนำปลานิลแปลงเพศในระยะวัยรุ่น อายุ 30 ถึง 60 วัน มาเลี้ยงในกระชังพลาสติก (cage) พื้นที่ 25 ตารางเมตร ความลึก 1.5 เมตร อัตราส่วนลูกปลานิลแปลงเพศ 1,500 ตัวต่อกระชัง ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 ถึง 8 เดือน ได้ผลผลิตปลานิลแปลงเพศขนาด 600 ถึง 800 กรัม สำหรับการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังสามารถจัดการดูแลในช่วงระหว่างการเลี้ยงได้ง่าย

3. การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในบ่อไร้ดิน คือ การนำลูกปลานิลแปลงเพศอายุ 40 วัน มาเลี้ยงในบ่อปูน (cement pond) พื้นที่ 50 ตารางเมตร ความลึก 0.8 เมตร อัตราส่วนลูกปลานิลแปลงเพศ 35 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 เดือน ได้ผลผลิตปลานิลแปลงเพศขนาด 600 ถึง 800 กรัม การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในรูปแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

2.3 การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จะอนุบาลลูกปลาให้มีความสมบูรณ์ของร่างกายก่อนนำไปเลี้ยงในกระชังบ่อดิน สำหรับการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ตามขนาดของลูกปลานิลแปลงเพศ

1. การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระยะเริ่มต้น (prolarva nursing) เป็นการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศตั้งแต่เริ่มฟักออกจากไข่ลูกปลานิลระยะที่ 4 ถึง 5 ที่ถุงไข่แดง (yolk sac) กำลังยุบจนถึงขนาด 1 ถึง 2 เซนติเมตร

2. การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระยะสุดท้าย (postlarva nursing) เป็นการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศต่อจากการอนุบาลในระยะเริ่มต้น นำลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 1 ถึง 2 เซนติเมตร มา

ทำการอนุบาลต่อจนถึงขนาด 8 ถึง 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำลูกปลานิลแปลงเพศไปเลี้ยงต่อในกระชังบ่อดิน

ช่วงระหว่างการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศต้องมีการจัดการเรื่องความหนาแน่น ปริมาณอาหารที่ให้ และปริมาณของเสียในระบบ เพื่อให้มีค่าปัจจัยคุณภาพน้ำเหมาะสมตามคู่มือการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) คือปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในช่วงระหว่างการอนุบาล เช่น ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ช่วงเวลาของวัน และปริมาณธาตุอาหารในน้ำ เป็นต้น สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 8

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) ระหว่างการอนุบาลควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากลูกปลาต้องการปริมาณออกซิเจนที่มากเมื่อเทียบกับปลานิลแปลงเพศในระยะ โตเต็มวัย

3. อุณหภูมิ (temperature) ปลานิลแปลงเพศจัดเป็นสัตว์เลือดเย็นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในร่างกายได้ ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำอย่างรวดเร็วอาจส่งผลให้ลูกปลาดาย สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมกับลูกปลาอยู่ในช่วง 27 ถึง 30 องศาเซลเซียส

4. ความกระด้างของน้ำ (hardness) คือ ปริมาณเกลือของแคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำ สำหรับค่าความกระด้างในช่วงระหว่างการอนุบาลควรมีค่าความกระด้างไม่ต่ำกว่า 70 มิลลิกรัมต่อลิตร หากในน้ำมีค่าความกระด้างต่ำอาจทำให้ลูกปลาเกิดการเจริญเติบโตช้า

5. ความเป็นด่าง (alkalinity) คือ ความสามารถของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง ประกอบด้วยคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ ธาตุเหล่านี้ช่วยปรับสมดุลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (buffering capacity) สำหรับค่าความเป็นด่างในช่วงระหว่างการอนุบาลควรมีไม่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. สารประกอบไนโตรเจน (nitrogen) ได้แก่ แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน สารประกอบเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์โปรตีนในอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลา โดยแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน เป็นพิษต่อปลา หากมีปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซในเม็ดเลือดแดงทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนในกระแสเลือด (anoxia) (Atwood *et al.*, 2001) สำหรับปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน และปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในบ่อเลี้ยงไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

7. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) คือ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปสารอินทรีย์ และสารละลายอนินทรีย์ สำหรับฟอสฟอรัสไม่มีความเป็นพิษเหมือนกับสารประกอบไนโตรเจนในช่วงระหว่างการอนุบาลไม่ควรมีค่าเกิน 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ความขุ่น (turbidity) เกิดจากปริมาณสารแขวนลอยที่สะสมในน้ำ หากในช่วงระหว่างการอนุบาลมีการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลาไม่เหมาะสมจะทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยมากขึ้นส่งผลให้สารแขวนลอยเหล่านี้เข้าไปอุดตันในเหงือกของลูกปลาทำให้ลูกปลามีการติดเชือบริเวณเหงือกได้และมีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนผิดปกติ สำหรับค่าความโปร่งใสในน้ำควรมีค่าระหว่าง 30 ถึง 60 เซนติเมตร

ปัจจุบันเกษตรกรที่เลี้ยงปลานิลแปลงเพศในประเทศไทยต้องการลูกพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากในอดีตเกษตรกรจะนำลูกพันธุ์ขนาด 1 ถึง 2 เซนติเมตร ที่ผ่านการอนุบาลในระยะเริ่มต้นมาทำการเลี้ยงในบ่อดินทันทีทำให้ได้ผลผลิตที่น้อยเพราะลูกปลามีอัตราการรอดที่ต่ำ ส่งผลให้เกษตรกรต้องการลูกพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ และทนต่อสภาพล้อมมากขึ้นเมื่อนำมาเลี้ยงจะได้ผลผลิตที่สูง

กรมประมง (2557) ได้ตรวจสอบฟาร์มอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าเกษตรกรสามารถทำการผลิตลูกพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ 4 ถึง 10 เซนติเมตร และผลิตลูกพันธุ์ได้จำนวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีตเหมาะสมกับความต้องการของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศ อย่างไรก็ตาม ฟาร์มอนุบาลลูกปลาของเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาลไม่เหมาะสมในเรื่องการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากอาหารที่เหลือและมูลของลูกปลา และการคำนึงถึงผลกระทบจากการอนุบาลต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้วัสดุกรองของเสียมีต้นทุนที่สูง และเกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับระบบอนุบาลลูกปลาแบบหมุนเวียนน้ำ

2.3.1 ของเสียจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ประจวบ ฉายบุ (2556) ได้จำแนกแหล่งที่มาของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศออกเป็น 2 ส่วน

1. อาหารที่เหลือ (uneaten feed) คือ อาหารที่เหลือจากการกินของลูกปลา เนื่องจากมีการให้อาหารมากเกินไปจนกลายเป็นส่งผลต่อค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปริมาณสารแขวนลอย และปริมาณแบคทีเรียในน้ำ เป็นต้น

2. สิ่งขับถ่าย (excretory) ระหว่างการอนุบาล ลูกปลาจะมีการขับถ่ายของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) โดยจะขับของเสียออกทางเหงือก ไต ผิวหนัง และรูทวารของเสียเหล่านี้จะอยู่ในรูปของแข็ง (solid) ของเหลว (liquid) และ ก๊าซ (gas)

ของเสียเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนสภาพมาเป็นสารอินทรีย์ และสารละลายอนินทรีย์ ตามลำดับ Neto and Ostrensky (2015) ได้ทำการจำแนกของเสียที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายของลูกปลานิลแปลงเพศ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำ สารอินทรีย์เกิดจากอาหารที่เหลือที่มี โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และธาตุอาหารต่างๆ ที่สำคัญเป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรตีนที่

ลูกปลาต้องการนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตมากที่สุด มีการศึกษาของ Gross *et al.* (2000) อ้างโดย ประจวบ ฉายบุ (2556) ได้ตรวจสอบสารประกอบไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลา พบว่าอาหารปลาสำเร็จรูปมีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณ 3 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และมีสารอินทรีย์ในโตรเจน 5.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปลาสามารถนำไปใช้ในโตรเจนไปได้เพียง 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด Lazzari and Baldisserotto (2008) กล่าวว่า การเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดินย่อมมีปริมาณไนโตรเจนเกิดขึ้นในระบบ 81 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนที่เหลือจะสะสมอยู่ในน้ำและส่งผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เนื่องจากในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (decomposition process) จะเกิดแบคทีเรียหลายชนิดที่นำสารอินทรีย์ไปใช้กระบวนการสร้างพลังงานทำให้สารอินทรีย์เปลี่ยนสภาพมาเป็นสารละลายอนินทรีย์ นอกจากนี้ ประจวบ ฉายบุ (2556) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยสลายของอาหารที่เหลือตามกระบวนการย่อยสลายโปรตีน และกรดอะมิโน (ammonization) ตามลำดับ เปลี่ยนสภาพมาเป็นแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนมากที่สุด 59 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และส่วนที่เหลือมาจากมูลสัตว์น้ำซึ่งมีสารอินทรีย์ในโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

Neto and Ostrensky (2015) ได้ทำการประเมินของเสียจากการเพาะเลี้ยงปลานิลในแม่น้ำพารานาพานามา (Paranapanema river) ประเทศบราซิล พบว่าลูกปลานิล และลูกปลานิลระยะวัยรุ่น มีอัตราการสูญเสียอาหาร (feeding losses) 30.82 ± 11.76 และ 17.01 ± 8.90 ตามลำดับ จากปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด อาหารเหลือที่ลูกปลาไม่ได้กินจะย่อยสลายเป็นธาตุอาหารสะสมอยู่กระชัง ดังตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ ได้ทำการประเมินองค์ประกอบของอาหารที่เหลือ สิ่งขี้ถ่ายในรูปของแข็ง และสิ่งขี้ถ่ายในรูปของเหลวของลูกปลานิลที่ทำการอนุบาลในกระชังแม่น้ำพารานาพานามา ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สมรรถภาพของปลาชนิดที่เลี้ยงในกระชังแม่น้ำพารานาพามาประเทศบราซิล

ดัชนีผลผลิตลูกปลานิล (animal production index)	ลูกปลานิล (fry)	ลูกปลานิล (junvenile)
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	8.62±4.01	49.92±13.37
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	49.92±13.38	117.51±41.69
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	41.27±12.86	67.59±40.28
ปริมาณอาหารที่ให้ (กรัม)	61.23±23.44	83.06±47.60
ปริมาณอาหารที่ได้รับ (กรัม)	41.70±15.52	69.91±43.27
ปริมาณอาหารที่เหลือ (กรัม)	19.53±12.16	13.15±7.99
อัตราการสูญเสียอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	30.82±11.76	17.01±8.90

ที่มา : Neto and Ostrensky (2015)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของอาหารที่เหลือ สิ่งขับถ่ายในรูปของแข็ง และสิ่งขับถ่ายในรูปของเหลวของปลาชนิดที่เพาะเลี้ยงในกระชังแม่น้ำพารานาพามาประเทศบราซิล

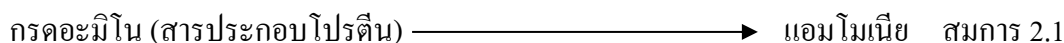
ธาตุอาหาร	อาหารที่เหลือ	สิ่งขับถ่ายในรูปของแข็ง	สิ่งขับถ่ายในรูปสารละลาย
น้ำหนักแห้ง (กรัม)	240.33-293.31	333.51-463.58	482.60-724.60
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (กรัม)	211.71-262.36	260.42-357.11	404.59-597.49
ปริมาณไนโตรเจน (กรัม)	10.85-15.58	7.27-11.17	15.13-32.17
ปริมาณฟอสฟอรัส (กรัม)	2.87-4.34	5.89-9.14	0.87-6.04

ที่มา : Neto and Ostrensky (2015)

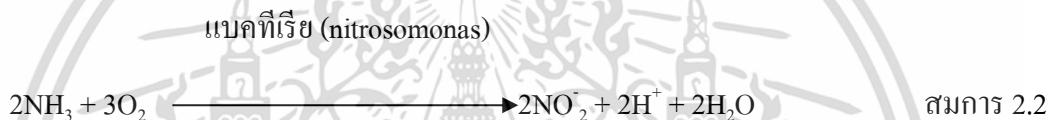
2. สารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สารละลายไนโตรเจน เป็นธาตุโลหะแต่ละโมเลกุลมี 2 อะตอม ยึดกันด้วยพันธะสาม (triple bond) พลังที่ใช้ในการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมจึงสูงมาก มีหลายรูปแบบเนื่องจากไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงค่าวาเลนซ์ (ความสามารถของอะตอมในการเกิดเป็นสารประกอบหรือโมเลกุล) ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียม (NH_4^+) ไนโตรเจน (N_2) ไนไตรต์ (NO_2^-) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ (N_2O_3) ไนเตรท (NO_3^-) และไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N_2O_5) สำหรับการศึกษาทางด้านประมงจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนอยู่ 3 รูปแบบ คือ แอมโมเนียมรวม-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ และในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วไป สารละลายไนโตรเจนเกิดจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (ปลาขับแอมโมเนียออกทางเหงือก 85 เปอร์เซ็นต์) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนตามกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ดังสมการที่ 2.1 (ประจวบ ฉายบุญ, 2556)

แบคทีเรีย



ในสภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) แบคทีเรียในกลุ่มไนโตรโซโมแนส (nitrosomonas) ย่อยสลายเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน และถูกออกซิเดชันอีกครั้งแบคทีเรียในกลุ่มไนโตรแบคเตอร์ (nitrobacter) ย่อยสลายเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท-ไนโตรเจน กระบวนการที่เกิดขึ้นเรียกว่า กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ดังสมการ 2.2 และ 2.3

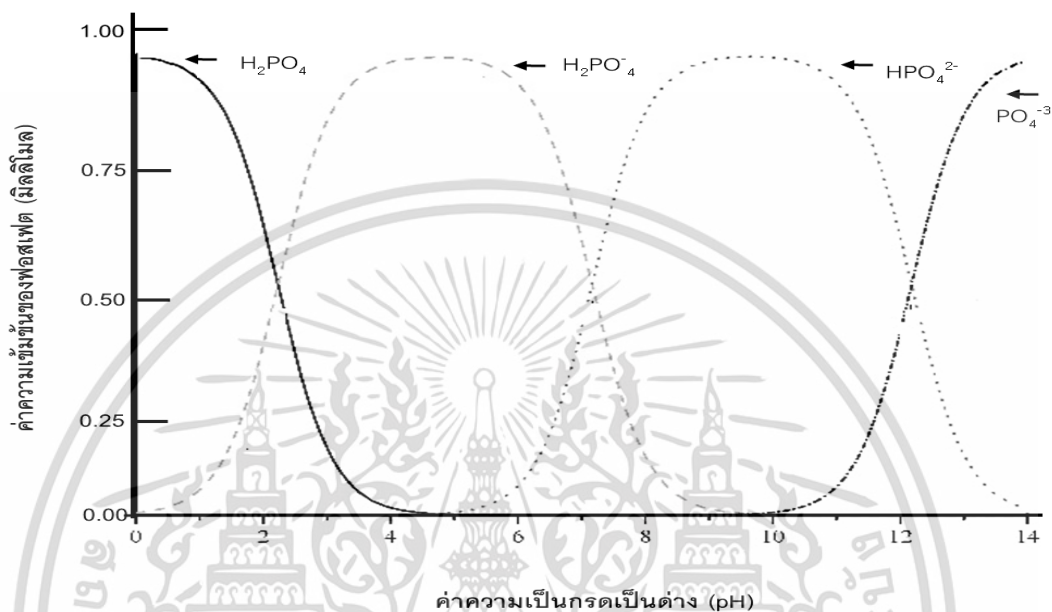


สำหรับในสภาวะที่น้ำที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนจะเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) เป็นปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ของไนเตรท ปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนไนเตรทกลับมาอยู่ในรูปของไนไตรท์ และเกิดปฏิกิริยารีดักชันกลับไปเป็นแก๊สไนโตรเจนในอากาศบางส่วนเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนอีกครั้ง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำและอุณหภูมิ ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (ionized-form, NH_4^+) แต่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย (un-ionized form, NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อลูกสัตว์น้ำ

สารละลายฟอสฟอรัส (phosphorus) เป็นธาตุอโลหะเหมือนกับไนโตรเจน แต่ธาตุนี้ทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่ายและรวดเร็วกับออกซิเจนในอากาศส่วนใหญ่ พบเป็นสารประกอบฟอสเฟตประเภทสารละลายอินทรีย์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ (2552) กล่าวว่า สารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphate) คือ สารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจากกระบวนการทางชีวภาพ หรือฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ และฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในซากพืชซากสัตว์ที่ตายในแหล่งน้ำรูปแบบของฟอสเฟตในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำดังภาพที่ 2.2 กรณีที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำต่ำกว่า 6.8 จะอยู่ในรูปไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) ค่าความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดเป็นค่าอยู่ระหว่าง 6.8-7.2 จะอยู่รูปของไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และค่าความเป็นกรดเป็นค่าสูงกว่า 7.2 จะอยู่ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ละลายน้ำได้ดีและอยู่ในรูปที่พืชน้ำและสัตว์น้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ยงยุทธ โอสดสภ. 2558) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ผลของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟอสเฟต
ที่มา: สมชาย หวังวิบูลย์กิจ (2552)

สารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบอนุบาลปลานิลแปลงเพศ จัดเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อลูกปลา เนื่องจากลูกปลานิลจะนำสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ แต่หากมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำมากเกินไปจะส่งผลให้มีปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาลทำให้ลูกปลาเสี่ยงต่อการติดโรคจากเชื้อแบคทีเรีย (Ejankowski and Solis. 2014)

2.3.2 ผลกระทบจากของเสียในระบบอนุบาลต่อลูกปลานิลแปลงเพศ

ของเสียจากการอนุบาลปลานิลแปลงเพศประกอบด้วยอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลา หากไม่มีการจัดการของเสียในบ่ออนุบาลอย่างเหมาะสมอาจส่งผลให้มีของเสียสะสมในน้ำ สำหรับของเสียที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์หลายชนิดรวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค และไม่ก่อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนกันต์ จิตมนัส (2556) กล่าวว่า หากไม่มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในในช่วงระหว่างการอนุบาลลูกปลาเป็นประจำ และไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระบบอนุบาลจะส่งผลให้มีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนสูงทำให้มีการสะสมของเชื้อแบคทีเรียและปรสิตในน้ำ สำหรับปรสิตในน้ำที่เกิดขึ้นจะมีทั้งปรสิตภายนอก และปรสิตภายใน ปรสิตภายนอกที่พบในช่วงระหว่างการอนุบาลส่วนมากเป็นปรสิตในกลุ่มครัสเตเชียน (Crustacean) ได้แก่เห็บปลา (*Argulus* sp.) หมัดปลา (*Ergasilus* sp.) และ หนอนสมอ (*Lernae* sp.) ปรสิตกลุ่มนี้มีอวัยวะที่มีปลายแหลมสามารถฝังเข้าไปในตัวลูกปลาเพื่อยึดเกาะและกัดกินเนื้อเยื่อส่งผลให้ลูกปลาเกิดแผลบริเวณผิวหนังหากมีปริมาณมากอาจทำให้ลูกปลาตายได้ ส่วนปรสิตภายในจะอยู่ในกลุ่มโปรโตซัว (Protozoa) ส่วนใหญ่พบอยู่ในบริเวณทางเดินอาหารของลูกปลาส่งผลให้ลูกปลามีการเจริญเติบโตช้า

กาญจนา อู่สุวรรณทิพย์ และคณะ (2553) ได้ตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจังหวัดพิษณุโลก เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการทำเกษตร การทำประมง และครัวเรือน พบว่าแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้บริเวณที่มีกิจกรรมทางประมงจะมีแบคทีเรียก่อโรคและไม่ก่อโรคทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ (coagulase-negative Staphylococcus, *Enterococcus* spp., *Shigella dysenteriae*, *Citrobacter freundii*, *Proteus mirabilis*, *Acinetobacter* spp. และ *Aeromonas* spp.) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรียในสกุลแอโรโมนาส ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์สะสมมาก หากลูกปลามีการติดเชื้อแบคทีเรียจะมีอาการตกเลือดตามลำตัว กินอาหารน้อยลง และลำไส้อักเสบ ส่งผลให้ลูกปลาตายเป็นจำนวนมาก

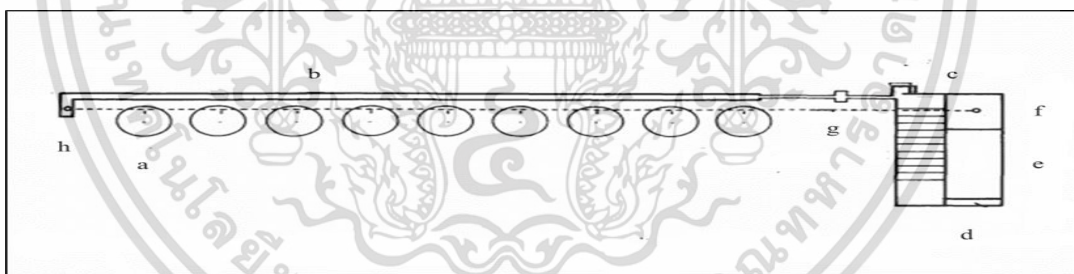
Ajayi and okoh (2014) ได้ศึกษาปริมาณแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาสำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียในบ่อเพาะเลี้ยงปลาที่รัฐออนโด (Ondo state) ประเทศไนจีเรีย จากการตรวจสอบพบว่าบ่อเพาะเลี้ยงปลาในเมืองอาราโรมิ (Araromi) มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียในช่วง 16.5×10^3 ถึง 12.4×10^5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และบ่อเลี้ยงปลาในเมืองใกล้เคียงมีปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) อยู่ในช่วง 3.5×10^3 ถึง 9.0×10^5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ซึ่งปริมาณแบคทีเรียนี้สามารถส่งผลกระทบต่อลูกปลาได้

ของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาลนอกจากจะส่งผลกระทบต่อลูกปลายังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ถึงแม้ว่าของเสียจากการอนุบาลลูกปลาจะมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงปลาขนาดใหญ่ แต่หากมีการปล่อยของเสียเหล่านี้สู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นระยะเวลาอันยาวนานส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมในน้ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria; *Microcystis aeruginosa* และ *Anabaenopsis* sp.) ทำให้แหล่งน้ำเกิดภาวะขาดออกซิเจนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ อีกทั้งสารพิษ (anatoxin) ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่งผลให้มีการตกเลือดในเหงือกของลูกปลาได้ (Yang et al., 2006 ; Greenfield et al., 2014)

2.4 การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการคุณภาพน้ำ และควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่างอนุบาลลูกปลาให้มีความเหมาะสมก่อนหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในระบบหรือปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอกฟาร์ม ซึ่งเป็นระบบการอนุบาลลูกปลาที่มีการพัฒนาขึ้นจากวิธีการอนุบาลแบบดั้งเดิม (Amirkolaie *et al.*, 2005 ; กรมประมง. 2557)

Lin and Suresh (1992) ได้แบ่งองค์ประกอบภายในของระบบอนุบาลลูกปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ บริเวณอนุบาลลูกปลานิล บริเวณที่มีการกำจัดของเสียในรูปสารอินทรีย์ บริเวณที่มีการกำจัดของเสียในรูปสารละลายอนินทรีย์ และบริเวณที่มีการเตรียมน้ำสำหรับหมุนเวียนน้ำกลับไปใช้ออนุบาลลูกปลานิลอีกครั้ง เนื่องจากของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาลจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์โปรตีน และสารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ อีกทั้งได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงปลานิลแดง (Red tilapia) ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 50, 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด พบว่าระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแบบหมุนเวียนน้ำมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน และสารอินทรีย์ที่ดี แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำเมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงปลานิลในระบบดั้งเดิม ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนผังระบบเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแบบหมุนเวียนน้ำ a. ถังเพาะเลี้ยงปลานิลแดง b. ท่อระบายน้ำ c. ถังคัดแยกสารแขวนลอย d. ถังกรองชีวภาพ 1 e. ถังกรองชีวภาพ 2 g. ท่อส่งน้ำ และ h. ท่อหมุนเวียนน้ำ

ที่มา: Lin and Suresh (1992)

2.4.1 วัสดุกรองของเสียในระบบอนุบาลลูกปลาในแปลงเพศ

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการอนุบาลลูกปลาในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุกรองที่นำมาใช้ลดของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการอนุบาล Hafedh *et al.* (2003) ได้แบ่งวัสดุกรองของเสียออกเป็น 2 กลุ่ม ตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น

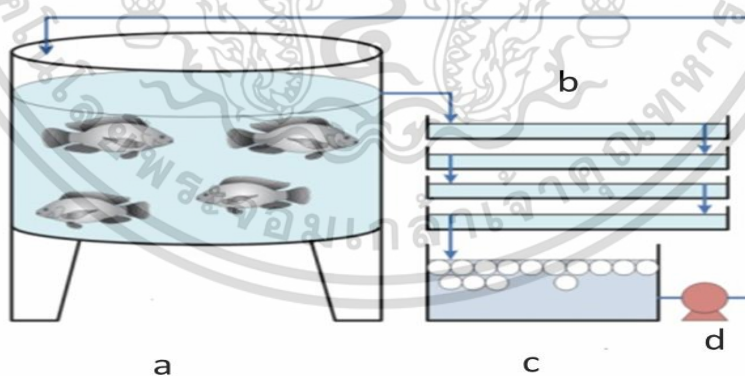
1. วัสดุกรองของเสียในรูปสารอินทรีย์ การลดของเสียในรูปนี้จะใช้กระบวนการทางกายภาพ (physical process) หรือกระบวนการทางชีวภาพ (bio process) เพื่อลดสารแขวนลอยในน้ำ (suspended solids) โดยปกติจะใช้วัสดุกรองสังเคราะห์ (filter materials) ในการเป็นตัวคัดแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำ เช่น การใช้ตะแกรงอะลูมิเนียมเพื่อแยกตะกอนขนาดเล็ก (screening) การใช้กรวดหรือหินปูนขนาดเล็กเพื่อตกตะกอนสารแขวนลอย (sedimentation) และการย่อยสารแขวนลอยขนาดใหญ่ (combination) เป็นต้น สำหรับการใช้อินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำมาใช้เป็นตัวลดของเสียในระบบบำบัด ส่วนใหญ่นิยมใช้อินทรีย์ในสกุล *Bacillus* spp.) และ *Pseudomonas* spp.) โดย สุณีภา จันทรแก้ว (2560) กล่าวว่า จุลินทรีย์ *Bacillus* spp. และ *Pseudomonas* spp. จะเกิดขึ้นในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในโตรเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ก่อโรคในสัตว์น้ำทำให้มีการนำมาใช้เป็นตัวกรองชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ มีการนำวิธีบำบัดน้ำทางกายภาพ และชีวภาพไปประยุกต์เข้ากับกระบวนการบำบัดน้ำทางเคมี (chemical treatment) เพื่อให้การบำบัดน้ำมีประสิทธิภาพสูงที่สุด สำหรับระบบอนุบาลลูกปลามีการนำวัสดุสังเคราะห์มาเป็นตัวกรองเพื่อคัดแยกสารแขวนลอย หรือนำวัสดุสังเคราะห์มาใช้เป็นวัสดุให้จุลินทรีย์ยึดเกาะในการเป็นตัวกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณของเสียก่อนปล่อยน้ำทิ้งหรือหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ วัสดุกรองที่ได้รับความนิยมจะเป็นวัสดุกรองสังเคราะห์จำพวกพลาสติก (plastic materials) ซึ่งจะใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ (polypropylene) เป็นตัวกรองสารแขวนลอยในบ่อเลี้ยงหรือตู้เลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กมีความละเอียดสูงสามารถดักสารแขวนลอยขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน ทำให้สารแขวนลอยไม่ไหลรวมมากับน้ำ อีกทั้งมีความยืดหยุ่นสูง ทำความสะอาดได้ง่าย และมีราคาที่ถูก โดย Hafedh *et al.* (2003) กล่าวว่าเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เหมาะสมเป็นวัสดุกรองของเสียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์น้อย ถ้าในระบบมีปริมาณของเสียในรูปสารอินทรีย์มากควรมีการนำวัสดุกรองทางชีวภาพมาใช้เป็นตัวกรองของเสียร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุกรองสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบของเส้นใยพลาสติกต้องมีการจัดการที่ดี เพราะอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของลูกปลา เนื่องจากวัสดุกรองสังเคราะห์กลุ่มนี้มีระยะเวลาในการย่อยสลายตามธรรมชาติประมาณ 350 ถึง 450 ปี หากมีการชำรุดเศษพลาสติกขนาดเล็ก (microplastic) อาจแขวนลอยปนกับอนุภาคต่างๆ ในน้ำส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยง (Jovanovic, 2017) ถึงแม้วัสดุสังเคราะห์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะทนต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในน้ำ นอกจากนี้ มีการศึกษาของ ปฐมพงษ์ กาศสกุล และคณะ (2558) ที่เลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติ ได้แก่ โยมะพร้าว (coir filter material) โยหญ้าแฝก (vetiver filter material) และหินกรวด (under gravel filter) มาใช้เป็นวัสดุกรองของเสียในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนน้ำเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ วัสดุกรองเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซับสารแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำ

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัสดุกรองมาลดปริมาณสารแขวนลอยจากอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลานิลมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการศึกษาของ ภิญ โย วังษ์ทับทิม และคณะ (2560) เกี่ยวกับการออกแบบวัสดุกรองสารแขวนลอยในระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลซึ่งได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำที่มีรางดักตะกอนควบคุมของเสีย ดังภาพที่ 2.4 แบ่งชุดการทดลองออกตามความยาวและจำนวนของรางดักตะกอน ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 รางดักตะกอนมีพื้นที่ผิว 0.51 ตารางเมตร ชุดการทดลองที่ 2 รางดักตะกอนมีพื้นที่ผิว 0.25 ตารางเมตร และชุดการทดลองที่ 3 รางดักตะกอนมีพื้นที่ผิว 0.13 ตารางเมตร พบว่ารางดักตะกอนในแต่ละชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดอยู่ในช่วง 9.5 ถึง 11.3 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งได้ศึกษาปริมาณไนโตรเจนในระบบพบว่าชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน 0.11 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.15 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรท-ไนโตรเจน 10.29 ± 1.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ และระบบอนุบาลนี้มีการนำจุลินทรีย์มาเป็นตัวกรองทางชีวภาพเพื่อลดปริมาณสารละลายไนโตรเจน



ภาพที่ 2.4 รูปแบบการเลี้ยงปลานิลที่มีรางดักตะกอนเป็นตัวควบคุมของเสียในระบบหมุนเวียนน้ำ
a. ถังเลี้ยงปลานิล b. รางดักตะกอน c. ถังกรองชีวภาพ (จุลินทรีย์) และ d. เครื่องสูบน้ำ
ขนาดเล็กสำหรับหมุนเวียนน้ำในระบบ

ที่มา: ภิญ โย วังษ์ทับทิม และคณะ (2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัสดุกรองของเสียในรูปสารละลายอนินทรีย์ การลดของเสียในรูปสารละลายอนินทรีย์ ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการกรองชีวภาพ (biofiltration) วิธีการนี้จะใช้สิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถในการนำสารละลายอนินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ได้แก่ พืชน้ำ (aquatic plant) สาหร่าย (algae) และจุลินทรีย์ (microorganism) อย่างไรก็ตาม การใช้จุลินทรีย์หรือสาหร่ายขนาดเล็กยังมีปัญหาเรื่องการจัดการในกระบวนการลดปริมาณของเสีย เพราะต้องควบคุมสภาพแวดล้อมภายในระบบบำบัดน้ำให้มีความเหมาะสมไม่เช่นนั้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในระบบได้ ดังนั้นพืชน้ำจึงเป็นตัวเลือกที่ดีในการใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพ (Fleckenstein *et al.*, 2018)

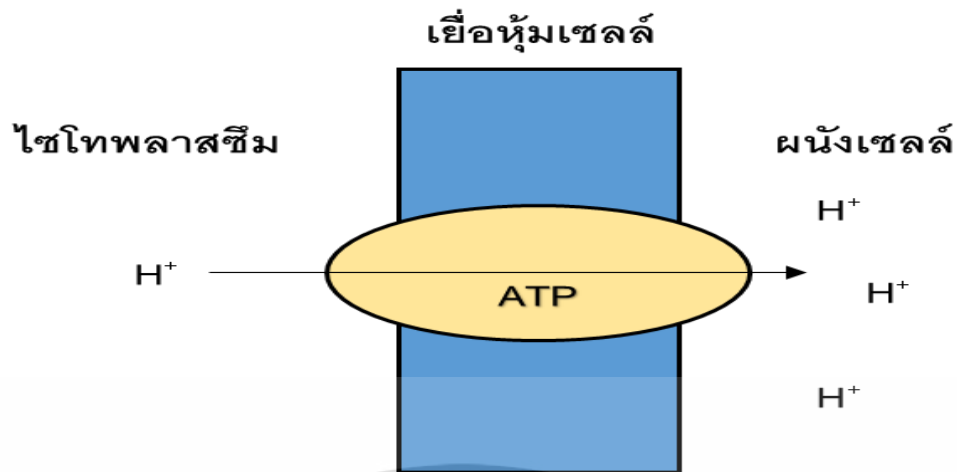
กลไกการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของพืชน้ำจะแบ่งการขนส่งไอออนธาตุอาหารออกเป็น 2 แบบ

1. การขนส่งสารละลายธาตุอาหารแบบแพสซีฟ (passive transport) คือ การแพร่อย่างง่าย (Simple diffusion) ไอออนธาตุอาหารจะแพร่ไปทุกทิศทางจนกระทั่งกระจายอย่างสม่ำเสมอ (Taiz and Zeiger, 1998 อ้างโดย ชงยุทธ โอสดสกา, 2558)

2. การขนส่งไอออนธาตุอาหารแบบแอคทีฟ (active transport) คือ การขนส่งไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แล้วเกิดการสะสมของไอออนต่างๆ เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายไอออนแบบทวนระดับความต่างศักย์ (against the electrochemical potencial) ต้องอาศัยพลังงานจากกระบวนการเมแทบอลิซึม เมื่อไอออนถูกดูดเข้าเซลล์จะถูกส่งไปยังเยื่อหุ้มแวคิวโอล (vacuole membrane) เพื่อเข้าไปในแวคิวโอล ซึ่งเป็นบริเวณที่ทำหน้าที่เก็บสะสมสารประกอบต่างๆ นอกจากนี้ การควบคุมการขนส่งไอออนธาตุอาหารผ่านเยื่อให้ไปในทิศทางที่กำหนดต้องใช้พลังงานเคมี โดยมีเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) เร่งปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) ของ เอทีพี และฟอสเฟตไอออน (H_2PO_4) ดังสมการ 2.4



เอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase; adenosine triphosphate, ATP phosphohydrolase) จัดอยู่ในกลุ่มโปรตีนพาหะทำหน้าที่ช่วยนำไอออนธาตุอาหารไปยังบริเวณต่างๆ เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้ขณะทำหน้าที่จะจับโปรตอน (proton) และให้พลังงานแก่กระบวนการเคลื่อนย้ายไอออน ดังภาพที่ 2.5 (ชงยุทธ โอสดสกา, 2558) อีกทั้งประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างภายในเซลล์ โดยกิจกรรมของเอนไซม์จะทำงานได้ดีที่ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5 ถึง 7 (Briskin and Hanson, 1992)



ภาพที่ 2.5 การทำงานของตัวสูบน้ำโปรตอน (proton pump) ขับโปรตอนไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ของเนื้อเยื่อไปยังของเหลวภายนอกซึ่งอยู่ในผนังเซลล์โดยใช้พลังงานเอทีพี (ATP) เป็นตัวช่วยในการขนส่งไอออน

ที่มา: ยงยุทธ โอสดสภา (2558)

การนำพืชน้ำมาเป็นวัสดุรองชีวภาพมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น เพราะมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้พืชน้ำมีประสิทธิภาพในการลดของเสียที่คั่งรวมทั้งมีการจัดการผลผลิตของพืชน้ำหลังถูกนำมาใช้เป็นวัสดุรองชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต ทำให้การศึกษาด้านนี้นิยมนำพืชน้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมาใช้ในงานวิจัย อย่างไรก็ตาม การนำพืชน้ำมาใช้เป็นวัสดุรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลาต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณของเสีย ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของพืชน้ำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

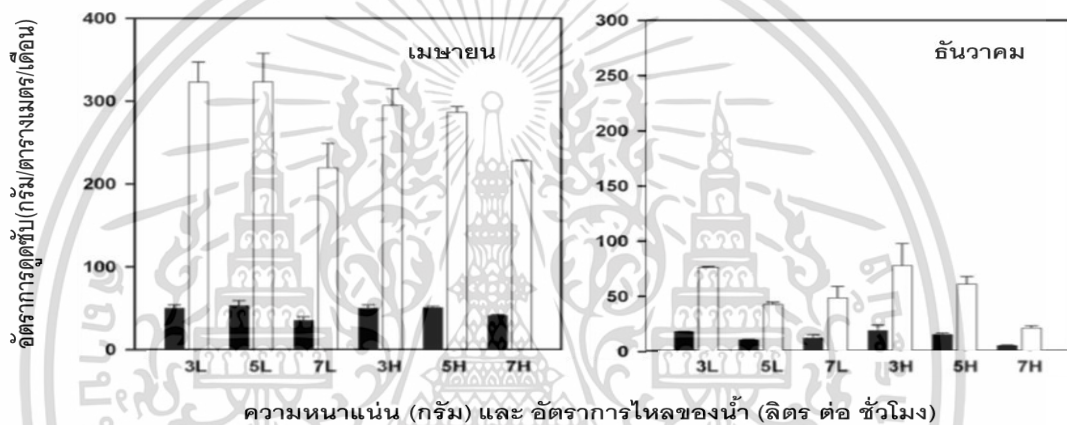
1. ปัจจัยภายในของพืชน้ำ (internal factor) หมายถึง ปัจจัยที่เกิดจากกลไกภายในเซลล์ ได้แก่ พันธุกรรม และความผิดปกติของเซลล์ หากเซลล์มีการทำงานผิดปกติ อาจทำให้พืชน้ำดูดซับธาตุอาหารมาใช้ได้น้อยส่งผลให้มีการเจริญเติบโตช้า รวมถึงความหนาแน่นและการกระจายตัวของพืชน้ำ หากในระบบรองชีวภาพมีความหนาแน่นของพืชน้ำสูงจะทำให้เกิดการแก่งแย่งธาตุอาหารส่งผลให้พืชน้ำแต่ละต้นได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังภาพที่ 2.6

2. ปัจจัยสภาพแวดล้อม (external factor) หมายถึง ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมนอก เช่น คุณภาพน้ำ อิทธิพลของสิ่งมีชีวิตอื่น และแร่ธาตุที่มีอันตรกิริยา (interaction) กับธาตุอาหารที่พืชน้ำต้องการ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารของพืชน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่

สารแขวนลอยในน้ำ เกิดจากสารอินทรีย์และสารละลายอนินทรีย์จากอาหารที่เหลือ และมูลลูกของปลาในระบบการอนุบาล หากมีปริมาณสารแขวนลอยมากจะส่งผลให้สีน้ำมีความเข้มมากกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ ยับยั้งการส่องผ่านของแสงทำให้พืชน้ำเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และส่งผลกระทบต่อการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (ขงยุทธ โอสดสภา. 2558)

อุณหภูมิมีกการศึกษาของ Abreu *et al.* (2011) เรื่องอิทธิพลของฤดูกาลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ (*Gracilaria vermiculophylla*) ที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพร่วมกับการอนุบาลสัตว์น้ำทะเลเศรษฐกิจ พบว่าสาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาบ่งบอกถึงการดูดซับธาตุอาหารในน้ำมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 2.6 โดยทั่วไประบบอนุบาลลูกปลานิลจะมีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25 ถึง 28 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับอุณหภูมิที่พืชน้ำส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส



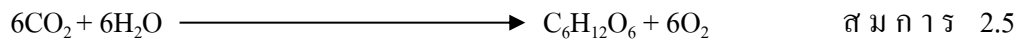
ภาพที่ 2.6 อัตราการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน (3, 5 และ 7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) และอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกัน (100 และ 200 ลิตรต่อชั่วโมง ตัวอย่าง L กับ H ตามลำดับ)

ที่มา: Abreu *et al.* (2011)

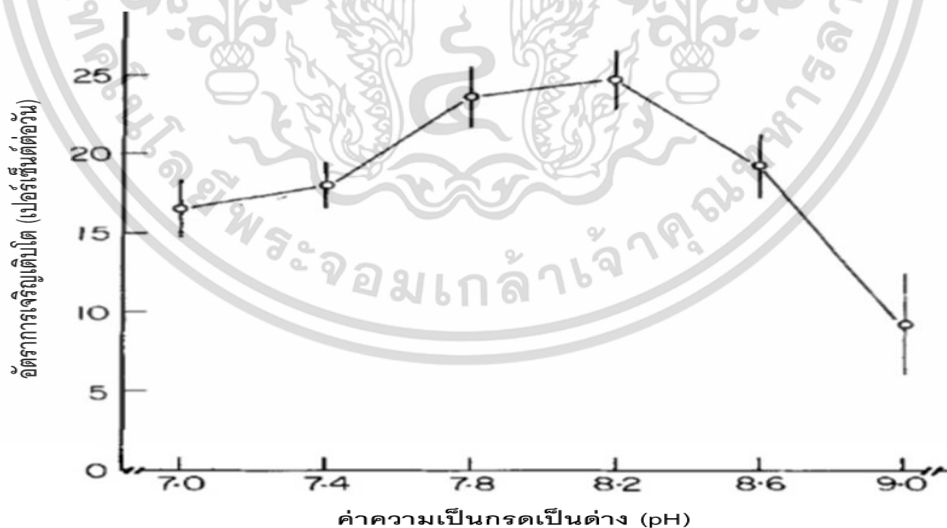
แสง (light) พืชน้ำแต่ละชนิดต้องการความเข้มแสง (light intensive) ที่ระดับแตกต่างกัน (Toth and herodek. 2009) เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น พืชน้ำบางชนิดเมื่อโตเต็มที่ ต้องการแสงน้อย หรือ พืชน้ำบางชนิดต้องการแสงตลอดเวลา เป็นต้น นอกจากนี้ แสงยังมีอิทธิพลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชน้ำ โดย Toth and herodek (2009) กล่าวว่า พืชน้ำต้องการแสงที่ระดับความยาวคลื่น (wave length) 620 ถึง 790 นาโนเมตร สำหรับการเจริญเติบโต หากพืชน้ำได้รับความเข้มแสงมากเกินไป อาจทำให้เซลล์ได้รับความเสียหายได้

คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ (gas carbon dioxide; CO₂) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศสามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และเกิดจากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการ

ดูดซับธาตุอาหารของพืชน้ำ พืชน้ำต้องการคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารให้กับเซลล์ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) กับ ออกซิเจน (O_2) ตามสมการที่ 2.5 หากไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่สามารถเกิดกระบวนการนี้ได้



ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทั่วไปค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบอนุบาลลูกปลาจะอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 8 ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น สารอินทรีย์ สารละลายอนินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น สำหรับพืชน้ำค่าความเป็นกรดเป็นด่างจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และกระบวนการภายในเซลล์ (Lignell and Pedersen *et al.*, 1989) ดังภาพที่ 2.7 เพราะค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อโปรตีนพาหะที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้ (receptor protein) ปริมาณธาตุอาหารในน้ำซึ่งเป็นตัวช่วยในการดูดซับธาตุอาหาร อีกทั้งค่าความเป็นกรดเป็นด่างส่งผลต่อรูปแบบไอออนของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558) มีการศึกษาของ Saygideger *et al.* (2004) ที่ศึกษาผลของค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่อการเจริญเติบโต และการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโด พบว่าการดูดซับไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโดจะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5 และมากกว่า 9



ภาพที่ 2.7 การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีแดง(*Gracilaria secundata*) ที่ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกัน (7 ถึง 9)

ที่มา: Lignell and Pedersen (1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (inorganics nitrogen and phosphorus) เป็นธาตุอาหารหลัก (macro nutrients) ที่พืชน้ำต้องการใช้ในการเจริญเติบโต หากในระบบกรองชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากพืชน้ำจะหยุดการดูดซับธาตุอาหาร เนื่องจากภายในเซลล์มีตัวรับรู้ (sensor) และตัวบอกผลย้อนกลับ (feedback) ทำให้สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ของปริมาณธาตุอาหารในน้ำได้ Lazzari and Baldisserotto (2008) กล่าวว่า พืชน้ำรับรู้การเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นธาตุอาหารภายนอกและภายในเซลล์เพื่อปรับตัวให้สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ

กระแสน้ำ (water current) การไหลเวียนน้ำในระบบอนุบาลลูกปลามีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหาร และมีอิทธิพลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชน้ำ (Abreu *et al.* 2011) โดยเทียมใจ คมกฤษ (2546) กล่าวว่า พืชน้ำจะมีลักษณะใบเรียวยาวแหลมและลำต้นบางเพื่อไม่ให้ต้านการไหลของน้ำเป็นการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมแบบหนึ่ง อย่างไรก็ตาม หากในระบบอนุบาลบริเวณที่มีการกรองชีวภาพมีกระแสน้ำไหลเร็วกว่าปกติจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารของพืชน้ำ (Boeger and Poulson, 2003)

ปัจจุบันมีการศึกษาที่นำพืชน้ำมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณสารละลายอนินทรีย์ในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) และบอน (*Colocasi aesculenta* L.) เป็นต้น (ศิริภรณ์ ชื่นบาล และคณะ. 2555 ; อานุช ศิริรัฐนิคม. 2557)

ภณชัย สุขแก้ว และคณะ (2554) ได้นำพืชน้ำ 3 ชนิด ผักตบชวา (water hyacinth) บัวหลวง (sacred lotus) และจอก (duckweed) มาเป็นตัวบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชบุรี พบว่าบัวหลวงสามารถลดปริมาณซิลิเกต (silicate) ได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีพืชน้ำ (21.02 ± 0.87) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในทุกชุดการทดลองไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2.4.2 การนำสาหร่ายหางกระรอกมาเป็นวัสดุกรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) จัดเป็นกลุ่มพืชน้ำใต้น้ำ (aquatic submerged plant) โดยทั่วไปสาหร่ายหางกระรอกจะอยู่ในแหล่งน้ำไหลที่สะอาดมีตะกอนน้อย สามารถพบได้ในแหล่งน้ำจืดทั่วโลก (Alix and Scribailo, 2009) มีลักษณะลำต้นเป็นสายยาวเรียวยาวมีสีเขียว ลำต้นจะแบ่งออกเป็นข้อ (Node) แต่ละข้อจะแตกกิ่งก้านออกเป็นกิ่งใบ บริเวณข้อต่อระหว่างลำต้นกับใบจะมีรากซึ่งเป็นลักษณะเส้นสีขาวยาวคล้ายเส้นด้ายบริเวณปลายจะยึดอยู่กับพื้นดินใต้น้ำ (rhizome) บางครั้งมีลักษณะเป็นหัว (tuber) เรียกว่าเทอร์เรียน (turion) ทำหน้าที่ในการสะสมอาหารคล้ายกับ

สาหร่ายพวงชะโค ถึงแม้สาหร่ายหางกระรอกจะมีรากยึดติดกับวัสดุหรือพื้นดิน แต่สามารถลอยไปตามผิวน้ำได้ สามารถจำแนกตามอนุกรมวิธานได้ดังนี้ Richardson *et al.* (2016)

Divisions Magnoliophyta

Class Monocotyledoneae

Order Hydrocharitales

Family Hydrocharitaceae

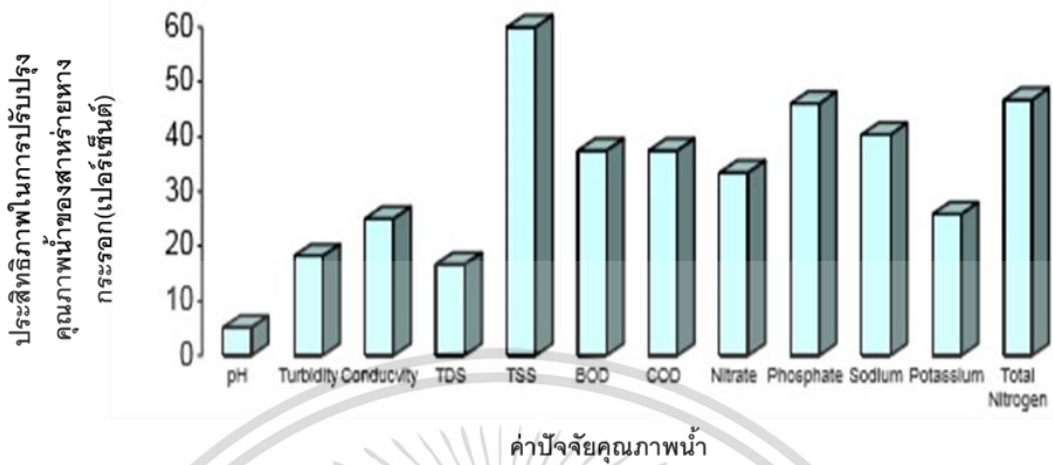
Genus *Hydrilla*

Specific *verticillata*

สาหร่ายหางกระรอกมีรงควัตถุ อาหารสะสม และคลอโรพลาสต์คล้ายกับสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ คือมีคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี สำหรับธาตุอาหารอื่นๆ จะเก็บสะสมไว้ในรูปของแป้ง

ปัจจุบันสาหร่ายหางกระรอกหรือผักขี้เต่าถูกนำมาใช้เป็นพรรณไม้น้ำสวยงามประดับตู้เลี้ยงสัตว์น้ำเพราะมีลำต้นและใบที่สวยงาม อีกทั้งมีการศึกษานำสาหร่ายหางกระรอกมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณของเสียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นพืชน้ำที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง และมีคุณสมบัติในการดูดซับสารละลายในโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี (Baniszewski *et al.* 2016)

Sangeeta (2007) ได้ศึกษาการนำสาหร่ายหางกระรอกมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในทะเลสาบ พบว่าสาหร่ายหางกระรอกสามารถลดปริมาณไนเตรท-ในโตรเจนได้ถึง 33.4 เปอร์เซ็นต์ และสามารถปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำอื่นๆ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ประสิทธิภาพในการปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำของสารกำจัด (ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความขุ่นของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แขวนลอยในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่สารเคมีใช้ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และสารละลายอนินทรีย์ (ไนเตรท ฟอสเฟต โซเดียม โพแทสเซียม และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด)

ที่มา: Sangeeta (2007)

ธงชัย ขนานแก้ว และอุดมผล พิชน์ไพบุลย์ (2547) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของบัวหลวง และสาหร่ายหางกระรอกที่นำมาใช้เป็นตัวบำบัดน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางประมงของชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่าบัวหลวง และสาหร่ายหางกระรอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งได้ 70 เปอร์เซ็นต์ และ 56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมถึงมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน 68 เปอร์เซ็นต์ และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 66 เปอร์เซ็นต์ และ 65 เปอร์เซ็นต์

2.4.3 การนำสาหร่ายพวงชะโดมาเป็นวัสดุกรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำพืชน้ำไปใช้เป็นกรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลามากขึ้น ส่วนใหญ่จะศึกษาเกี่ยวกับการนำพืชน้ำหรือสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพในระบบอนุบาลลูกปลา สำหรับสาหร่ายพวงชะโด ยังไม่มีการศึกษาใดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอย และสารละลายอนินทรีย์ในน้ำทิ้งจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เนื่องจากในบางพื้นที่สาหร่ายพวงชะโดถูกจัดเป็นวัชพืชน้ำ (aquatic weed) และไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ สำหรับสาหร่ายพวงชะโด (*Ceratophyllum demersum*) จัดอยู่ในกลุ่มพืชใต้น้ำมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสาหร่ายไฟ (stoneworts) และสาหร่ายหางกระรอก ลำต้นมีลักษณะยาวตรงเป็นท่อนทรงกระบอก ใบแตกออกรอบลำต้นมีสีเขียวตลอดทั้งใบและลำต้น หากได้รับแสงและแร่ธาตุเพียงพอส่วนยอดจะมีสีเขียวเข้มพบได้ตามแหล่งน้ำจืดทั่วไป (Csiky *et al.*, 2010) Syed *et al.* (2018) ได้จำแนกสาหร่ายพวงชะโดตามอนุกรมวิธานไว้ ดังนี้

Divisions Spermatophyta

Class Dicotyledonae

Order Nymphaeales

Family Ceratophyllaceae

Genus *Ceratophyllum*

Specific *demersum*

สาหร่ายพวงชะโดมีรงควัตถุ อาหารสะสม และคลอโรพลาสต์ ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (ยูดี พีรพรพิศาล, 2549)

สาหร่ายพวงชะโดมีการเจริญเติบโตที่ดี ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง และมีลักษณะของผนังเซลล์ที่บางประกอบด้วยเนื้อเยื่อเซลล์พาราไคม่า (parenchyma tissue) ทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหารในน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างรวดเร็ว

Foroughi *et al.* (2013) ได้นำสาหร่ายพวงชะโดมาศึกษาเรื่องการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ 66.66 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จากครีวเรื้อน และโรงงานอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2.3 และได้ศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนของสาหร่ายพวงในสถานะที่ไม่มีออกซิเจน พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ 62.96 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโดในแต่ละชุด การทดลองที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)		
	6 วัน	12 วัน	18 วัน
น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	66.66	26.66	9.09
น้ำทิ้งจากครัวเรือน	41.66	38.57	6.97
น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	69.44	13.45	3.57

ที่มา: Foroughi *et al.* (2013)

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโดในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาแตกต่างในสถานะ ไม่มีออกซิเจน (non-aeration)

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)		
	6 วัน	12 วัน	18 วัน
น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	62.96	55	33.33
น้ำทิ้งจากครัวเรือน	69.44	54.54	20
น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	62.5	40	1.26

ที่มา: Foroughi *et al.* (2013)

กษิต ศันสน และ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ (2562) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพเพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล พบว่าสาหร่ายพวงชะโดสามารถลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล ลดลงเหลือศูนย์ภายใน 2 สัปดาห์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมากกว่า สาหร่ายหางกระรอก ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบอนุบาลลูกปลานิลที่มีสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพ

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
สาหร่ายพวงชะโด	0.42±0.01 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b
สาหร่ายหางกระรอก	0.42±0.01 ^a	0.03±0.03 ^b	0.01±0.04 ^b	0 ^b
ไม่มีวัสดุกรองชีวภาพ	0.42±0.01 ^a	0.43±0.01 ^a	0.45±0.05 ^a	0.45±0.03 ^a

ที่มา: กษิตศ คันธเสน และ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ (2563)

2.4.4 การลดปริมาณแบคทีเรีย และการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้สารเคมีในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนแบบปิดย่อมมีปริมาณแบคทีเรียเกิดขึ้นจากการสะสมของอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลา สำหรับระบบอนุบาลลูกปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำที่มีความหนาแน่นสูงจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในระบบ เพราะสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด โดย ชีววิทย์ ปูฟ้า และคณะ. 2548 กล่าวว่า สารเคมีที่นิยมใช้เพื่อลดปริมาณแบคทีเรีย และปรับปรุงคุณภาพน้ำในกิจกรรมทางประมง ได้แก่ คลอรีน และฟอร์มาลีน แต่การใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบอนุบาลต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมไม่ส่งผลกระทบต่อลูกสัตว์น้ำ ถึงแม้ว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่มีวัสดุกรองกายภาพ และวัสดุกรองชีวภาพจะสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นได้แต่ไม่สามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในระบบได้ ทางตรงทำให้มีการนำยาหรือสารเคมีมาใช้เพื่อลดปริมาณแบคทีเรีย และปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบอนุบาลลูกปลา

ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมีแบคทีเรียที่เกิดจากอาหารที่เหลือและมูลของลูกปลาจัดเป็นเรื่องปกติ แบคทีเรียที่เกิดขึ้นย่อมมีทั้งแบคทีเรียก่อโรคและไม่ก่อโรค ดังนั้นในระบบลูกปลาจำเป็นต้องมีวิธีการลดปริมาณแบคทีเรียให้มีความเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อลูกปลา โดย กรมประมง (2553) ได้ศึกษาการใช้ยา และสารเคมีเพื่อลดปริมาณแบคทีเรียที่ก่อโรคในลูกปลานิล ได้แก่ การใช้ยาเหลือง (acriflavine) หรือต่างทับทิม (potassium permanganate) ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ถึง 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันโรคตัวดำที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียแฟล็กซีแบคเตอร์ คอลัมน์าริส (*Flexibacter columnaris*) และการใช้ยาปฏิชีวนะผสมอาหารอัตราส่วน 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อรักษาลูกปลาที่เป็นโรคจากแบคทีเรียในน้ำ

ปัจจุบันคลอรีน (chlorine: Cl₂) จัดเป็นสารเคมีที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำ (chlorination) เนื่องจาก เป็นสารเคมีที่นำมาใช้ได้ง่ายมีราคาไม่สูง และมีประสิทธิภาพในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ดี คลอรีนที่ขายทั่วไปอยู่ในรูปของแข็ง (คลอรีนผง: $[Ca(OCl)_2]$) และของเหลว (คลอรีนน้ำ: $NaClO$) คลอรีนผงเป็นรูปแบบคลอรีนที่นิยมใช้เพราะสามารถเก็บรักษาได้ง่าย และเสื่อมสภาพช้า ความเข้มข้นคลอรีนผงที่นำมาใช้งานอยู่ในช่วง 65 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งซีรวิทย์ ปูฟ้า และคณะ (2548) กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้คลอรีนเป็นที่นิยมใช้กำจัดแบคทีเรียในน้ำ เพราะเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์สูง (oxidizing power) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อมีการเติมคลอรีนลงในน้ำจะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ 2.6



ปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดคลอรีนในรูปกรดไฮโปคลอรัส ($HOCl$) ไฮโปคลอไรต์ (OCl^-) และก๊าซคลอรีนในรูปอิสระ กรดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาข้างต้นส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำแต่ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งกรดไฮโปคลอรัส และไฮโปคลอไรต์ รวมกันคือคลอรีนอิสระ (free available chlorine) นอกจากนี้ คลอรีนยังทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่น (สารประกอบไนโตรเจน) โดยกรดไฮโปคลอรัสทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียรวมไนโตรเจน เกิดสารประกอบโมโนคลอรามิน (NH_2Cl) ไดคลอรามิน ($NHCl_2$) และ ไตรคลอรามิน (NCl_3) เรียกว่าคลอรีนรวม (combined available chlorine)

ปริมาณคลอรีนที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ (chlorine demand) สามารถคำนวณได้จากสูตร (ปริมาณคลอรีนที่เติมเพื่อฆ่าเชื้อโรค เท่ากับ ความต้องการของคลอรีน + ปริมาณคลอรีนที่ต้องการให้เหลืออยู่เพื่อกำจัดแบคทีเรีย) โดยทั่วไประดับคลอรีนตกค้างที่เวลาสัมผัส 20 นาที ต้องไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ซีรวิทย์ ปูฟ้า และคณะ. 2548)

ข้อจำกัดของคลอรีน เนื่องจากคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆ ในน้ำได้เกือบทุกชนิด หากในน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยมากย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพของคลอรีนที่ลดลงทำให้ต้องมีการใช้คลอรีนในปริมาณที่สูงขึ้นอาจส่งผลให้มีการตกค้างในน้ำ ดังนั้นการใช้คลอรีนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำต้องมีการบำบัดน้ำเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอย และสารละลายอนินทรีย์ให้มากที่สุดจะทำให้คลอรีนมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ดี

การอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศมีการใช้คลอรีนเพื่อกำจัดเชื้อแบคทีเรีย (*Acetobacter*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Aeromonas* และ *Pseudomonas*) ที่เกิดขึ้นในระบบ โดยระดับความเข้มข้นของคลอรีนที่ควรนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ออนุบาลลูกปลานอนอยู่ในช่วง 30 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาสัมผัส 30 ถึง 50 นาที อย่างไรก็ตาม ห้ามใช้คลอรีนที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบริเวณที่มีการอนุบาลลูกปลานิลโดยตรงเพราะจะทำให้ลูกปลาตายได้ (กรมประมง. 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาถอนงค์ เจริญสันติสุข และคณะ (2561) ได้ศึกษาตัวอย่างน้ำจากบริเวณที่มีการทำกิจกรรมทางประมงแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม มาทำการกำจัดเชื้อแบคทีเรียโดยใช้สารเคมีคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 0 ถึง 85 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบคลอรีนคงเหลือในน้ำ และจะเริ่มพบตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 55 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป และจากการศึกษาปริมาณคลอรีนที่ลดลง และปริมาณแบคทีเรียที่ลดลงในระดับความเข้มข้น 55 ถึง 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 15, 30, 60, และ 120 นาที พบว่าเมื่อระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น ปริมาณคลอรีนจะลดลงในทุกระดับความเข้มข้น แต่หากระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นและความเข้มข้นคลอรีนตั้งต้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียลดลงมากที่สุด ($P < 0.05$)

2.4.5 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด

ต้นทุน และค่าใช้จ่ายภายในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศจัดเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากต้นทุนการผลิตมีผลต่อราคาขายลูกปลา กำไรที่ควรได้รับ และเป็นตัวกำหนดว่าระบบการอนุบาลลูกปลานิลจะสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้หรือไม่ (กรมประมง, 2559)

กรมประมง (2553) ได้กำหนดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงปลานิลออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ต้นทุนผันแปร คือ ต้นทุนที่ผันแปรไปตามจำนวนหน่วยที่ผลิต เช่น ค่าพันธุ์ปลา ค่าอาหาร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าแรงงาน เป็นต้น ส่วนต้นทุนคงที่ คือ ต้นทุนที่ไม่ผันแปรไปตามหน่วยที่ผลิต เช่น ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสื่อมราคาถังอนุบาลหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน เป็นต้น

ตัวอย่างการคำนวณผลตอบแทนต่อการลงทุน และจุดคุ้มทุนในการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ โดย ชงชัย เย็นปิง และคณะ (2554) ได้ศึกษาต้นทุนการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศที่อนุบาลในระดับความหนาแน่น 4 ระดับ 5, 10, 20 และ 40 ตัวต่อลิตร เป็นระยะเวลา 21 วัน ดังตารางที่ 2.6

ปัจจุบันมีการนำวิธีการคำนวณต้นทุนตามมาตรฐานการบัญชีมาใช้ในสถานประกอบการเพาะเลี้ยงปลานิลทำให้เกษตรกรทราบถึงต้นทุนทั้งหมดและต้นทุนต่อหน่วยได้ครบถ้วนส่งผลให้การกำหนดราคาขาย และกำไรที่ควรได้รับมีความเหมาะสมมากขึ้น โดย ดวงมณี โกมารทัต (2543) ได้กำหนดต้นทุนออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. องค์ประกอบต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศประกอบด้วย ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง (direct material: DM) เป็นต้นพันธุ์ปลาทั้งหมด ได้แก่ ค่าลูกพันธุ์ปลานิลแปลงเพศ และค่าอาหาร ต้นทุนค่าแรงงานทางตรง (direct labour: DL) ได้แก่ ค่าแรงงานในกระบวนการอนุบาลทั้งหมด และต้นทุนการผลิตอื่นหรือโซ้ยการผลิต (overhead cost: OH) ได้แก่ ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ค่าอุปกรณ์ ค่าซ่อมแซม และค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานเกิน 1 ปี

2. องค์ประกอบค่าใช้จ่ายของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ไม่ใช่ต้นทุนในองค์ประกอบแรก) ประกอบด้วย ดอกเบี้ยของเงินที่กู้มาลงทุน ค่าใช้จ่ายในการขาย ค่าใช้จ่ายใน

การบริหาร และค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นปกติของการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ จากนั้นนำต้นทุน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศและหลังการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมาคำนวณต้นทุน ค่าใช้จ่าย และกำไรที่ควรได้รับ ตามมาตรฐานการบัญชี (ณัฐพล คันทะเสน. 2548)

ตารางที่ 2.6 ผลตอบแทนการลงทุน และจุดคุ้มทุนในการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศในถังไฟเบอร์
กลาสระบบน้ำหมุนเวียนที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ

รายการ	ระดับความหนาแน่น (ตัวต่อลิตร)			
	5	10	20	40
ความยาวลูกปลา (มิลลิเมตรต่อตัว)	11.100	10.00	9.20	8.40
จำนวนปลาเฉลี่ย (ตัวต่อถัง)	1,111	2,214	4,210	6,086
ราคาขาย (บาทต่อตัว)	0.165	0.150	0.138	0.126
รายได้ (บาทต่อถัง)	183.32	332.10	580.98	766.84
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อถัง)	165.14	274.36	471.98	657.74
ต้นทุนคงที่ (บาทต่อถัง)	81.84	81.84	81.84	81.84
รวมต้นทุนทั้งหมด (บาทต่อถัง)	246.98	356.20	553.81	739.58
รายได้สุทธิ (บาทต่อถัง)	-63.67	-24.10	27.17	27.26
รายได้สุทธิ (บาทต่อตัว)	-0.057	-0.011	0.006	0.004
ผลตอบแทนการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)	-25.78	-6.77	4.91	3.69
จุดคุ้มทุนของราคาขาย (บาทต่อตัว)	0.22	0.16	0.13	0.12

หมายเหตุ: เปรียบเทียบราคากับราคาขายลูกปลานิลแปลงเพศ ขนาดความยาว 20 ถึง 30 มิลลิเมตร

ราคาตัวละ 0.30 บาท (กรมประมง. 2553)

ที่มา: ชงชัย เย็นปิง และคณะ (2554)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย (Research methodology)

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (balance) ยี่ห้อ OHAUS
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytic balance) ยี่ห้อ ADAM
3. เตาอบลมร้อน (hot air oven)
4. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Hanna
5. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity meter) ยี่ห้อ YSI 550A
6. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ GENESYS™ 10S UV-VIS
7. อ่างทำความร้อน (water bath)
8. โถดูดความชื้น (desiccator)
9. เครื่องไมโครเพลท และแผ่นกรองแสง (microplate and microfilter) ยี่ห้อ TECAN
10. กระบอกตวง (cylinder) ปริมาตร 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร ยี่ห้อ WITEG
11. แท่งแก้วคนสาร (glass string rod)
12. บิวเรต (burette) ยี่ห้อ WITEG
13. ขวดแก้วพร้อมหลอดหยด (dropping bottle) และที่วางหลอดหยด (rack)
14. ถ้วยขอบสาร และที่คีบ (crucible and tong) ยี่ห้อ HCT
15. ช้อนตักสาร (spoon) และเครื่องอบแห้งอุปกรณ์ (dish dryer) ยี่ห้อ HOMEMATE
16. ขวดแก้วใส่สาร ปริมาตร 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร (storage bottle) ยี่ห้อ SCHOTT DURAN
17. ขวดแก้วรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ปริมาตร 200 และ 250 มิลลิลิตร ยี่ห้อ PYREX
18. ไมโครปิเปต (micropipette) ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร และ 10 มิลลิลิตร ยี่ห้อ Gilson และ BOECO ตามลำดับ
19. บีกเกอร์ (beaker) ปริมาตร 50, 100, 150, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร ยี่ห้อ PYREX
20. ขวดแก้วปรับปริมาตร (volumetric flask) ปริมาตร 100, 250, 500, และ 1,000 มิลลิลิตร ยี่ห้อ WITEG
21. หลอดแก้วทดลอง (test tube) ปริมาตร 10 และ 20 มิลลิลิตร ยี่ห้อ PYREX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Analytical Reagent; AR. grade)

1. Methyl orange
2. Methyl red
3. phenolphthalein
4. Sodium carbonate (Na_2CO_3)
5. Sulfuric acid (H_2SO_4)
6. Ethyl alcohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 95 % and 70 %
7. Ammonium chloride (NH_4Cl)
8. Phenol
9. Sodium citrate
10. Sodium hydroxide (NaOH)
11. Sodium hypochlorite
12. Sodium nitroprusside
13. EDTA (disodium ethylenediamine tetracetate)
14. Hydrochloric (HCl)
15. NNED (N-1-(naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride)
16. Sodium nitrite (NaNO_2)
17. Sulphanilamide
18. Ammonium hydroxide (NH_4OH)
19. Magnesium chloride ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
20. Eriochrome black t [1-(1-hydroxyl-2-naphthylazo)-5-nitro-2-naphthol-4-sulfonic acid]
21. Hydroxylamine hydrochloride ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$)
22. Anhydrous calcium carbonate (CaCO_3)
23. Potassium persulfate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)
24. Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
25. Distilled water
26. L-ascorbic acid
27. Potassium antimonyl tartrate ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$)
28. Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)
29. Hydrous potassium nitrate (KNO_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Analytical Reagent; AR. grade) (ต่อ)

30. Brucine sulfate

31. Sodium chloride (NaCl)

32. Sulfanilic acid

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

1. ถังพลาสติก โพลีเอทิลีนทรงกรวย (polyethylene tank) สำหรับใช้เลี้ยงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 250 ลิตร จำนวน 1 ถัง
2. ตะแกรงพลาสติกสีดำพื้นที่ (pvc grilles) พื้นที่ 0.03 ตารางเมตร สำหรับยึดติดกับสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก จำนวน 9 อัน และตะแกรงพลาสติกสีดำพื้นที่ 0.05 ตารางเมตร สำหรับปิดโหลแก้วจำนวน 9 แผ่น
3. โหลแก้วปริมาตร 10 ลิตร (glass tank) จำนวน 9 โหล
4. แผ่นพลาสติกใส (plastic wrap) พื้นที่ 0.05 ตารางเมตร สำหรับปิดโหลแก้วจำนวน 9 แผ่น
5. เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (luxmeter) ยี่ห้อ Dual-Display traceable
6. เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer)

3.1.3 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

อุปกรณ์ของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

1. ตลับเมตรมาตรฐาน (tape measure) ความยาว 5 เมตร ยี่ห้อ PROMA
2. สายยางใสขนาด (aquarium crystal tube) ความกว้าง 4 มิลลิเมตร
3. เครื่องสูบน้ำใต้น้ำ (submersible pump) สำหรับเวียนน้ำในระบบ ยี่ห้อ SOBO WP-1650
4. บีกเกอร์ (beaker) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ ยี่ห้อ PYREX
5. ถังพลาสติก โพลีเอทิลีน (polyethylene tank) ทรงกรวยสำหรับใช้เลี้ยงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศปริมาตร 250 ลิตร จำนวน 12 ถัง
6. ท่อตรงพีวีซี (pvc pipes class 8.5 bar) ขนาด 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว 1.5 นิ้ว 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ยี่ห้อ ท่อน้ำไทย
7. วัสดุกรองเส้นใยสังเคราะห์ (polypropylene plastic filter PP) ขนาด 0.15 ตารางเมตร
8. ยางในมอเตอร์ไซค์ (residual motorcycle tire tube) ขนาด 0.5 มิลลิเมตร
9. ถังพลาสติกโพลีเอทิลีนสำหรับใช้เป็นถังพักน้ำที่มีพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และถังพักน้ำสำหรับพรีคูลอริ่นจำนวน 36 ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ท่อสายอ่อน (pvc transparent water hose) ขนาด 0.6 นิ้ว ยี่ห้อ SCG
11. ข้อต่อเกลียวนอก และข้อต่อเกลียวใน (valve socket and faucet socket) ขนาด 0.5 นิ้ว 1 และ 1.5 นิ้ว ยี่ห้อ ท่อน้ำไทย
12. เครื่องวัดความเข้มแสง (lux meter) ยี่ห้อ LX-1010B
13. ผ้าสังเคราะห์ (microfiber)
14. ถังพลาสติกโพลีเอทิลีนสำหรับเป็นถังกรองกายภาพที่มีเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 80 ลิตร จำนวน 12 ถัง
15. เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
16. ตะแกรงพลาสติกวงกลม (pvc grilles) ขนาด 0.05 และ 0.19 ตารางเมตร สำหรับรองกันถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และยึดพีชน้ำ ตามลำดับ
17. อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ (fish feed) ยี่ห้อ ไฮเกรด
18. วาล์วพีวีซี (ball valve) ขนาด 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว ยี่ห้อ SCG
19. ข้องอ 90 องศา และข้อต่อสามทางขนาด 1 นิ้ว (elbow and tee) ยี่ห้อ ท่อน้ำไทย
20. ข้อต่อลด (reducing socket) ขนาด 40x18 มิลลิเมตร ยี่ห้อ ท่อน้ำไทย
21. ปั๊มลมลูกสูบขนาดกลาง (electromagnetic air pump) ยี่ห้อ Resun AP-60
22. ซิลิโคนพร้อมที่ยิง (silicone sealant) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ยี่ห้อ TOA
23. ฝาครอบท่อพีวีซีขนาด (pvc cap) 0.5 นิ้ว ยี่ห้อ ท่อน้ำไทย
24. สาหร่ายพวงชะโด (hornwort) 3.6 กิโลกรัม
25. ลูกปลานิลแปลงเพศ (fingerlings) 600 ตัว
26. หัวทราย (air stone) จำนวน 60 หัว
27. ผ้าใบหลังคา (ground sheet) พื้นที่ 81.9 ตารางเมตร
28. วาล์วปรับแรงดันลมตีเขียว และท่อเชื่อมสายตีเขียว (tip valve) ยี่ห้อ ROYAL

3.1.4 อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำ

1. เตาให้ความร้อน (hot plate and magnetic stirrer system) ยี่ห้อ SEVERIN
2. เครื่องนึ่งความดันสูง (autoclave) ยี่ห้อ HIRAYAMA
3. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Hanna
4. เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) ยี่ห้อ VISION
5. ไมโครปิเปต ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร
6. จานแก้วเพาะเลี้ยงเชื้อ (plate) จำนวน 30จาน
7. หลอดแก้วทดลอง ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ยี่ห้อ PYREX
8. แท่งแก้ว (glass string rod)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ขวดแก้วรูปชมพู่ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ยี่ห้อ WITEG
10. น้ำกลั่น (distilled water)
11. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ พงวุ้น (nutrient agar)
13. อาหารเหลวสำหรับเลี้ยงเชื้อ (nutrient broth media; NB) ยี่ห้อ HIMEDIA

3.1.5 อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับเตรียมคลอรีน (ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร)

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS
2. ช้อนตักสาร
3. บีกเกอร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ยี่ห้อ PYREX
4. คลอรีนผง ($[Ca(OCl)_2]$ 65 เปอร์เซนต์

3.2 วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาการเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ จะแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศเพื่อคัดเลือกพีชน้ำมาใช้เป็นกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณของเสียในการศึกษาที่ 2
2. การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
3. การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
4. การศึกษาดัชนีทุน รายได้ และผลตอบแทนจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

3.2.1 การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

3.2.1.1 วางแผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็น วัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่

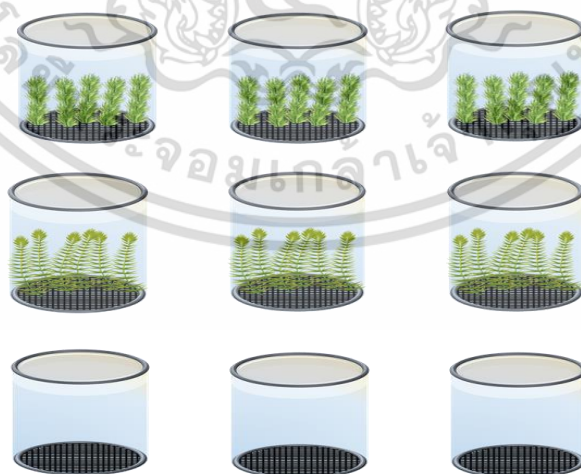
ชุดการทดลองที่ 1 ใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองชีวภาพบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้สาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ชุดการทดลองที่ 3 ไม่มีวัสดุกรองชีวภาพบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

3.2.1.2 การเตรียมน้ำหมักจากมูลของลูกปลานิลแปลงเพศ และอาหารที่เหลือ

การเตรียมน้ำหมักจะนำน้ำทิ้งจากถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่มีลูกปลาอายุ 1 เดือน จำนวน 50 ตัว มาทำการกรองเพื่อเก็บรวบรวมมูลของลูกปลา และอาหารที่เหลือจากนั้นนำมาหมักแบบให้อากาศในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร เป็นระยะเวลา 7 วัน น้ำหมักมีค่าความเข้มข้นของมูลลูกปลาและอาหารที่เหลือ 2 กรัมต่อลิตร จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดตามวิธีการ (APHA, 1998) ก่อนนำน้ำหมักไปเตรียมใส่โหลแก้วปริมาตร 10 ลิตร ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังของโหลแก้วที่มีสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกเป็นกรองชีวภาพเพื่อลดปริมาณ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำหมักมูลลูกปลานิลแปลงเพศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การเตรียมสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก

คัดเลือกพืชน้ำทั้ง 2 ชนิด ที่มีใบสีเขียวสดความยาวประมาณ 40 ถึง 50 เซนติเมตร จากนั้นนำมา ตัดให้ได้ความยาว 20 เซนติเมตร และผูกติดกับแผ่นพลาสติกพื้นที่ 0.03 ตารางเมตร ดังภาพที่ 3.2 ในแต่ละชุดการทดลองใช้พืชน้ำชนิดละ 20 กรัม ใส่ลงในโหลแก้วที่มีน้ำหมักมูลลูกปลานิลตาม แผนการทดลองดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.2 ก. ถังเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก ขนาด 100 ลิตร ข. สาหร่าย พวงชะโดผูกติดกับแผ่นพลาสติก และ ค. สาหร่ายพวงชะโดในโหลน้ำหมักมูลของลูกปลานิล และอาหารที่เหลือ

3.2.1.4 การทดลอง

1. เก็บข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมบริเวณที่ทำการทดลอง ทำการวัดค่าความเข้มแสง และ อุณหภูมิน้ำ 4 จุด พบว่าค่าความเข้มแสง และอุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ย 305.42 ± 5.43 ลักซ์ และ 29.30 ± 0.67 องศาเซลเซียส ระหว่างการทดลองในแต่ละชุดการทดลองมีการเติมน้ำสดเขยน้ำบางส่วนที่ระเหย และไม่มีกรให้อากาศ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

2. ศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการลดปริมาณ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ได้แก่ แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ละลาย น้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus; TP) ตามวิธีการ ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมดมาคำนวณประสิทธิภาพในการลด ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตามสูตร He *et al.* (2015) ดังนี้

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังนี้ $[(C_0 - C_t) / C_0] \times 100$
(เปอร์เซ็นต์)

C_0 คือ ความเข้มข้นสารอินทรีย์เริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือ ความเข้มข้นสารอินทรีย์สุดท้าย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ

ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์ ดังภาพผนวก ก
ค่าความเป็นด่าง	Titration method (APHA, 2012)
แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน	Phenate method (APHA, 2012)
ไนโตรท์-ไนโตรเจน	Colormetric method (APHA, 2012)
ไนเตรท-ไนโตรเจน	Brucine method (APHA, 2012)
ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	Ascorbic acid method (APHA, 2012)
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด	Ascorbic acid method (APHA, 2012)
ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย ในน้ำทั้งหมด	Total suspended solid dried at 103-105 °C (APHA, 2012) ดัง
ปริมาณคลอรีนคงเหลือ ทั้งหมด	N,N Diethyl- <i>p</i> -phenylenediamine (DPD) colorimetric method (APHA, 2012)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity meter) และเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลาย น้ำ (DO meter)

3. การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก ชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งก่อนเริ่มต้นการทดลอง และสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชั่งน้ำหนักสด (wet weight) จะใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักสดเริ่มต้นและน้ำหนักสดสุดท้าย (กรัม)

การชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight) นำพืชน้ำทั้ง 2 ชนิด มาทำการชั่งน้ำหนักและนำไปอบ ใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตามสูตร (ศุภิมาศ สุทธิเนียม (2552)

อัตราการเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) = $[\ln (W_t - W_0) / t] \times 100$ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

W_t คือ น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

W_0 คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

อัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส = $[(C_{t_0} - C_t) - (C_{c_0} - C_{c_t})] \times v / [dw \times t]$ (มิลลิกรัมต่อลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อวัน)

C_{t_0} คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดทดลองเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดทดลองสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_{c_0} คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดควบคุมเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_{c_t} คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดควบคุมสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

v คือ ปริมาตรน้ำ (ลิตร)

dw คือ น้ำหนักแห้งของสาหร่าย (กรัมน้ำหนักแห้ง)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง ผลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance; One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ผลประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส คำนวณ อัตราการเติบโตจำเพาะ และอัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกจะทำการเปรียบเทียบด้วยวิธี independent-samples T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows (version 16.0; Chicago, SPSS Inc. USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุรองในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ แบบหมุนเวียนน้ำ

3.2.2.1 วางแผนการทดลอง

นำพีชน้ำที่มีประสิทธิภาพดีจากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการศึกษานี้ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ไม่มีวัสดุรอง
(ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใย
พลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง

ชุดการทดลองที่ 3 ระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุ
รอง

ชุดการทดลองที่ 4 ระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใย
พลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

3.2.2.2 การเตรียมระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่มีเส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรองของเสีย

ระบบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำมีองค์ประกอบ ดังภาพที่ 3.3 ภาพผนวกที่
2.1 และภาพผนวกที่ 2.2 ได้แก่

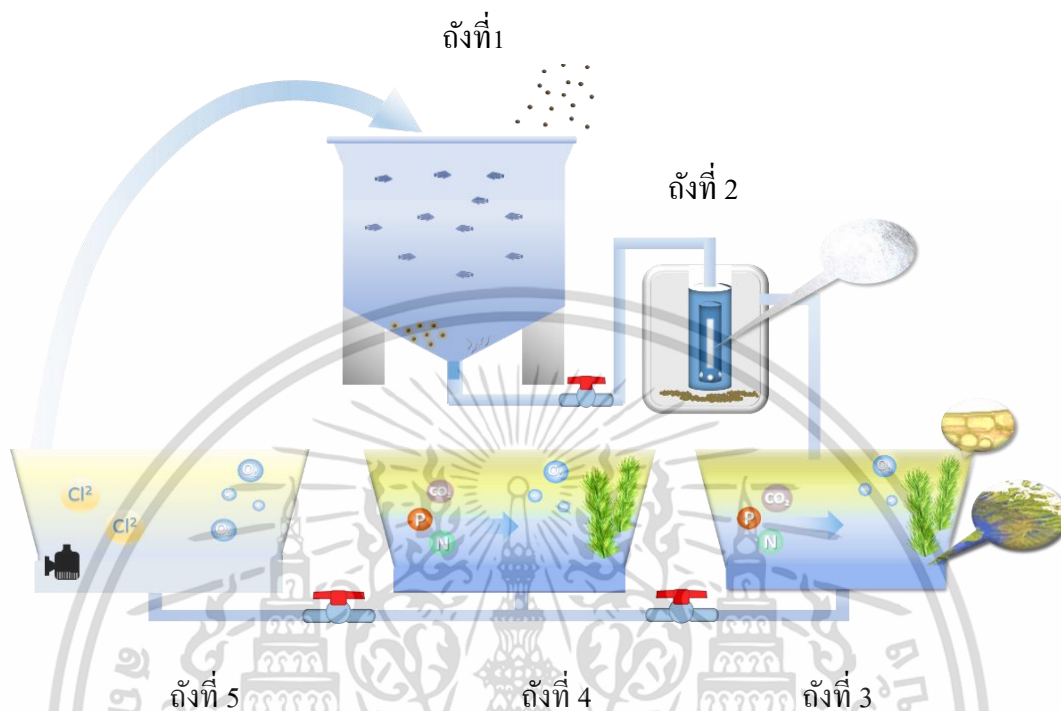
ถังที่ 1 ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 250 ลิตร ภายในใส่น้ำประปาปริมาณ 150 ลิตร
ภายในมีตะแกรงพลาสติกสำหรับป้องกันไม่ให้ลูกปลาหลุดออกจากถัง

ถังที่ 2 ถังกรอง (1) ขนาด 80 ลิตร ภายในประกอบด้วยท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว สูง 40 เซนติเมตร
สำหรับใส่วัสดุรองใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 0.15 ตารางเมตร เพื่อดักจับสารแขวนลอยจาก
อาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลา

ถังที่ 3 ถังกรอง (2) ขนาด 100 ลิตร สำหรับระบบบอนุบาลลูกปลาที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง ภายใน
จะมีพีชน้ำผูกยึดกับแผ่นพลาสติกสีดำพื้นที่ 0.19 ตารางเมตร เพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยที่ตกค้าง
จากถังกรอง (1) รวมถึงลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากอาหารที่เหลือ และมูลของลูกปลา
(ชุดการทดลองที่ 3 และ 4)

ถังที่ 4 ถังพักน้ำ หรือ ถังกรอง (3) ขนาด 100 ลิตร ทำหน้าที่เป็นถังพักน้ำเพื่อหมุนเวียนใน
ระบบ หรือ ทำหน้าที่เป็นถังกรองในชุดการทดลองที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

ถังที่ 5 ถังพักสำหรับทรีตคลอรีนความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อลดปริมาณแบคทีเรีย และปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำ ก่อนนำน้ำกลับไปใช้อุบลาลูกปลาใหม่



ภาพที่ 3.3 แผนผังระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่มีเส้นใยพลาสติก

สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของเสีย

ถังที่ 1 ถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ถังที่ 2 ถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ (1)

ถังที่ 3 ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (2)

ถังที่ 4 ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (3)

ถังที่ 5 ถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุนเวียนน้ำภายในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศนี้มีการหมุนเวียนน้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การหมุนเวียนน้ำประจำวัน มีการหมุนเวียนน้ำทุกวันระหว่างถังที่ 1 ถึงถังที่ 4 ปริมาณน้ำที่หมุนเวียนคิดเป็น 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำทั้งหมดในถังที่ 1 ถึงที่ 3 และถังที่ 4 ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.3 (อัตราการหมุนเวียนน้ำ 3.75 ลิตรต่ออนาที)

2. การหมุนเวียนน้ำประจำสัปดาห์ มีการหมุนเวียนน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ระหว่างถังที่ 5 กับถังที่ 1 นำน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำในถังที่ 5 หมุนเวียนกลับมาถังที่ 1 คิดเป็น 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำทั้งหมดในถังที่ 1 และ 5 ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำในถังที่ 4 ทั้งหมดมาใส่ในถังที่ 5 สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไป นอกจากนี้ ในช่วงระหว่างการทดลองมีการเติมน้ำสดเขยน้ำที่ระเหยออกจากระบบ แต่ไม่มีการถ่ายน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

3.2.2.3 การเตรียมวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ พืชน้ำ ลูกปลานิลแปลงเพศ และน้ำที่ใช้ในการทดลอง

1. เตรียมวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ นำเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ (polypropylene ; PP) ขนาด 0.15 ตารางเมตร ม้วนพับลงในท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว และใส่ลงในท่อพีวีซีขนาด 3 นิ้ว ความสูง 50 เซนติเมตร เพื่อกักเก็บตะกอนให้อยู่ภายในถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ ระหว่างการทดลองจะทำการเปลี่ยนเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 0.15 ตารางเมตร ทุกสัปดาห์ เพื่อป้องกันไม่ให้สารแขวนลอยอุดตันในระบบกรอง ดังภาพผนวกที่ 3.1

2. คัดเลือกพืชน้ำที่ใช้เป็นวัสดุกรอง ใช้สาหร่ายพวงชะโดอายุ 1 เดือน ที่มีลักษณะสมบูรณ์มีสีเขียวตลอดทั้งลำต้น ใบแตกออกรอบข้อเป็นวงกว้าง ลำต้นยาวประมาณ 30 ถึง 60 เซนติเมตร จากนั้นตัดลำต้นส่วนล่างที่มีตะกอนทิ้ง นำส่วนที่เหลือผูกติดกับแผ่นพลาสติกสีดำขนาด 0.19 ตารางเมตร (100 ต้น ต่อ 1 ถัง) ใส่ลงในถังกรอง (ถังที่ 3 และ 4 เฉพาะระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง) พืชน้ำมีความยาวเฉลี่ยต่อต้น 15.22 ± 0.24 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 3.03 ± 0.18 กรัม ดังภาพผนวกที่ 3.2

3. ก่อนเริ่มทำการทดลองจะนำลูกปลานิลแปลงเพศจากฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิลขนาด 0.5 ถึง 1 เซนติเมตร (ตัวละ 0.30 บาท) มาทำการอนุบาลปรับสภาพน้ำเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ได้ขนาดความยาวเฉลี่ย 3.34 ± 0.29 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.06 ± 0.37 กรัม จากนั้นสุ่มคัดเลือกลูกปลาที่มีความสมบูรณ์แยกลงถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศถังละ 50 ตัว จำนวน 12 ถัง ดังภาพผนวกที่ 3.3

4. เตรียมน้ำในระบบอนุบาล เติมน้ำประปาลงในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ถังกรอง (1) ถังพักน้ำที่มีพืชน้ำเป็นวัสดุกรองจำนวน 2 ถัง และถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนตามขนาดของถังที่ได้กำหนดไว้ ใช้ถังกรองตะกอนกรองน้ำก่อนนำมาใส่ในแต่ละถัง หลังจากนั้นจะทำการพักน้ำ และมีการให้อากาศเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะล้างทำความสะอาด และแช่

คลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (การศึกษานี้ใช้น้ำในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำทั้งหมด 750 ลิตร) ดังภาพผนวกที่ 3.4

3.2.2.4 การทดลอง

1. ตรวจสอบปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถึงพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองจำนวน 2 ถัง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชุดการทดลองละ 100 มิลลิลิตร และนำมาวิเคราะห์ตามวิธีการ (APHA. 2012) ดังตารางที่ 3.1 เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำผลปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด มาคำนวณตามสูตรประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ดังนี้

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (total suspension reducing efficiency)
= $[(C_a - C_b) / C_a] \times 100$ (เปอร์เซ็นต์)

C_a คือ ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_b คือ ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (2) และถึงพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (3) (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2. ศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในช่วงระหว่างการทดลอง ทำการเก็บผลการเจริญเติบโตของพีชน้ำ ได้แก่ ค่าน้ำหนักสด และค่าน้ำหนักแห้ง 2 สัปดาห์ต่อครั้ง เก็บผลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยทำการตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถึงพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองจำนวน 2 ถัง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชุดการทดลองละ 500 มิลลิลิตร และนำมาวิเคราะห์ตามวิธีการ (APHA. 2012) ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำผลการเจริญเติบโตมาวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สำหรับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และค่าน้ำหนักแห้งนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตามสูตร ดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate : SGR) = $[\ln (W_t / W_0) / t] \times 100$ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

W_t คือ น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

W_0 คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (inorganic reducing efficiency) = [(ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลาบิลแปลงเพศ - ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (2) และ ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (3)) / (ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลาบิลแปลงเพศ) x 100] (เปอร์เซ็นต์)

C_u คือ ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลาบิลแปลงเพศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_0 คือ ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (2) และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (3) (มิลลิกรัมต่อลิตร)

อัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส = $[(C_{t_0} - C_t) - (C_{c_0} - C_c)] \times v / [dw \times t]$ (มิลลิกรัมต่อลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อวัน)

C_{t_0} คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดทดลองเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดทดลองสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_{c_0} คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดควบคุมเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_c คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารชุดควบคุมสุดท้าย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

v คือ ปริมาตรน้ำ (ลิตร)

dw คือ น้ำหนักแห้งของสาหร่าย (กรัมน้ำหนักแห้ง)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

3. ตรวจสอบค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความเป็นด่าง อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลาบิลแปลงเพศ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชุดการทดลองละ 100 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวัดค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และนำมาวิเคราะห์ตามวิธีการ (APHA, 2012) ดังตารางที่ 3.1 และวัดค่าความเข้มแสงในบริเวณทดลองทั้งหมด 4 จุด ในช่วงระหว่างการทดลองมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำและค่าเฉลี่ยความเข้มแสง 27.76 ± 0.55 องศาเซลเซียส และ 553.17 ± 190.43 ลักซ์ ตามลำดับ

4. การตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำ ในช่วงระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร ในถังอนุบาลลูกปลาบิลแปลงเพศ (ถังที่ 1) และถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลอรีน (ถังที่ 5) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และนำตัวอย่างน้ำไปตรวจนับจำนวนแบคทีเรียด้วยวิธีการนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (standard plate count) ตามวิธีการดรอปเพลท (drop plate)

นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเจือจางด้วยน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ 10 เท่า 100 เท่า 1,000 เท่า และ 10,000 เท่า (dilute plate count) มาผสมให้เข้ากันด้วยการปั่นเหวี่ยง จากนั้นนำ

ตัวอย่างน้ำหยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (nutrient broth) โดยกำหนด 20 หยดต่อจาน (5 หยดต่อระดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจือจาง) แต่ละหยดมีปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร (ใช้ไมโครปิเปตปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ในการหยด)

ตัวอย่างน้ำจะถูกปล่อยให้แห้งบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำจานเพาะเชื้อใส่ในถุงพลาสติกและปิดปากถุงให้มิดชิด เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อจึงทำการนับจำนวนโคโลนี (colony) ของแบคทีเรีย และคำนวณย้อนกลับเพื่อหาจำนวนโคโลนีของแบคทีเรีย (colony forming unit; CFU) ต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

5. เตรียมคลอรีนความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน นำคลอรีนผง 65 เปอร์เซ็นต์ มาเจือจางในน้ำประปาตามอัตราส่วนที่ได้คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูปของการประปานครหลวง ดังนี้ ใช้คลอรีนผง 65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 0.05 กรัมต่อลิตร (การประปานครหลวง. 2552)

นำตัวอย่างน้ำในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนมาทำการตรวจสอบปริมาณคลอรีนตามวิธีการ (APHA. 2012) ดังตารางที่ 3.1 และนำผลมาคำนวณปริมาณคลอรีนที่เหลือทั้งหมดที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที ตามสูตรของ นาถอนงค์ เจริญสันติสุข และคณะ (2561) ดังนี้

ปริมาณคลอรีนทั้งหมดคงเหลือ (total residual chlorine) = ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือ + ปริมาณคลอรีนพร้อมใช้คงเหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที

Cl_{ires} คือ ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Cl_{res} คือ ปริมาณคลอรีนพร้อมใช้คงเหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

6. วัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชุดการทดลองละ 500 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์ตามวิธีการ (APHA. 2012) ดังตารางที่ 3.1 เพื่อตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนนำน้ำกลับมาใช้ในบ่อบำบัดน้ำเสียในถังบำบัดน้ำเสีย

7. วิเคราะห์ผลการทดลอง ผลปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance ANOVA; One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองที่สัปดาห์เดียวกัน และชุดการทดลองเดียวกันที่สัปดาห์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วย วิธี Duncan's new multiple range test ผลน้ำนักสด น้ำหนักแห้ง อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของพืชน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดระหว่างถังบำบัดน้ำเสียกับถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน จะเปรียบเทียบด้วยวิธี independent-samples T-Test ที่

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows (version 16.0; Chicago, SPSS Inc. USA)

3.2.3 การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

1. นำลูกปลานิลแปลงเพศที่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 3.34 ± 0.29 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.06 ± 0.37 กรัม มาทำการอนุบาลในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศเป็นระยะเวลา 45 วัน (6 สัปดาห์) ระหว่างการอนุบาลลูกปลาจะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง (09.00 น. และ 16.00 น.) ปริมาณอาหารแห้งเฉลี่ย 8.83 ± 0.12 กรัมต่อมือ

2. ช่วงเริ่มต้นการทดลอง จะชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของลูกปลานิลแปลงเพศด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ตรวจสอบค่าน้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ดังภาพผนวกที่ 4.1 และภาพผนวกที่ 4.2 ตรวจสอบปริมาณอาหาร และจำนวนลูกปลานิลแปลงเพศทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำผลค่าน้ำหนัก ปริมาณอาหารที่กิน และจำนวนลูกปลาวิเคราะห์ผลอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการรอด ตามสูตรดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate : SGR) = $[\ln(W_t / W_0) / t] \times 100$ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

W_t คือ น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

W_0 คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain: DWG) = $(W_t - W_0) / t$ (กรัมต่อวัน)

W_t คือ น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

W_0 คือ น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

t คือ ระยะเวลา (วัน)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (feed conversion ratio: FCR) = น้ำหนักอาหารแห้งที่ลูกปลากินทั้งหมด / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของลูกปลา

อัตราการรอด (survival rate) = (จำนวนลูกปลานิลแปลงเพศเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนลูกปลานิลแปลงเพศเมื่อเริ่มต้นการทดลอง) x 100 (เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง ผลค่าน้ำหนัก ค่าความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการรอด วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance ANOVA; One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test วิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows (version 16.0; Chicago, SPSS Inc. USA)

3.2.4 การศึกษาต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

1. การศึกษาต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง จะแบ่งต้นทุนออกเป็น 3 ประเภท ตามมาตรฐานการบัญชี ดังนี้ ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง (direct material: DM) เป็นต้นทุนผันแปรทั้งหมด (ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามหน่วยที่ผลิต) ต้นทุนค่าแรงงาน (direct labour: DL) เป็นต้นทุนผันแปรทั้งหมด และต้นทุนการผลิตอื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ (overhead cost: OH) ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (ต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามหน่วยที่ผลิต) และต้นทุนผันแปร ต้นทุนการผลิตอื่นจะคิดระยะเวลาในการคืนทุน 1 ปี (6 รอบ) อีกทั้งนำผลต้นทุนทั้ง 3 ประเภท บันทึกลงในตารางบันทึกต้นทุน ดังตารางที่ 3.2 นอกจากนี้ ทำการคำนวณค่าเสื่อมราคา ค่าแรงงาน และค่าน้ำประปาตามสูตร ดังนี้

ค่าเสื่อมราคา = ราคาอุปกรณ์ / อายุการใช้งาน

ค่าแรงงานจะคำนวณให้เหมาะสมกับค่าแรงขั้นต่ำของประเทศไทยปี 2563 และปริมาณงาน

ค่าน้ำประปาคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณค่าน้ำประปา (การประปาส่วนภูมิภาค. 2558)

ค่าเสื่อมราคาจะคำนวณตามระยะเวลาในการทดลอง 45 วัน สำหรับอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งาน 1 ปี ขึ้นไป ได้แก่ ท่อพีวีซี (อายุการใช้งาน 4 ปี) ท่อสายยางอ่อน (อายุการใช้งาน 3 ปี) สายออกซิเจน (อายุการใช้งาน 1 ปี) บั๊มลมลูกสูบ (อายุการใช้งาน 2 ปี) บั๊มน้ำ (อายุการใช้งาน 2 ปี) ตะแกรงพลาสติก (อายุการใช้งาน 1 ปี) ตลับเมตร (อายุการใช้งาน 2 ปี) ผ้าใบ (อายุการใช้งาน 1 ปี) ถังพลาสติกโพลีเอทิลีน (อายุการใช้งาน 5 ปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษารายได้ และผลตอบแทนจากผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ สำหรับรายได้ กำไรดำเนินงาน กำไรสุทธิ และจุดคุ้มทุนของราคาขายลูกปลาจะคำนวณจากผลผลิต และน้ำหนักตัวของลูกปลานิลแปลงเพศและนำมาเปรียบเทียบกับราคากลางของตลาดลูกปลานิลแปลงเพศเพศ ตามสูตร ดังนี้

รายได้ = ปริมาณผลผลิตทั้งหมด x ราคาลูกปลานิลแปลงเพศ

กำไรดำเนินการ = รายได้ทั้งหมดจากการขายลูกปลานิลแปลงเพศ - (ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงาน และต้นทุนการผลิตอื่นที่เปลี่ยนไปตามหน่วยที่ผลิต)

กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมดจากการขายลูกปลานิลแปลงเพศ - ต้นทุนทั้งหมด

จุดคุ้มทุนของราคาขาย = (ต้นทุนทั้งหมด / จำนวนลูกปลานิลแปลงเพศที่สามารถนำไปขายได้) + กำไรของผู้ผลิต (20 เปอร์เซ็นต์ ของราคาขาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ	
ต้นทุน	ค่าใช้จ่าย
1.1 ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง (DM)	
ต้นทุนแปรผัน	
DM 1 ลูกพันธุ์	
DM 2 อาหาร	
DM 3 พืชน้ำ (สาหร่ายพวงพะโต)	
รวม	
1.2 ต้นทุนวัตถุดิบค่าแรงงาน (DL)	
ต้นทุนแปรผัน	
DL 1 ค่าแรงงาน	รายละเอียด ดังตาราง ผนวกที่ 1
รวม	
1.3 ต้นทุนการผลิตอื่น (OH)	
ต้นทุนคงที่	
OH 1 ค่าอุปกรณ์ในการอนุบาล (คงที่ และแปรผัน)	
OH 2 ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ในการอนุบาล (คงที่ และแปรผัน)	
รวม	
รวมต้นทุนทั้งหมด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 รายได้ และผลตอบแทนจากผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละระบบอนุบาลลูกปลา (บาท) ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่มีวัสดุรอง ชุดการทดลองที่ 2 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง ชุดการทดลองที่ 3 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้ฟืนน้ำเป็นวัสดุรอง และชุดการทดลองที่ 4 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับฟืนน้ำเป็นวัสดุรอง

รายการ	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
1. รายได้				
2. ต้นทุนวัตถุดิบ ทางตรง และ ต้นทุนค่าแรงงาน				
3. ต้นทุนการผลิต อื่น				
4. รวมต้นทุน				
5. กำไรดำเนินงาน (บาทต่อตัว)				ข้อมูลบันทึกตามผลการทดลอง
6. กำไรสุทธิ (บาท ต่อตัว)				
7. จุดคุ้มทุนของ ราคาขาย (บาทต่อตัว)				

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

การศึกษาทั้ง 4 การทดลองนี้ ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล อาคารเจ้าคุณทหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการทดลอง (Result)

4.1 ประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (แอมโมเนีย-ไนโตรเจนรวม ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน) และฟอสฟอรัส (ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมด) จากการใช้สาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพ

การศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน 0.07 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนลดลงเป็นศูนย์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
1. สาหร่ายพวงชะโด	0.07 ± 0.01^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
2. สาหร่ายหางกระรอก	0.07 ± 0.01^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
3. ไม่มีวัสดุกรองชีวภาพ	0.07 ± 0.01^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน พบว่ามีแนวโน้มคล้ายกับปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 0.08 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และในสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.02 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองไม่มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
1. สาหร่ายพวงชะโด	0.08±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
2. สาหร่ายหางกระรอก	0.08±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
3. ไม่มีวัสดุกรองชีวภาพ	0.08±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ชุดการทดลองที่มีสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ลดลงเป็นศูนย์ น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ชุดการทดลองที่มีสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงเป็นศูนย์ในสัปดาห์ที่ 4 น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำที่จากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
1. สาหร่ายพวงชะโด	0.42±0.01 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
2. สาหร่ายหางกระรอก	0.42±0.01 ^a	0.03±0.03 ^b	0.01±0.04 ^b	0.00±0.00 ^b
3. ไม่มีวัสดุกรองชีวภาพ	0.42±0.01 ^a	0.43±0.01 ^a	0.45±0.05 ^a	0.45±0.03 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำที่จากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าชุดการทดลองที่มีสาหร่ายพวงชะโด และชุดการทดลองที่มีสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุกรองชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในสัปดาห์ที่ 2 น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ชุดการทดลองที่มีสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำใน

สัปดาห์ที่ 3 และ 4 น้อยกว่าชุดควบคุม และชุดการทดลองที่มีสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุรองชีวภาพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
1. สาหร่ายพวงชะโด	0.90±0.00 ^a	0.43±0.07 ^b	0.11±0.02 ^c	0.04±0.01 ^c
2. สาหร่ายหางกระรอก	0.90±0.00 ^a	0.54±0.04 ^b	0.31±0.05 ^b	0.23±0.05 ^b
3. ไม่มีวัสดุรองชีวภาพ	0.90±0.00 ^a	0.87±0.06 ^a	0.85±0.12 ^a	0.83±0.07 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าชุดการทดลองที่มีสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรองชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 น้อยกว่าชุดควบคุม และชุดการทดลองที่มีสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัสดุรองชีวภาพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.5

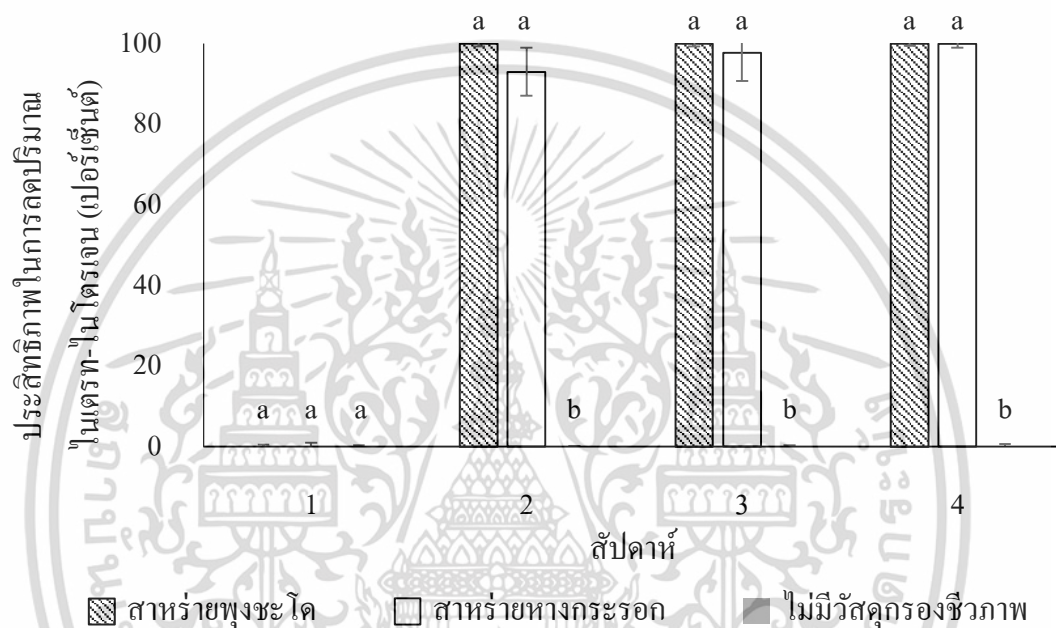
ตารางที่ 4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	สัปดาห์			
	1	2	3	4
1. สาหร่ายพวงชะโด	1.50±0.17 ^a	0.46±0.02 ^c	0.24±0.05 ^c	0.15±0.03 ^c
2. สาหร่ายหางกระรอก	1.50±0.17 ^a	0.66±0.09 ^b	0.49±0.07 ^b	0.36±0.06 ^b
3. ไม่มีวัสดุรองชีวภาพ	1.50±0.17 ^a	1.44±0.11 ^a	1.34±0.39 ^a	1.29±0.05 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.2 ประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

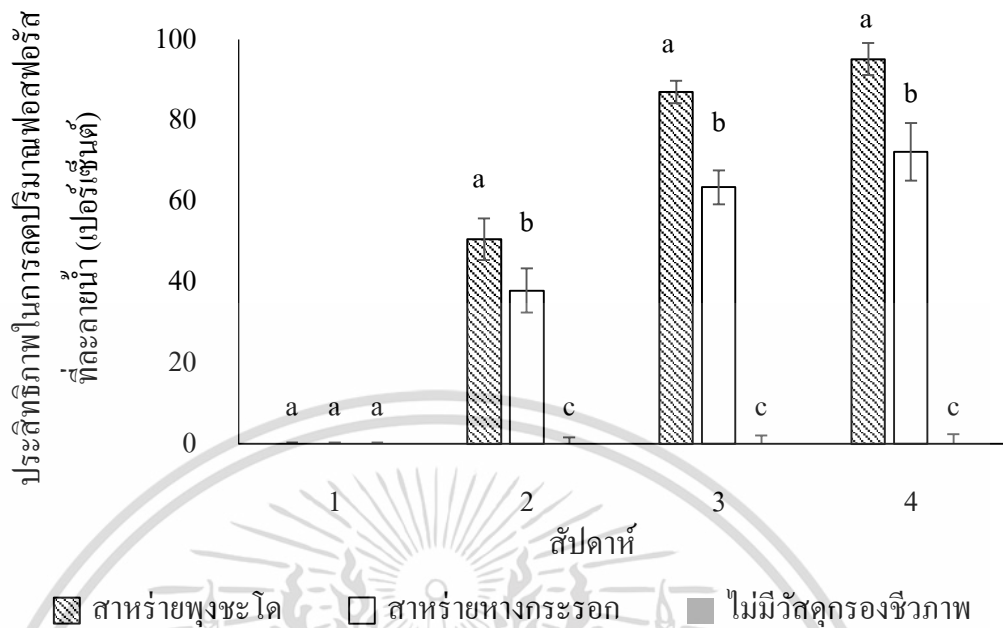
การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในแต่ละช่วงเวลา

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$)

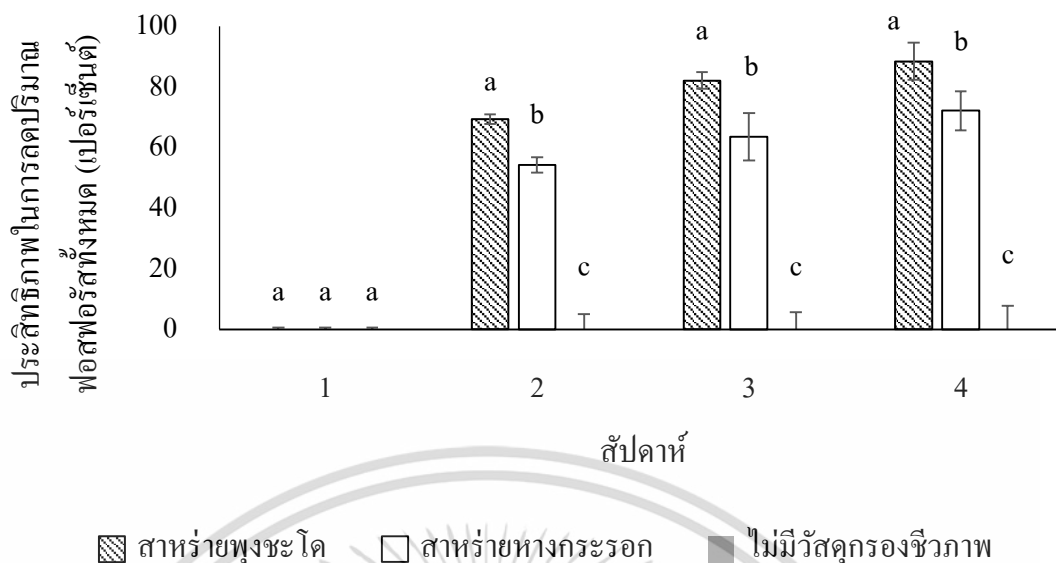
การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 ทุกชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 สาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำสูงที่สุด 95.20 ± 3.92 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุม และสาหร่ายหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของสำหรับปุ๋ยชะโดและสำหรับหางกระรอกในแต่ละช่วงเวลา

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$)

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของสำหรับปุ๋ยชะโดและสำหรับหางกระรอก พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 ทุกชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 สำหรับปุ๋ยชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าสำหรับปุ๋ยชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด 88.40 ± 6.10 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุม และสำหรับหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในแต่ละช่วงเวลา
หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$)

4.1.3 การเจริญเติบโต และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก

การศึกษาค่าน้ำหนักสด และน้ำแห้งของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกที่นำมาใช้เป็นวัสดุรองชีวภาพ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกมีค่าน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง 40.76 ± 3.46 และ 2.46 ± 0.04 กรัม ตามลำดับมากกว่าสาหร่ายหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าสาหร่ายหางกระรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกที่นำมา เป็นวัสดุกรองชีวภาพ

ชุดการทดลอง	สาหร่ายพวงชะโด	สาหร่ายหางกระรอก
น้ำหนักสดเริ่มต้น	20.10±0.01 ^a	20.00±0.01 ^a
น้ำหนักสดสุดท้าย	40.76±3.46 ^a	24.09±0.94 ^b
น้ำหนักแห้งเริ่มต้น	1.94±0.03 ^a	1.74±0.05 ^b
น้ำหนักแห้งสุดท้าย	2.46±0.04 ^a	1.96±0.03 ^b

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.7 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกที่นำมา เป็นวัสดุกรองชีวภาพ

ชุดการทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)
สาหร่ายพวงชะโด	2.30±0.71 ^a
สาหร่ายหางกระรอก	0.54±0.44 ^b

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวดิ่งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกมีอัตราการดูดซับไนโตรเจน-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกที่นำมาเป็นวัสดุรองชีวภาพ

อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้งต่อวัน)			
ชุดการทดลอง	ไนเตรท-ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
สาหร่ายพวงชะโด	0.07±0.05 ^a	0.11±0.09 ^a	0.17±0.02 ^a
สาหร่ายหางกระรอก	0.08±0.03 ^a	0.11±0.04 ^a	0.17±0.08 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุรองในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำ

4.2.1 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

การศึกษาปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อเริ่มต้นการทดลองในชุดควบคุม ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ ระหว่างการทดลอง 5 สัปดาห์ ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 4.9

การศึกษาปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	45.27±4.84 ^{aE}	41.60±4.82 ^{aE}	41.40±2.51 ^{aD}	42.41±5.25 ^{aD}
1	160.07±2.07 ^{aD}	124.63±4.28 ^{bD}	110.13±1.46 ^{cC}	102.38±9.72 ^{cC}
2	182.55±6.59 ^{aC}	154.65±3.72 ^{bC}	113.42±3.36 ^{cC}	111.28±2.26 ^{cC}
3	193.53±2.15 ^{aC}	161.05±4.38 ^{bC}	119.33±1.17 ^{cB}	115.01±5.01 ^{cBC}
4	207.36±1.31 ^{aB}	174.88±3.55 ^{bB}	123.56±2.40 ^{cB}	116.58±1.28 ^{dB}
5	236.59±4.41 ^{aA}	182.50±1.14 ^{bA}	141.08±2.41 ^{cA}	128.89±0.88 ^{dA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	50.45±5.07 ^{aD}	34.74±15.41 ^{aC}	33.99±15.27 ^{aD}	32.27±21.24 ^{aB}
1	154.23±36.15 ^{aC}	90.86±30.18 ^{abB}	61.04±15.90 ^{bBC}	50.32±16.02 ^{bAB}
2	184.22±34.44 ^{aBC}	106.08±11.95 ^{bB}	57.57±4.33 ^{cC}	45.29±3.12 ^{dB}
3	195.05±11.39 ^{aBC}	113.29±10.01 ^{bAB}	64.21±8.12 ^{cBC}	42.07±4.15 ^{dB}
4	209.21±12.84 ^{aB}	126.16±2.82 ^{bA}	72.55±6.23 ^{cAB}	59.92±3.10 ^{dA}
5	240.74±11.10 ^{aA}	123.13±12.06 ^{bAB}	84.43±6.30 ^{cA}	40.14±1.50 ^{dB}

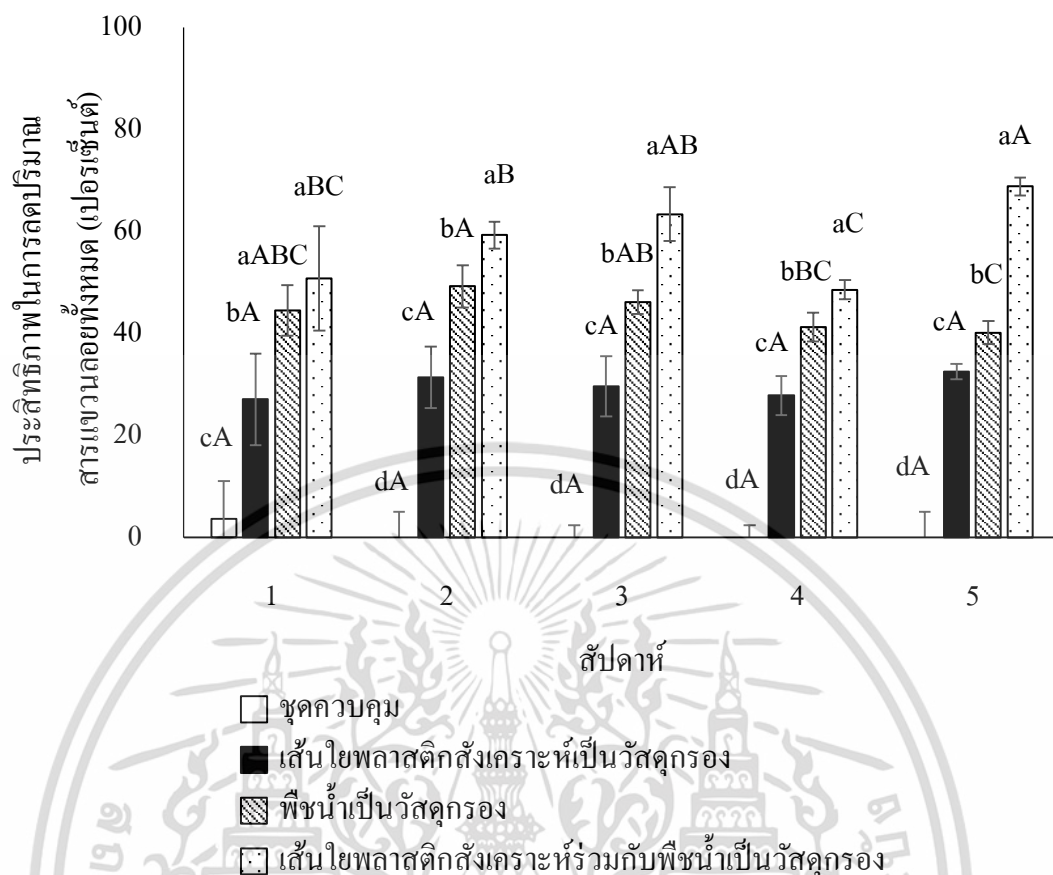
หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง ช่วงเริ่มต้นการทดลอง พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงระหว่างการศึกษาทดลองสัปดาห์ที่ 2 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด 59.30 ± 2.68 , 63.42 ± 5.24 , 48.60 ± 1.93 และ 68.85 ± 1.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.4

ชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดไม่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3 และ 5 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 4 ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.3 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถัองูบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถัองักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

4.2.3.1 ปริมาณไนโตรเจนในถัองูบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถัองักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

การศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถัองูบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่

2 มากที่สุดอย่างมีสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่หลังจากนั้นระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.06 ± 0.01^{aE}	0.07 ± 0.07^{aD}	0.05 ± 0.03^{aC}	0.07 ± 0.01^{aE}
1	2.21 ± 0.49^{aB}	2.15 ± 0.57^{aA}	2.01 ± 0.63^{aA}	1.80 ± 0.59^{aA}
2	4.26 ± 0.42^{aA}	2.07 ± 0.61^{bA}	1.35 ± 0.17^{bcA}	1.19 ± 0.17^{cA}
3	1.23 ± 0.08^{aC}	0.50 ± 0.01^{bB}	0.40 ± 0.17^{bcB}	0.38 ± 0.08^{cB}
4	0.45 ± 0.08^{aD}	0.31 ± 0.06^{abC}	0.24 ± 0.03^{bB}	0.18 ± 0.04^{bC}
5	0.43 ± 0.10^{aD}	0.28 ± 0.10^{abC}	0.19 ± 0.03^{bB}	0.10 ± 0.02^{cD}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) คล้ายกับปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน นอกจากนี้ ในช่วงระหว่างการทดลองระบบอนุบาลทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามระยะเวลาในการทดลอง ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุ กรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุ กรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง
0	0.01±0.01 ^{aC}	0.02±0.01 ^{aC}	0.01±0.01 ^{aD}	0.02±0.01 ^{aD}
1	0.08±0.00 ^{aB}	0.07±0.00 ^{aB}	0.05±0.00 ^{bC}	0.04±0.00 ^{bC}
2	1.00±0.36 ^{aA}	1.10±0.32 ^{aA}	0.97±0.34 ^{aA}	0.49±0.11 ^{bAB}
3	1.05±0.14 ^{aA}	0.95±0.08 ^{aA}	0.78±0.31 ^{aAB}	0.56±0.09 ^{bA}
4	0.95±0.08 ^{aA}	0.93±0.06 ^{aA}	0.54±0.03 ^{bB}	0.37±0.04 ^{cB}
5	0.84±0.09 ^{abA}	0.92±0.10 ^{aA}	0.51±0.15 ^{cA}	0.69±0.08 ^{bcA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

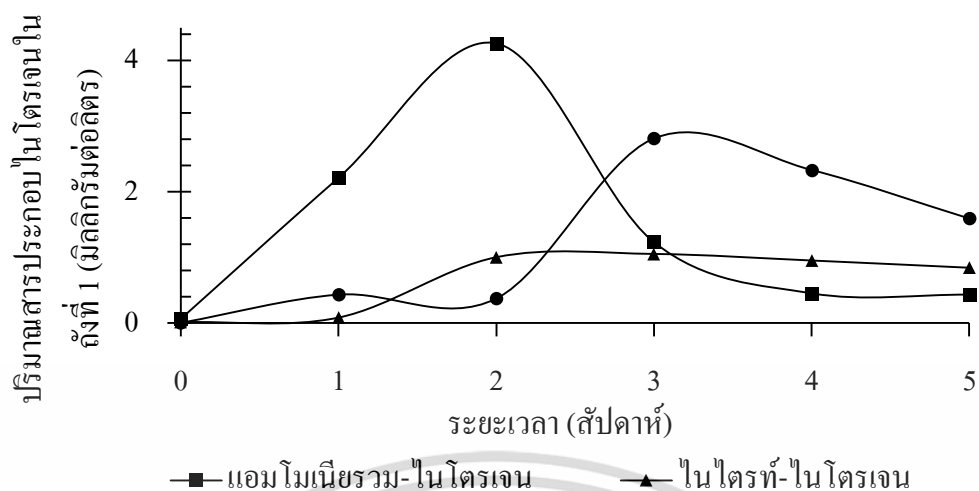
การศึกษาปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองถึงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนลดลงน้อยกว่าในสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

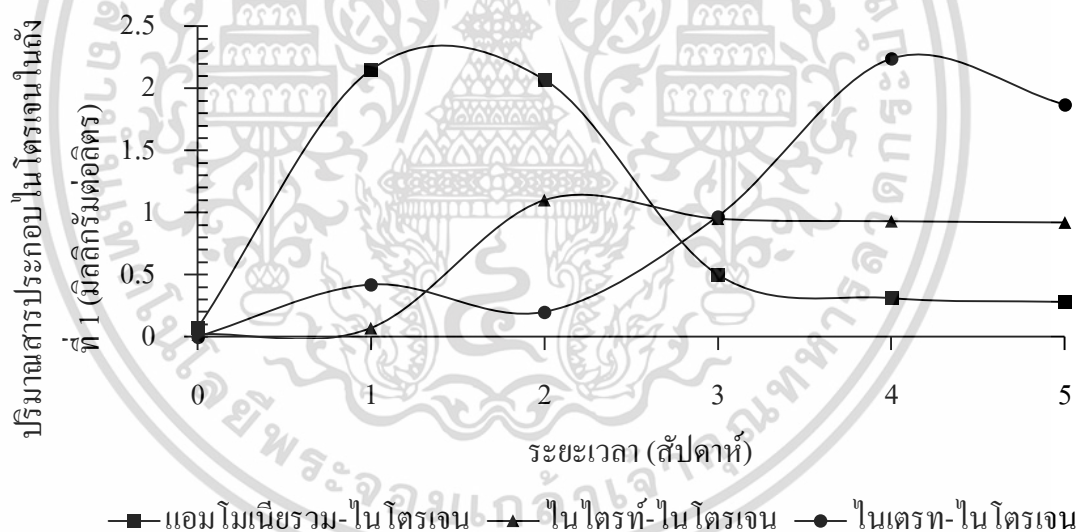
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.00±0.02 ^{aE}	0.00±0.03 ^{aE}	0.00±0.00 ^{aE}	0.00±0.01 ^{aC}
1	0.43±0.19 ^{aD}	0.42±0.18 ^{aD}	0.36±0.01 ^{aC}	0.40±0.06 ^{aA}
2	0.37±0.29 ^{aD}	0.20±0.11 ^{aD}	0.18±0.02 ^{aD}	0.29±0.04 ^{aB}
3	2.81±0.17 ^{aA}	0.97±0.12 ^{bC}	0.61±0.02 ^{cA}	0.58±0.08 ^{cA}
4	2.33±0.10 ^{aB}	2.24±0.08 ^{aA}	0.42±0.09 ^{bB}	0.44±0.12 ^{bA}
5	1.59±0.17 ^{aC}	1.87±0.15 ^{aB}	0.53±0.01 ^{bB}	0.55±0.01 ^{bA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวดิ่งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของแต่ละระบบอนุบาลลูกปลา พบว่าชุดควบคุมและระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนคล้ายคลึงกัน โดยปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ดังภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



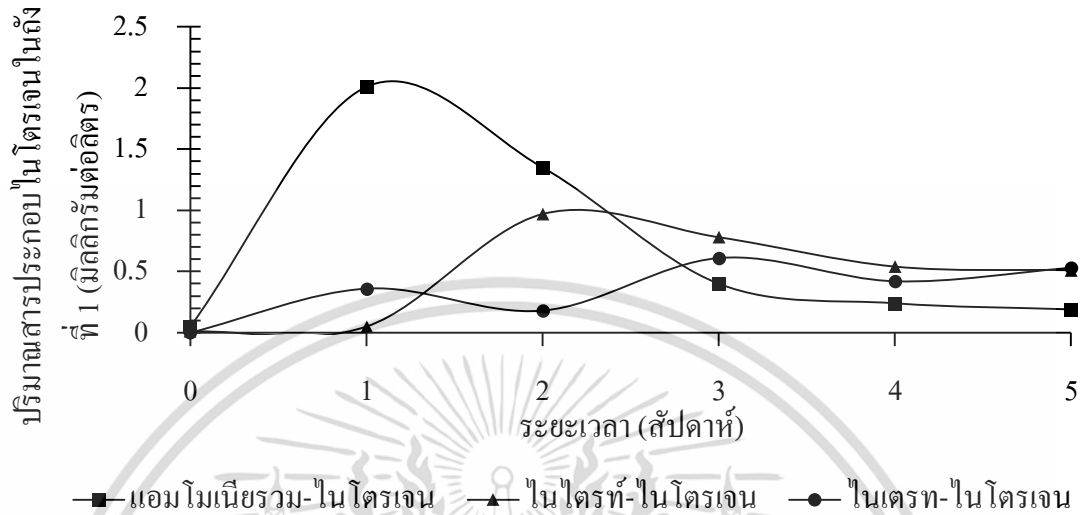
ภาพที่ 4.5 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของชุดควบคุม



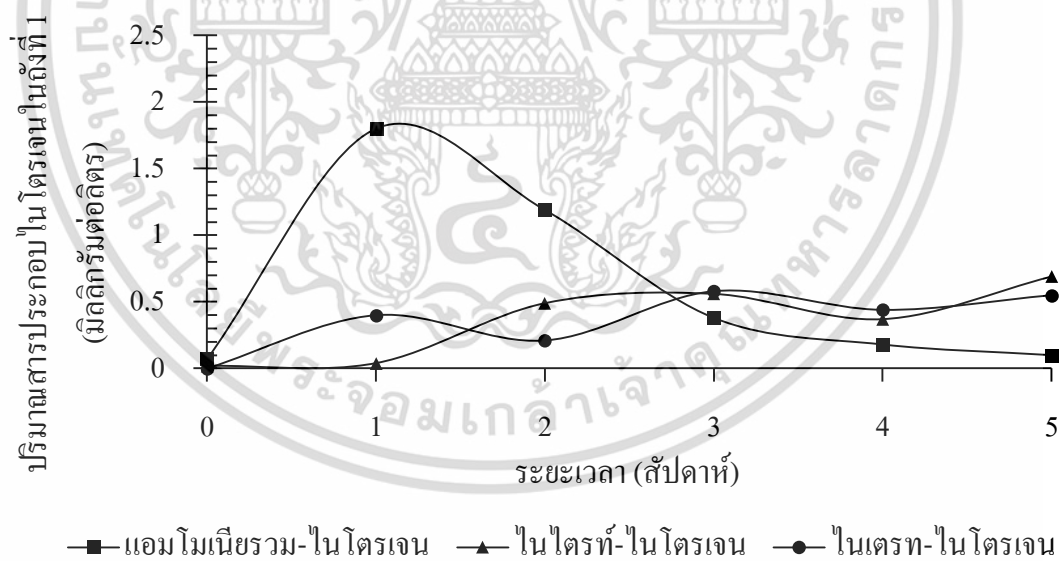
ภาพที่ 4.6 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ที่เป็นวัสดุกรอง

สำหรับระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้ฟิชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับฟิชน้ำเป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนคล้ายคลึงกัน ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง ปริมาณไนเตรท-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ดังภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง



ภาพที่ 4.8 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 2 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่หลังจากนั้นระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.07±0.03 ^{aD}	0.10±0.03 ^{aD}	0.07±0.02 ^{aC}	0.07±0.02 ^{aD}
1	1.85±0.02 ^{aB}	1.81±0.06 ^{aA}	0.63±0.04 ^{bA}	0.51±0.02 ^{cA}
2	3.58±0.08 ^{aA}	1.86±0.02 ^{bA}	0.23±0.06 ^{cB}	0.25±0.01 ^{cB}
3	0.95±0.07 ^{aB}	0.55±0.01 ^{bB}	0.17±0.06 ^{cB}	0.16±0.02 ^{cC}
4	0.40±0.07 ^{aC}	0.26±0.01 ^{bC}	0.04±0.01 ^{cD}	0.06±0.04 ^{cD}
5	0.42±0.02 ^{aC}	0.27±0.01 ^{bC}	0.02±0.01 ^{cD}	0.02±0.03 ^{cD}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 น้อยกว่าชุดควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 5 ของการทดลอง ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณไน

ไตรท์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเริ่มต้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 1 ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และถังพักน้ำของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.02±0.00 ^{aB}	0.02±0.02 ^{aB}	0.01±0.00 ^{aC}	0.01±0.00 ^{aC}
1	0.07±0.00 ^{aB}	0.06±0.00 ^{bB}	0.01±0.01 ^{bC}	0.01±0.00 ^{bC}
2	0.87±0.15 ^{aA}	0.96±0.12 ^{aA}	0.52±0.20 ^{bAB}	0.17±0.14 ^{eAB}
3	0.93±0.07 ^{aA}	0.82±0.07 ^{aA}	0.54±0.06 ^{bA}	0.22±0.04 ^{cB}
4	0.81±0.07 ^{aA}	0.89±0.01 ^{aA}	0.23±0.17 ^{bB}	0.16±0.07 ^{bB}
5	0.76±0.08 ^{aA}	0.81±0.14 ^{aA}	0.39±0.05 ^{bB}	0.50±0.20 ^{abA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

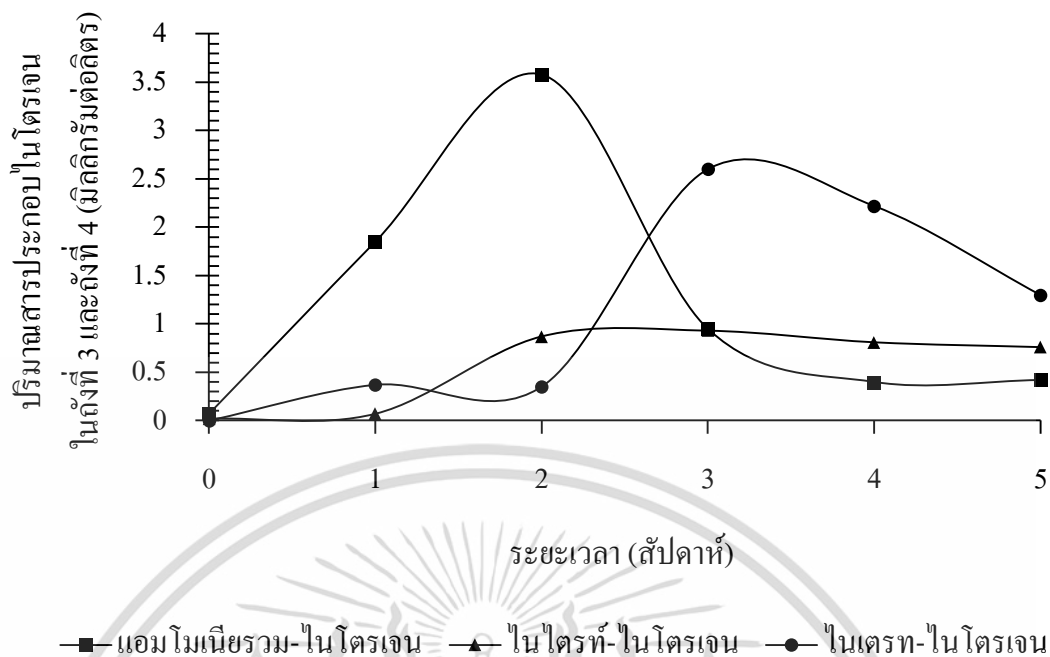
การศึกษาปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนลดลงเป็นศูนย์น้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 3 และ เพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนในแต่ละสัปดาห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองระบบอนุบาลลูกปลา
 นิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

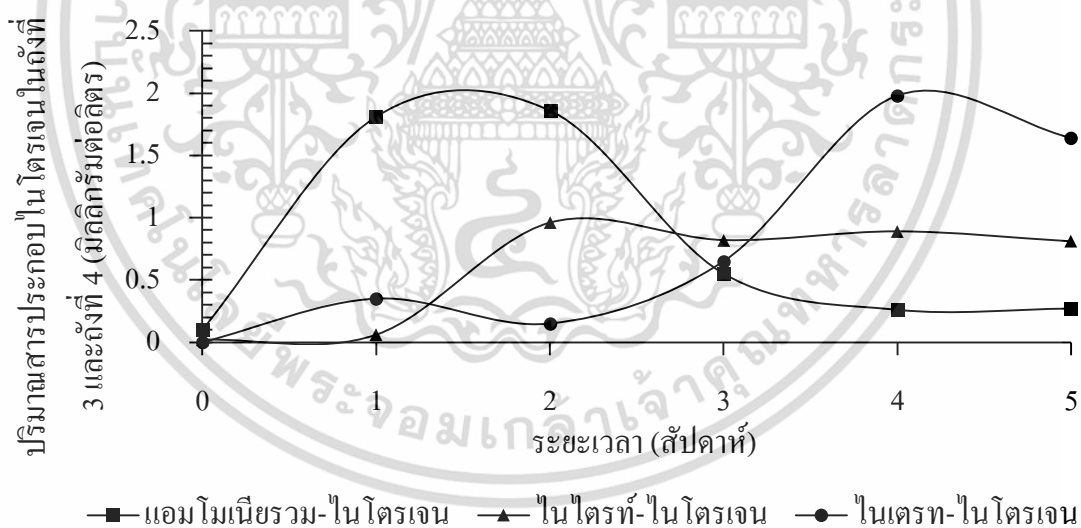
สัปดาห์	ชุดควบคุม	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง		
		เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุ กรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุ กรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง
0	0.00±0.01 ^{aE}	0.00±0.02 ^{aF}	0.00±0.01 ^{aA}	0.00±0.01 ^{aA}
1	0.37±0.07 ^{aD}	0.35±0.05 ^{aD}	0.00±0.01 ^{bA}	0.00±0.01 ^{bA}
2	0.35±0.02 ^{aD}	0.15±0.01 ^{bE}	0.00±0.01 ^{cA}	0.00±0.02 ^{cA}
3	2.60±0.11 ^{aA}	0.65±0.08 ^{bC}	0.00±0.02 ^{cA}	0.00±0.02 ^{cA}
4	2.22±0.09 ^{aB}	1.98±0.02 ^{bA}	0.00±0.01 ^{cA}	0.00±0.01 ^{cA}
5	1.30±0.06 ^{bC}	1.64±0.21 ^{aB}	0.00±0.01 ^{cA}	0.00±0.01 ^{cA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของแต่ละระบบอนุบาลลูกปลา พบว่าชุดควบคุมและระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศดังภาพที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ สำหรับระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองและเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนคล้ายคลึงกัน ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นสะสมในระบบแต่มีปริมาณที่น้อยกว่าในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าเป็นศูนย์ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 5 ดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

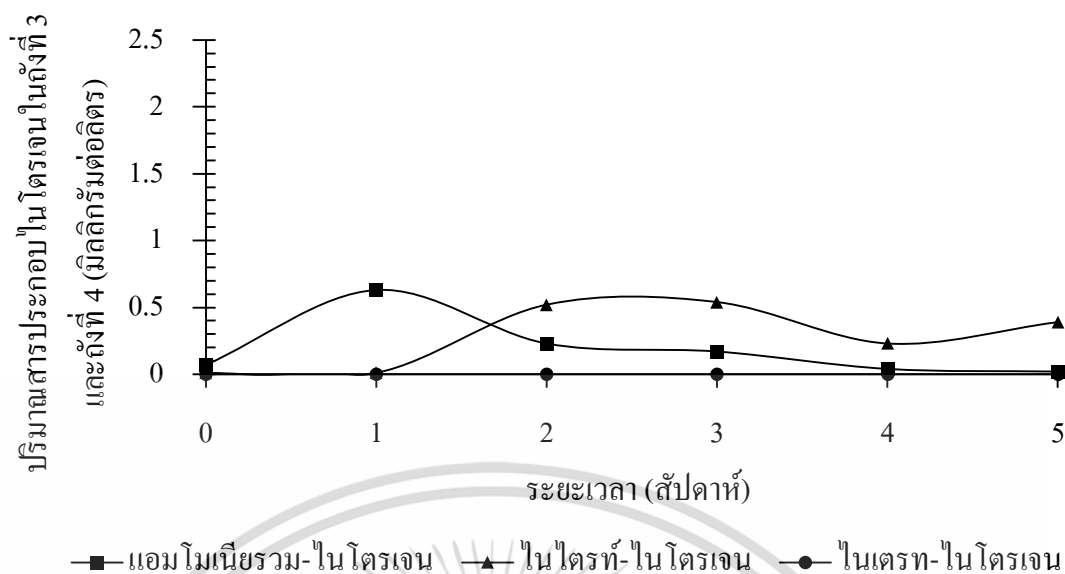


ภาพที่ 4.9 ปริมาณแอมโมเนียมรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของชุดควบคุม

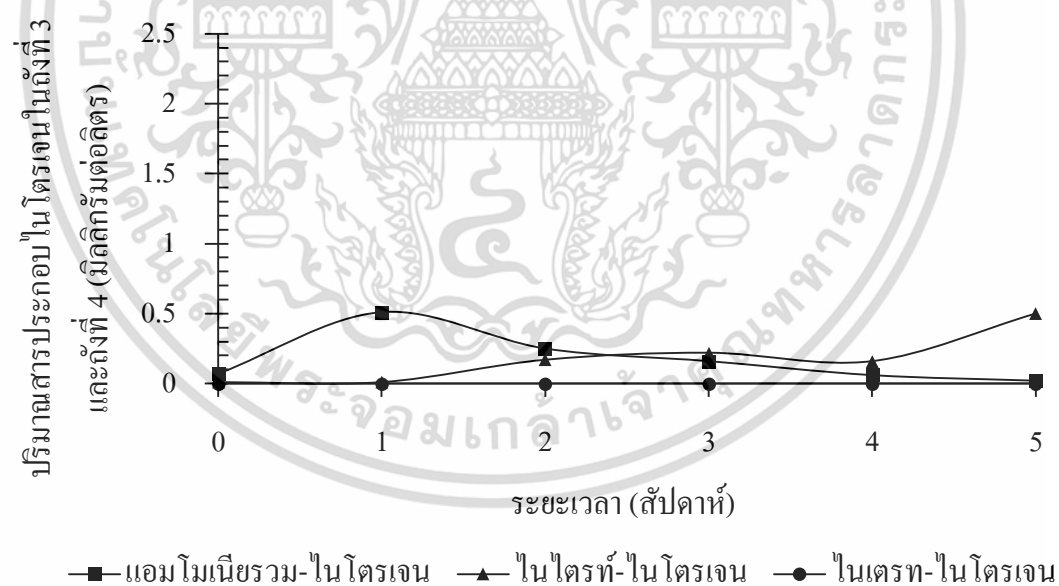


ภาพที่ 4.10 ปริมาณแอมโมเนียมรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง ของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพืชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง



ภาพที่ 4.12 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำที่มีพืชน้ำเป็นวัสดุกรองของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำน้อยกว่าชุดควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเริ่มต้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 1 ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.24±0.03 ^{aC}	0.26±0.01 ^{aD}	0.27±0.04 ^{aD}	0.27±0.06 ^{aC}
1	0.59±0.02 ^{aB}	0.55±0.07 ^{abC}	0.51±0.12 ^{abBC}	0.39±0.08 ^{bB}
2	0.92±0.28 ^{aA}	0.70±0.16 ^{abC}	0.66±0.17 ^{abAB}	0.49±0.13 ^{bB}
3	1.13±0.07 ^{aA}	1.00±0.06 ^{aB}	0.73±0.17 ^{bAB}	0.59±0.19 ^{bAB}
4	1.00±0.35 ^{aA}	1.44±0.22 ^{aA}	0.73±0.04 ^{bB}	0.89±0.16 ^{bA}
5	1.06±0.09 ^{aA}	1.62±0.38 ^{aA}	0.85±0.06 ^{bA}	0.79±0.16 ^{bA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวดิ่งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 4 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ ในชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรอง
0	0.31±0.01 ^{aE}	0.30±0.02 ^{aE}	0.30±0.02 ^{aC}	0.32±0.02 ^{aC}
1	1.01±0.06 ^{aD}	0.95±0.01 ^{aD}	0.91±0.28 ^{aB}	0.88±0.13 ^{aB}
2	1.60±0.25 ^{aC}	1.53±0.26 ^{aC}	1.24±0.41 ^{aAB}	1.19±0.41 ^{aAB}
3	3.21±0.48 ^{aA}	3.07±0.64 ^{aA}	1.23±0.28 ^{bAB}	1.00±0.21 ^{bB}
4	2.59±0.05 ^{aB}	2.18±0.09 ^{aB}	1.01±0.12 ^{bB}	1.00±0.10 ^{bB}
5	1.90±0.24 ^{aC}	1.99±0.31 ^{aBC}	1.62±0.14 ^{aA}	1.55±0.13 ^{aA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ดังตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และถังพักน้ำของระบบอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.29±0.02 ^{aE}	0.28±0.01 ^{aE}	0.31±0.05 ^{aC}	0.33±0.04 ^{aB}
1	0.57±0.02 ^{aC}	0.65±0.06 ^{aD}	0.30±0.03 ^{bC}	0.26±0.01 ^{bB}
2	0.84±0.04 ^{aB}	0.64±0.04 ^{bD}	0.40±0.11 ^{cBC}	0.28±0.07 ^{bB}
3	0.95±0.07 ^{aB}	0.94±0.01 ^{aC}	0.17±0.04 ^{bD}	0.16±0.12 ^{bB}
4	1.39±0.07 ^{aA}	1.21±0.24 ^{aB}	0.56±0.00 ^{bA}	0.52±0.18 ^{bAB}
5	0.90±0.09 ^{bB}	1.60±0.04 ^{aA}	0.58±0.15 ^{cAB}	0.54±0.10 ^{cA}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และถังพักน้ำของระบบอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.30±0.04 ^{aE}	0.32±0.03 ^{aF}	0.34±0.02 ^{aE}	0.32±0.05 ^{aD}
1	0.90±0.00 ^{bd}	0.94±0.00 ^{aE}	0.45±0.11 ^{cDE}	0.50±0.10 ^{cC}
2	1.21±0.15 ^{aC}	1.11±0.13 ^{aD}	0.55±0.14 ^{bDC}	0.54±0.22 ^{bCD}
3	2.46±0.17 ^{aA}	2.50±0.15 ^{ba}	0.81±0.21 ^{bBC}	0.73±0.20 ^{bBC}
4	2.51±0.02 ^{aA}	2.02±0.04 ^{bB}	0.80±0.03 ^{cB}	0.83±0.06 ^{cB}
5	1.80±0.07 ^{ab}	1.75±0.00 ^{aC}	1.40±0.07 ^{ba}	1.34±0.06 ^{ba}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

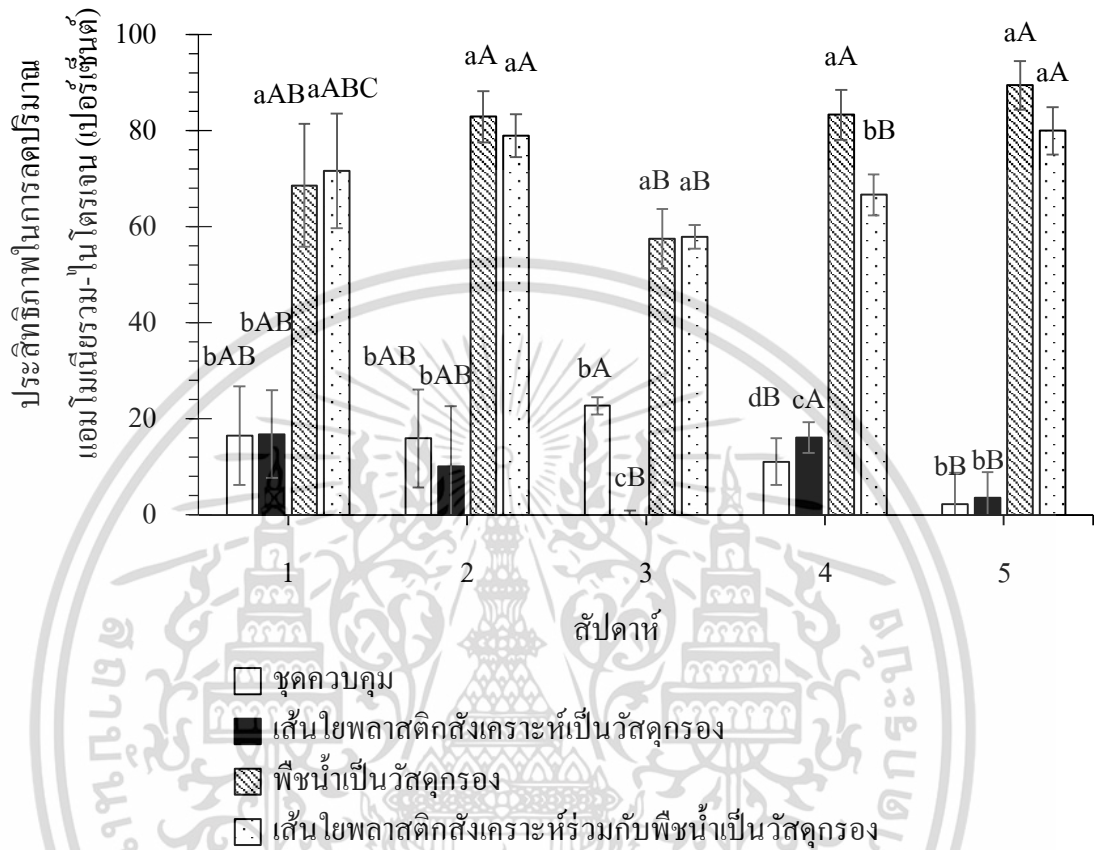
4.2.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของระบบอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

4.2.4.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ของระบบอนุบาลลูกปลาชนิดแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีแนวโน้มประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 3 เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 5 เพิ่มขึ้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 3 ดังภาพที่ 4.13



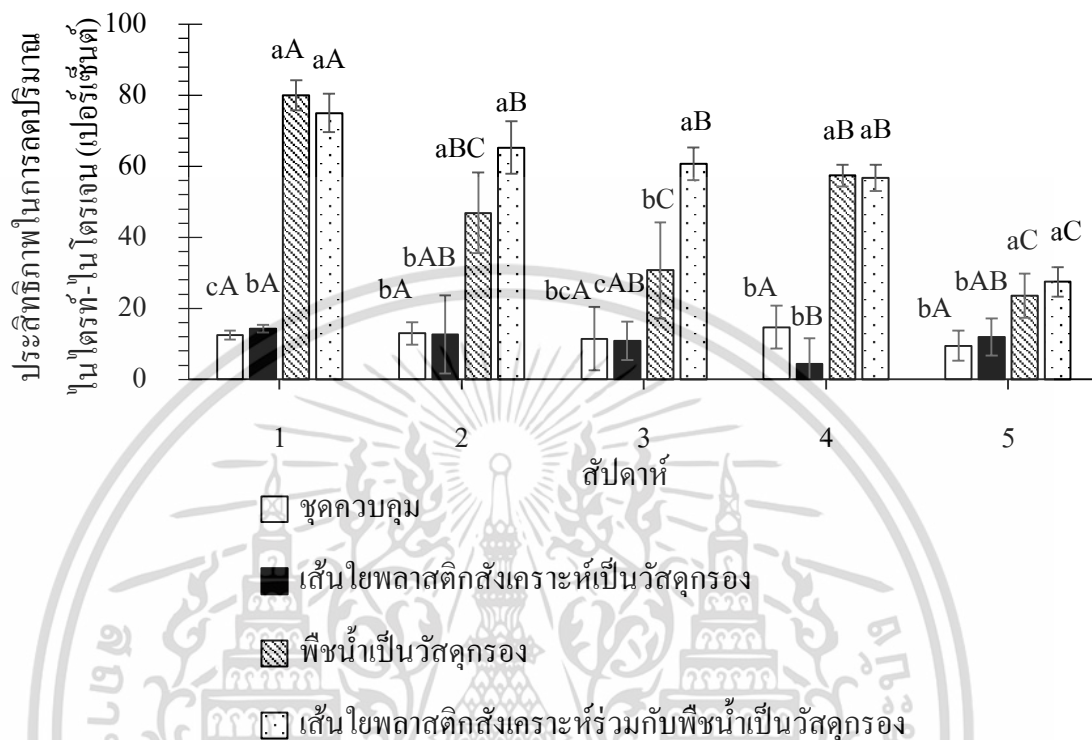
ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน

($P<0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรองและเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 สูงที่สุด 80.00 ± 4.21 และ 75.00 ± 5.39 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.14

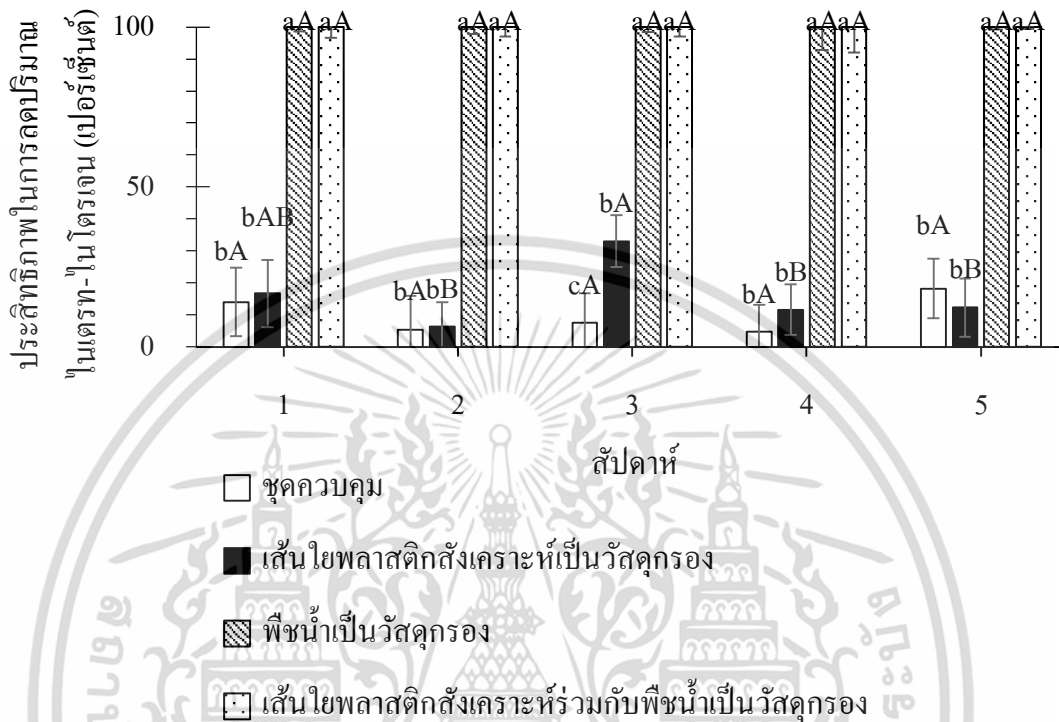


ภาพที่ 4.14 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 1 และ 3 มากกว่า สัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.15



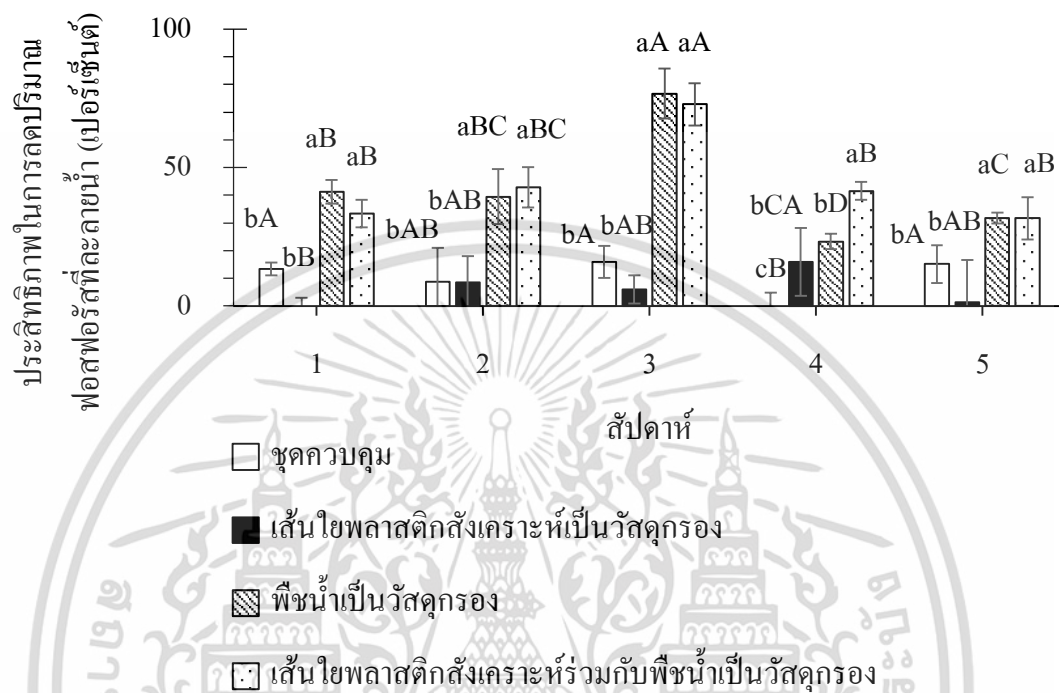
ภาพที่ 4.15 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมากกว่าขูดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำสูงที่สุด 76.71±8.93 และ 72.81 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์อื่นๆ ชุดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในแต่ละสัปดาห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.16



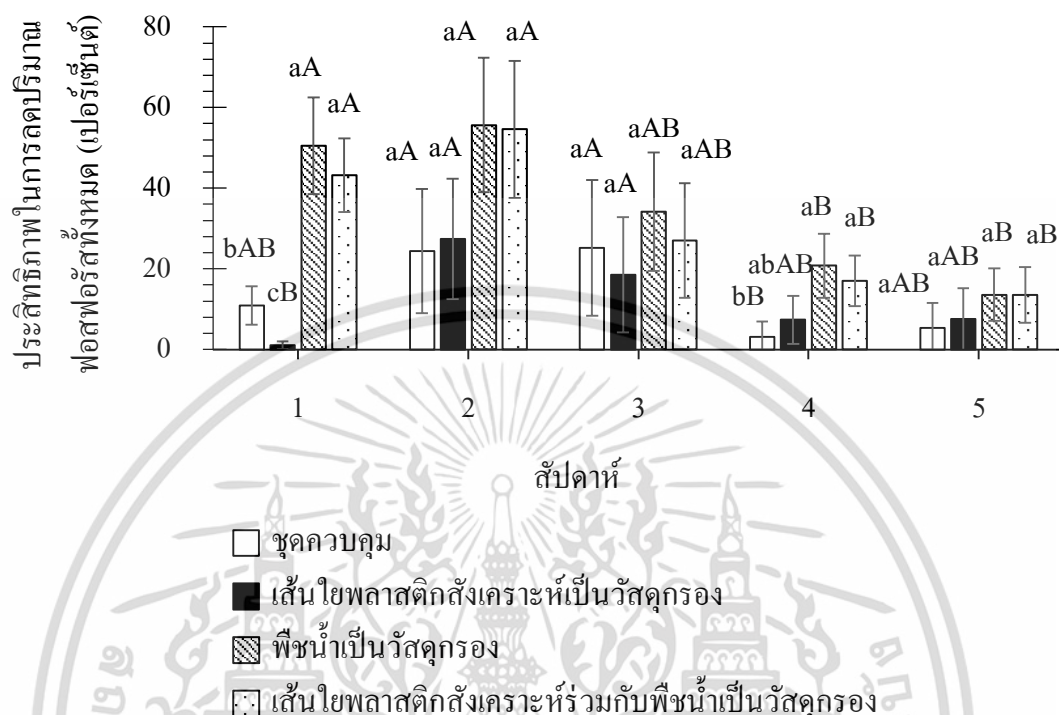
ภาพที่ 4.16 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายฟองชะโคเป็นวัสดุกรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.4.2 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายฟองชะโคเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้ำของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 2 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้ฟิชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับฟิชน้ำเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น ชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้

เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน ($P < 0.05$) และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่หมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.5 การเจริญเติบโต และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

4.2.5.1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การศึกษาคำน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีค่าน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดของสาหร่ายพวงชะโดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สำหรับสาหร่ายพวงชะโดในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็น

วัสดุกรองมีค่าน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดในสัปดาห์ที่ 5 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเริ่มต้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 0 ดังตารางที่ 4.21

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสาหร่ายพวงชะโดในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.21 ค่าน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดของสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ชุดการทดลอง	สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม)
1. พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	0	18.32±0.75 ^d	301.44±12.29 ^d
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	0	18.68±0.71 ^{cd}	305.66±11.64 ^{cd}
1. พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	2	19.61±0.74 ^{bcd}	320.87±12.09 ^{bcd}
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	2	19.86±0.55 ^{bc}	324.94±9.07 ^{bc}
1. พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	4	21.95±1.08 ^a	359.18±17.60 ^a
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	4	22.19±2.46 ^{ab}	363.09±40.31 ^{ab}
1. พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	5	22.10±1.09 ^a	361.68±15.49 ^a
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	5	22.34±2.46 ^{ab}	365.59±39.82 ^{ab}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.22 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายพวงชะโคที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบ
อนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ชุดการทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)
1. พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง	0.42±0.03 ^a
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำ เป็นวัสดุกรอง	0.40±0.03 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
(P<0.05)

4.2.5.2 อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโคที่นำมาใช้เป็นวัสดุ กรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การศึกษาอัตราการดูดซับแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนของสาหร่ายพวงชะโคที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรองและเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีอัตราการดูดซับแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับอัตราการดูดซับฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าสาหร่ายพวงชะโคในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 อัตราการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของสาหร่ายพวงชะโคที่นำมาใช้เป็นวัสดุกรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

อัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร/กรัมน้ำหนักแห้ง/วัน)				
ชุดการทดลอง	แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน	ไนเตรท-ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
1. พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	0.01±0.01 ^a	1.08±0.05 ^a	0.28±0.10 ^a	0.15±0.05 ^a
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	0.01±0.01 ^a	1.02±0.02 ^a	0.20±0.07 ^a	0.14±0.06 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.6 ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโคเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มค่าการนำไฟฟ้าในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าการนำไฟฟ้าในระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.24

การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึง 4 มากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองไม่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.24 การนำไฟฟ้าในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	429.25±18.34 ^a	428.17±18.42 ^a	489.92±65.47 ^a	474.92±61.34 ^a
1	473.63±16.21 ^a	464.13±15.70 ^a	531.75±78.45 ^a	484.88±71.33 ^a
2	459.50±14.50 ^b	451.88±10.41 ^b	536.88±47.45 ^a	484.38±63.93 ^{ab}
3	541.38±95.53 ^a	474.75±11.77 ^a	533.75±46.10 ^a	491.00±32.82 ^a
4	549.75±16.65 ^{ab}	533.00±17.05 ^b	582.25±19.44 ^a	540.00±20.77 ^b
5	531.25±32.30 ^a	514.75±33.44 ^a	548.00±35.65 ^a	539.50±26.75 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.25 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	7.62±0.31 ^a	7.21±0.39 ^a	7.29±0.26 ^a	7.77±0.42 ^a
1	6.65±0.32 ^b	7.14±0.42 ^{ab}	7.50±0.47 ^a	7.79±0.50 ^a
2	6.21±0.52 ^a	6.18±0.55 ^a	6.65±0.32 ^a	6.77±0.32 ^a
3	6.13±0.91 ^b	6.39±0.73 ^b	8.70±0.72 ^a	7.68±0.36 ^a
4	5.26±1.58 ^b	5.87±1.10 ^b	8.26±0.82 ^a	7.86±0.64 ^a
5	6.38±1.42 ^a	5.38±1.01 ^a	5.32±1.02 ^a	6.54±0.51 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 3 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คล้ายกับการศึกษาค่าความเป็นด่างในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ซึ่งพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีค่าความเป็นด่างน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 ความเป็นกรดเป็นด่างในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

สัปดาห์	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ			
	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุรอง	พีชน้ำเป็น วัสดุรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำ เป็นวัสดุรอง
0	7.44±0.09 ^a	7.43±0.07 ^a	7.59±0.08 ^a	7.48±0.08 ^a
1	6.97±0.12 ^c	7.26±0.07 ^b	7.65±0.15 ^a	7.60±0.10 ^a
2	7.64±0.08 ^b	7.72±0.05 ^{ab}	7.82±0.06 ^a	7.79±0.12 ^{ab}
3	7.13±0.05 ^b	7.34±0.17 ^b	7.77±0.06 ^a	7.68±0.10 ^a
4	7.82±0.14 ^{ab}	7.82±0.05 ^b	7.99±0.04 ^a	7.93±0.08 ^{ab}
5	7.80±0.16 ^a	7.51±0.07 ^b	7.56±0.07 ^{ab}	7.30±0.12 ^c

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

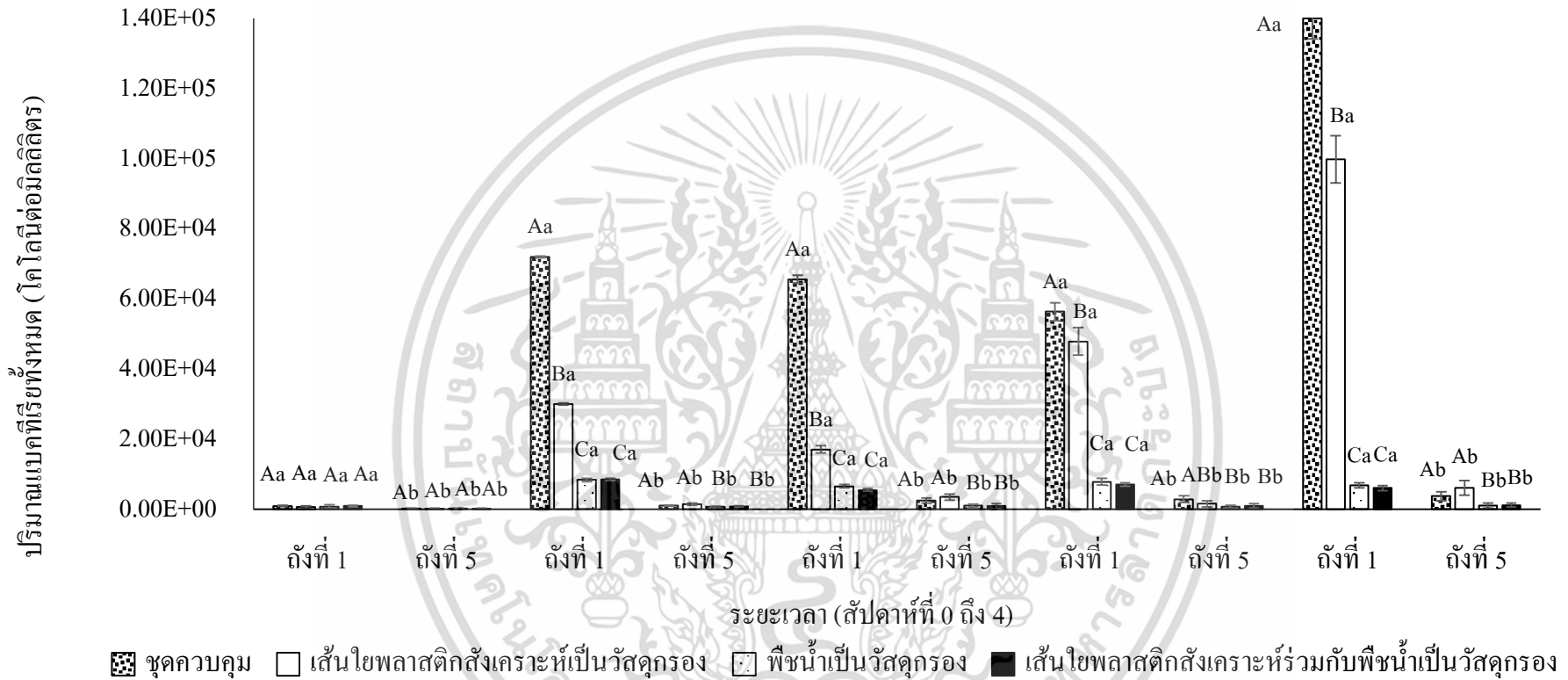
4.2.7 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับฟรีดคลอรีนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง

การศึกษาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับฟรีดคลอรีน พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ชุดควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมากกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รวมถึงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังพักน้ำสำหรับทรีตคอลลรีน พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 4 น้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ จากการเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดระหว่างถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับทรีตคอลลรีนของระบบอนุบาลลูกปลาในแต่ละสัปดาห์ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ในชุดควบคุม ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง พืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมากกว่าในถังพักน้ำสำหรับทรีตคอลลรีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 4.18





ภาพที่ 4.18 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ถึงที่ 1) และถึงพักน้ำสำหรับฟิรติคคอริน (ถึงที่ 5) ของระบบอนุบาลลูกปลาลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสำหรับพุงชะโคเป็นวัสดุกรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กหมายถึงมีความแตกต่างกันในแต่ละระบบอนุบาลลูกปลา และมีความแตกต่างกันระหว่างถึงที่ 1 กับ ถึงที่ 5 ตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.8 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลรินของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลริน พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 มากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลรินของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงพะโคเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลริน				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.07±0.02 ^a	0.08±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a
1	0.34±0.06 ^a	0.09±0.01 ^b	0.07±0.03 ^b	0.01±0.01 ^c
2	0.11±0.03 ^a	0.11±0.02 ^a	0.04±0.02 ^b	0.01±0.01 ^b
3	0.24±0.09 ^a	0.06±0.01 ^b	0.05±0.02 ^b	0.01±0.01 ^c
4	0.09±0.05 ^a	0.08±0.02 ^a	0.03±0.02 ^b	0.01±0.01 ^b
5	0.07±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a	0.03±0.01 ^b	0.02±0.02 ^b

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรिटคอลลริน ในช่วงเริ่มต้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 2 พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

มีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนของระบบอนุบาลลูกปลา นิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุ กรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุ กรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง
0	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a	0.01±0.00 ^a
1	0.02±0.02 ^a	0.02±0.01 ^a	0.01±0.01 ^a	0.01±0.01 ^a
2	0.04±0.03 ^a	0.03±0.02 ^a	0.03±0.02 ^a	0.03±0.01 ^a
3	0.50±0.08 ^a	0.10±0.03 ^b	0.06±0.02 ^b	0.08±0.01 ^b
4	0.53±0.15 ^a	0.51±0.24 ^a	0.07±0.02 ^b	0.06±0.01 ^b
5	0.42±0.01 ^a	0.47±0.10 ^a	0.04±0.00 ^b	0.03±0.03 ^b

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน ช่วงเริ่มต้นการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 0 ถึง 2 พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองไม่มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 5 ลดลงเป็นศูนย์น้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.29

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลง รวมถึงระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนของระบบอนุบาลลูกปลา
 นิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโคเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุ กรอง	พืชน้ำเป็นวัสดุ กรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำ เป็นวัสดุกรอง
0	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
1	0.00±0.01 ^a	0.00±0.05 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
2	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
3	0.09±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.01 ^b	0.00±0.02 ^b
4	1.56±0.14 ^a	1.75±0.19 ^a	0.00±0.01 ^b	0.00±0.01 ^b
5	2.29±0.02 ^a	1.19±0.39 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 (P<0.05)

ตารางที่ 4.30 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนของระบบอนุบาลลูก
 ปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโคเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็นวัสดุ กรอง	พืชน้ำเป็นวัสดุ กรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำ เป็นวัสดุกรอง
0	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
1	0.00±0.01 ^a	0.00±0.05 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
2	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
3	0.09±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.01 ^b	0.00±0.02 ^b
4	1.56±0.14 ^a	1.75±0.19 ^a	0.00±0.01 ^b	0.00±0.01 ^b
5	2.29±0.02 ^a	1.19±0.39 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำสำหรับพรีคัลอรีน พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดคล้ายกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในถังพักน้ำสำหรับพรีคัลอรีน ในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังพักน้ำสำหรับพรีคัลอรีนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรอง

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(มิลลิกรัมต่อลิตร) ในถังพักน้ำสำหรับพรีคัลอรีน				
สัปดาห์	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง	พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง	เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง
0	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
1	0.00±0.01 ^a	0.00±0.05 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
2	0.00±0.01 ^a	0.00±0.02 ^a	0.00±0.01 ^a	0.00±0.01 ^a
3	0.09±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.01 ^b	0.00±0.02 ^b
4	1.56±0.14 ^a	1.75±0.19 ^a	0.00±0.01 ^b	0.00±0.01 ^b
5	2.29±0.02 ^a	1.19±0.39 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 การศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาล ลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโศกเป็นวัสดุ กรอง

4.3.1 ค่าน้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การศึกษาค่าน้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีค่าน้ำหนักลูกปลานิลแปลงเพศมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การศึกษาค่าความยาวลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าในช่วงระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 2 ถึง 4 ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 น้ำหนัก และค่าความยาวของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลง

สัปดาห์	ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ค่าความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)
0	1. ชุดควบคุม	2.06±0.37 ^{aD}	3.34±0.29 ^{aB}
	2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	1.96±0.09 ^{aC}	3.22±0.14 ^{aC}
	3. ฟีชีน้ำ	2.00±0.08 ^{aD}	3.12±0.10 ^{aC}
	4. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	1.95±0.09 ^{aD}	3.11±0.12 ^{aC}
	ร่วมกับฟีชีน้ำ		
2	1. ชุดควบคุม	6.65±1.65 ^{bc}	5.78±0.80 ^{abA}
	2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	7.45±2.87 ^{bb}	5.93±0.36 ^{bb}
	3. ฟีชีน้ำ	11.76±0.78 ^{ac}	6.92±0.41 ^{ab}
	4. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	12.00±0.44 ^{ac}	6.89±0.45 ^{ab}
	ร่วมกับฟีชีน้ำ		
4	1. ชุดควบคุม	8.46±0.47 ^{bb}	6.24±0.29 ^{aA}
	2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	9.45±0.41 ^{bb}	6.61±0.60 ^{aAB}
	3. ฟีชีน้ำ	14.11±0.55 ^{ab}	7.19±0.34 ^{ab}
	4. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	15.04±0.33 ^{ab}	7.26±0.43 ^{ab}
	ร่วมกับฟีชีน้ำ		
5	1. ชุดควบคุม	16.21±0.59 ^{ca}	6.91±0.41 ^{ca}
	2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	18.32±0.72 ^{ba}	7.44±0.47 ^{bcA}
	3. ฟีชีน้ำ	26.32±0.75 ^{ca}	8.21±0.50 ^{ba}
	4. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	27.33±0.84 ^{ca}	9.38±0.37 ^{aA}
	ร่วมกับฟีชีน้ำ		

เพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสำหรับรายพุ่งชะ โดเป็นวัสดุกรอง

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างในแถวแนวตั้งหมายถึงชุดการทดลองมีความแตกต่างกันที่ สัปดาห์เดียวกัน และอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างในแถวแนวตั้งหมายถึงชุดการทดลอง เดียวกันมีความแตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.3.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นน้ำหนักของลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของลูกปลานิลแปลงเพศในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลง

เพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้ฟีชีน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับฟีชี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเป็นวัสดุรองมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รวมถึงการศึกษาค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการรอดมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการรอดมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของลูกปลานิลแปลงเพศในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุรอง

ชุดการทดลอง	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อวัน)	อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก
1. ชุดควบคุม	4.65±0.16 ^b	0.32±0.03 ^b	72.24±9.20 ^c	2.34±0.38 ^b
2. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์	4.93±0.24 ^b	0.36±0.06 ^b	86.10±2.74 ^b	2.04±0.23 ^b
3. พีชน้ำ	5.73±0.20 ^a	0.54±0.10 ^a	94.47±3.40 ^a	1.36±0.32 ^a
4. เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำ	5.82±0.13 ^a	0.56±0.15 ^a	90.33±1.12 ^a	1.31±0.42 ^a

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.4 ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และสาหร่ายพวงกะโหลกเป็นวัสดุกรอง

4.4.1 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

การศึกษาต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาในแต่ละชุด การทดลองมีต้นทุนทั้งหมดต่อชุดการทดลองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวกรองของเสีย ดังนั้นระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองจะมีต้นทุนทั้งหมดต่อชุดการทดลองมากที่สุด โดยชุดควบคุม ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีต้นทุนทั้งหมดต่อชุดการทดลองเท่ากับ 389.65 บาท 442.65 บาท 407.65 บาท และ 467.65 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.34

4.4.2 รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

การศึกษารายได้ และผลตอบแทนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองมีการเจริญเติบโต อัตรารอดของลูกปลานิลแปลงเพศ และต้นทุนทั้งหมดต่อชุดการทดลองแตกต่างกัน ส่งผลให้มีรายได้ และผลตอบแทนต่อชุดการทดลองแตกต่างกันด้วย โดยระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีรายได้ และผลตอบแทนต่อชุดการทดลองมากกว่าชุดควบคุม ดังตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.34 ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ต้นทุนวัสดุคิ	ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ			
	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.1 ต้นทุนวัสดุคิโดยตรง (ต้นทุนผันแปร)				
1.1.1 ลูกพันธุ์ปลานิลแปลงเพศ (ตัว)	0.30	-	50	15
1.1.2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ (กิโลกรัม)	65	-	0.50	32.50
1.1.3 ค่าน้ำ (ลิตร)	0.05	-	750	40.29
1.1.4 สาหร่ายพวงชะโด (กรัม)	0.03	-	600	18
รวม				105.79
1.2 ต้นทุนค่าแรงงาน (ต้นทุนผันแปร)				
1.2.1 ค่าแรงงาน 1 คน (45 วัน)	300	-	45	90
รวม				90
1.3 ต้นทุนการผลิตอื่น (ต้นทุนคงที่)				
1.3.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องระบบอนุบาลทางตรง	3,321.37	ตั้งตารางผนวกที่ 2	ตั้งตารางผนวกที่ 2	248.20
1.3.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องระบบอนุบาลทางอ้อม	2,087.36	ตั้งตารางผนวกที่ 2	ตั้งตารางผนวกที่ 2	23.66
รวม				271.86
รวมทั้งหมด				467.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุรอง

รายการ	ชุดควบคุม	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์เป็น วัสดุรอง	พีชน้ำเป็น วัสดุรอง	เส้นใยพลาสติก สังเคราะห์ร่วมกับ พีชน้ำเป็นวัสดุรอง
1. รายได้ (บาท)	78.02	105.04	165.79	164.40
2. ต้นทุนวัตถุดิบ ทางตรง และ ต้นทุนค่าแรงงาน (บาท)	177.79	177.79	195.79	195.79
3. ต้นทุนการผลิต อื่น (บาท)	35.31	45.31	35.31	45.31
4. รวมต้นทุน (บาท)	213.1	223.1	231.1	241.1
5. กำไรดำเนินงาน (บาทต่อตัว)	-2.76	-1.69	-0.63	-0.69
6. กำไรสุทธิ (บาท ต่อตัว)	-3.74	-2.74	-1.38	-1.70
7. จุดคุ้มทุนของ ราคาขาย (บาทต่อตัว)	6.33	5.61	5.32	5.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิปรายผลการทดลอง (Discussion)

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นวัสดุกรองชีวภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ สาหร่ายสาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกสามารถดูดซับสารอนินทรีย์ไนโตรเจนได้มากกว่าในกลุ่มฟอสฟอรัส เนื่องจากในกระบวนการเจริญเติบโตของพืชน้ำมีอัตราส่วนในการใช้ไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัส นอกจากนี้ในการศึกษามีความหนาแน่นของลูกปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงน้อยทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายของลูกปลานิลแปลงเพศมีปริมาณน้อยสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกจึงดูดซับไนโตรเจนไปใช้หมดอย่างรวดเร็ว สาหร่ายพวงชะโดสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสได้มากที่สุด เนื่องจากสาหร่ายพวงชะโดมีลักษณะทางสัณฐานของลำต้นและพื้นที่ใบมากกว่าสาหร่ายหางกระรอกเมื่อมีความยาวลำต้นเท่ากันทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้รายงานประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน เนื่องจากแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนไม่ได้ถูกนำไปใช้โดยพืชน้ำทั้งหมดแต่บางส่วนถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ส่วนไนไตรท์-ไนโตรเจนพืชน้ำไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Foroughi *et al.* (2013) ที่ทดลองใช้สาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองชีวภาพลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าสาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนได้ 66.66 เปอร์เซ็นต์

การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงชะโดมีน้ำหนักรวมมากกว่าสาหร่ายหางกระรอก เนื่องจากสาหร่ายพวงชะโดมีจำนวนใบรอบลำต้น และพื้นที่ผิวของใบมากทำให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสะสมสารอาหารมากกว่าสาหร่ายหางกระรอก (Chorom *et al.*, 2012) รวมถึงสาหร่ายพวงชะโดมีน้ำหนักรวมมากกว่าสาหร่ายหางกระรอก แต่สาหร่ายพวงชะโด และสาหร่ายหางกระรอกมีอัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน เพราะสาหร่ายหางกระรอกมีน้ำหนักรวมน้อยกว่าสาหร่ายพวงชะโด เมื่อนำผลมาคำนวณอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจึงไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าสาหร่ายพวงชะโดจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากกว่าสาหร่ายหางกระรอก

2. ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด และประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์และพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีผลทำให้ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีปริมาณน้อย และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดมากที่สุด เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลานี้มีเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์โพลิโพรพิลีนที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุรองกายภาพดักสารแขวนลอยในน้ำ โดยวัสดุรองชนิดเป็นเส้นใยละเอียดสามารถดักสารแขวนลอยได้ ทำให้สารแขวนลอยไม่ไหลรวมมากับน้ำ (Estim and Mustafa, 2014 ; Hafedh *et al.*, 2003) รวมถึงสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้เป็นวัสดุรองจะถูกวางยึดติดกับแผ่นพลาสติกในแนวตั้งเรียงขนานอยู่ภายในถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง ซึ่งสาหร่ายพวงชะโดมีลำต้น และใบที่สามารถต้านกระแสน้ำทำให้สามารถดักสารแขวนลอยในน้ำจากถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศได้ สารแขวนลอยจะตกตะกอนลงสู่พื้นถังและสะสมอยู่ในถังกรองส่งผลให้ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลง แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายพวงชะโดที่นำมาใช้ร่วมกับเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการศึกษาของ Sangeeta (2007) ได้นำสาหร่ายหางกระรอกมาเป็นวัสดุรองชีวภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในทะเลสาบ พบว่าสาหร่ายหางกระรอกสามารถลดปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดได้ 60 เปอร์เซ็นต์

การใช้พีชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุรองในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศทำให้ในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุรอง เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลานี้มีเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ช่วยลดปริมาณสารแขวนลอยเมื่อน้ำจากถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศถูกส่งมายังถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุรอง สาหร่ายพวงชะโดจะดูดซับแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน ในรูปไอออนไนซ์ (NH_4^+) ไปใช้ในกระบวนการชีวเคมีของเซลล์เพื่อการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนลดลง และมีปริมาณสารแขวนลอยตกตะกอนบริเวณพื้นถัง ใบ และลำต้นของสาหร่ายพวงชะโดลดลงไม่ส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของเซลล์ (parenchyma tissue) (Toth and Herodek, 2009)

นอกจากระบบอนุบาลลูกปลามีการให้ออกซิเจนตลอดการศึกษาทำให้ปริมาณแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงโดยแบคทีเรียกลุ่มไนโตรโซโมแนส (nitrosomonas) ในกระบวนการไนตริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ไปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน และแบคทีเรียในกลุ่มไนโตรแบคเตอร์ (nitrobacter) เปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท-ไนโตรเจน โดยสาหร่ายพวงชะโดสามารถนำไปใช้มีผลทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนลดลง (ประจวบ ฉายบุญ, 2556 ; Ejankowski and Solis, 2014 ; ศิริภรณ์ ชื่นบาล และคณะ, 2555 ; Briskin and Hanson, 1992)

ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุรองทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสลดลง เนื่องจากสาหร่าย พงชะ โคคูดจับฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำลดลงมากกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุรอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศของระบบอนุบาลลูกปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดประกอบด้วยฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่อยู่ในรูปสารละลายอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ โดยสาหร่ายพวงชะโคสามารถดูดซับฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้แต่ไม่สามารถดูดซับฟอสฟอรัสในรูปสารอินทรีย์ได้ ซึ่งการที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในแต่ละระบบอนุบาลลูกปลามีค่าไม่แตกต่างกัน อาจเกิดจากปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลายมากกว่าฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารละลาย นอกจากนี้ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบอนุบาลลูกปลามีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าปริมาณฟอสฟอรัส รวมถึงสาหร่ายพวงชะโคมีอัตราการใช้ในไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัสในกระบวนการต่างๆ ของเซลล์ (Saygideger *et al.*, 2004)

ปัจจัยคุณภาพน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละระบบอนุบาลลูกปลาไม่แตกต่างกัน เพราะค่าการนำไฟฟ้าเป็นความสามารถของน้ำในการนำไฟฟ้าซึ่งมีไอออนของสารประกอบอนินทรีย์เป็นตัวกลาง อย่างไรก็ตามน้ำในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศไม่ได้มีแค่สารละลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่มีธาตุอื่นๆ ที่สามารถนำไฟฟ้าได้ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก เป็นต้น (สมชาย หวังวิบูลย์กิจ, 2552) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละชุดการทดลองอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการให้อากาศเท่ากันและควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำให้มีค่ามากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการทดลองซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจนที่ปลานิลอาศัยได้เป็นปกติ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าความเป็นด่างในระบบอนุบาลทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ปกติตามคู่มือการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล (กรมประมง, 2553)

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีน โดยตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉพาะถังอนุบาล และถังพักน้ำ เนื่องจากเป็นจุดที่มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดแตกต่างกันมากที่สุดและปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีผลกระทบต่อลูกปลาในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พืชน้ำเป็นวัสดุรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพืชน้ำเป็นวัสดุรอง มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถังพักน้ำสำหรับทรีตคลอรีนน้อยกว่าระบบอนุบาลที่ไม่พืชน้ำ เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจน

และฟอสฟอรัสสะสมในระบบอนุบาลลูกปลามากกว่าทำให้มีการย่อยสลายและมีปริมาณแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดขึ้นมากในน้ำเพื่อย่อยสลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนกันต์ จิตมนัส (2556) ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมจะเกิดแบคทีเรียในกลุ่มเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (heterotrophic bacteria) เพื่อย่อยสลายไนโตรเจนในน้ำ

สำหรับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดระหว่างถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถึงพักน้ำสำหรับฟิสิกัลอิน ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมากกว่าถึงพักน้ำ เนื่องจากมีการฟิสิกัลอินที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอรีนมีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำได้ (ธีรวิทย์ ปูฟ้า และคณะ. 2548 ; นาฏอนงค์ เจริญสันติสุข และคณะ. 2561)

ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถึงพักน้ำสำหรับฟิสิกัลอิน ในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสน้อยกว่าชุดที่ไม่มีวัสดุกรอง และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรอง เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในถึงอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ และถึงพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรองน้อยกว่าชุดที่ไม่มีวัสดุกรอง และระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองทำให้น้ำจากการอนุบาลมายังถึงพักน้ำสำหรับฟิสิกัลอินหมุนเวียนน้ำกลับไปใช้ใหม่ในถึงอนุบาลลูกปลาใหม่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสน้อย นอกจากนี้คลอรีนที่อยู่ในถึงบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน โดยกรดไฮโปคลอรัสทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียรวมไนโตรเจน เกิดเป็นสารประกอบโมโนคลอรามิน ไดคลอรามิน และ ไตรคลอรามิน ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงเมื่อเทียบกับถึงอื่นๆ (กรมประมง. 2557)

3. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศ ในระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีน้ำหนัก ความยาว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศมากที่สุด และยังทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักน้อยกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง เนื่องจากวัสดุกรองที่ใช้ควบคุมปัจจัยคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ โดยมีปริมาณแอมโมเนียรวมไนโตรเจนน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ไนโตรเจนน้อยกว่า 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทไนโตรเจนน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำน้อยกว่า 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.3 ถึง 8.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 70 ถึง 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมประมง. 2557) ส่งผลให้ลูกปลานิลแปลงเพศมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าระบบอนุบาลที่ไม่มีวัสดุกรอง สอดคล้องกับ Amirkolaie *et al.* (2005) ที่อนุบาลลูกปลานิลโดยมีระบบบำบัดน้ำในการอนุบาลลูกปลาทำให้ได้ผลผลิตมากกว่าระบบอนุบาลลูกปลานิลแบบที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำ

4. ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในแต่ละชุดการทดลอง มีต้นทุนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวกรองในระบบอนุบาลลูกปลาซึ่งในการศึกษา ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับพีชน้ำเป็นวัสดุกรองจะมีต้นทุนทั้งหมดมากที่สุด แต่เมื่อกำหนดรายได้ และผลตอบแทนของระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมากกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้วัสดุกรอง เนื่องจากระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีผลทำให้การเจริญเติบโต และอัตราการรอดดีกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง เมื่อกำหนดราคาขายลูกปลานิลแปลงเพศที่มีขนาดใหญ่กว่าจะได้ราคาที่ดีกว่าทำให้ลูกปลาที่อนุบาลในระบบที่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรองมีราคาขายสูงกว่าระบบอนุบาลลูกปลาที่ไม่ใช้พีชน้ำเป็นวัสดุกรอง หลังจากนั้นต้นทุนทั้งหมดของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมาคำนวณกำไรดำเนินงาน และกำไรสุทธิมีค่าติดลบ เนื่องจากการคำนวณต้นทุนในกลุ่มต้นทุนการผลิตในส่วนอื่นมีค่าสูง เพราะประมาณระยะเวลาคืนทุนภายใน 1 ปี หรือ 6 รอบการผลิต ทำให้มีต้นทุนคงที่ต่อรอบสูง นอกจากนี้ความหนาแน่นที่ปล่อยในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในการศึกษา 50 ตัวต่อถัง ยังสามารถอนุบาลลูกปลาได้ถึง 200 ตัวต่อถัง ยิ่งจะทำให้ต้นทุนคงที่ลดลง สอดคล้องกับผลของ ชงชัย เย็นปิง และคณะ (2554) ที่ศึกษาต้นทุนการผลิตลูกปลานิลแปลงเพศที่อนุบาลในระดับความหนาแน่น 5, 10, 20 และ 40 ตัวต่อลิตร ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ระบบอนุบาลลูกปลาที่มีระดับความหนาแน่นต่ำ 5 และ 10 ตัวต่อลิตร จะมีรายได้สุทธิจากขายผลผลิตลูกปลานิลแปลงเพศติดลบ 63.67 และ 24.10 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับระบบอนุบาลลูกปลาที่มีระดับความหนาแน่นมากกว่า 20 และ 40 ตัวต่อลิตร

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

(Conclusion and Suggestion)

6.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ สาหร่ายพวงชะโดมีประสิทธิภาพมากกว่าสาหร่ายหางกระรอกเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพในการบำบัดน้ำทิ้งในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ สาหร่ายพวงชะโดเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสดีกว่าสาหร่ายหางกระรอก เมื่อนำสาหร่ายพวงชะโดมาใช้เป็นวัสดุกรองร่วมกับเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำจะทำให้ระบบอนุบาลลูกปลาที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สามารถควบคุมปัจจัยคุณภาพและปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดทำให้ได้การเจริญโต และอัตราการรอดของลูกปลานิลแปลงเพศดีที่สุด เมื่อนำมาคำนวณรายได้ และจุดคุ้มทุนของการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศสามารถลดต้นทุนการผลิตได้

ดังนั้น ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ร่วมกับสาหร่ายพวงชะโดเป็นวัสดุกรองสามารถควบคุมปัจจัยคุณภาพน้ำ การเจริญเติบโต อัตรารอด และผลตอบแทนของลูกปลานิลแปลงเพศได้ดีที่สุด

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุกรองของระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ มีการใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์เป็นวัสดุกรองสารแขวนลอยในการอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศควรมีการทำความสะอาดเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ทุกวัน
2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำผลผลิตของสาหร่ายพวงชะโดจากระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายพวงชะโดในอนาคต

บรรณานุกรม

- กรมประมง. 2551. การเพาะและอนุบาลปลานิล. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด.
- กรมประมง. 2553. เอกสารคำแนะนำการเพาะเลี้ยงปลานิล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมประมง. 2557. การเลี้ยงปลานิลในกระชัง. กรุงเทพฯ : ฝ่ายเผยแพร่ ส่วนเผยแพร่การประมง สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง.
- กรมประมง. 2559. คู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพและการลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิล. กรุงเทพฯ : กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.
- การประปาส่วนภูมิภาค. 2552. คำนวณสารเคมีออนไลน์. [Online]. Available : https://web.mwa.co.th/download/prd01/water_technology/chemical.php.
- การประปาส่วนภูมิภาค. 2558. โปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปาการประปาส่วนภูมิภาค. [Online]. Available : <https://www.pwa.co.th/calculate/water-tariff>.
- กาญจนา อู่สุวรรณทิพย์, ปองพันธ์ โอทกานนท์, วีรยุทธ ทิมแยม, หนึ่งฤทัย ไสถภูมิ และอนิวรรณ อินตุ. 2553. “การตรวจหาแบคทีเรียปนเปื้อนจากแหล่งน้ำในเขตเมือง และรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก.” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. 18(2): 50-56.
- กษิตศ คันธเสน และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2563. “ประสิทธิภาพของสาหร่ายพวงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกในการเป็นตัวกรองชีวภาพเพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากการอนุบาลลูกปลานิล.” หน้า 50-58. ใน การประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชนกันต์ จิตมนัส. 2556. “โรคปลานิล.” เชียงใหม่สัตวแพทยสาร. 11(1): 75-86.
- ณัฐพล คันธเสน. 2548. “การประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม สำหรับธุรกิจผลิตโซ่ลำเลียงของบริษัท พี การช่าง จำกัด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการบัญชี ภาควิชาการบัญชี, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดวงมณี โกมารทัต. 2543. บัญชีต้นทุน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทียมใจ คมกฤต. 2546. กายวิภาคของพฤกษ์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธงชัย ขนาบแก้ว และอุดมผล พิชน์ไพบูลย์. 2547. “การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบบ่อร่วมกับพีชน้ำ: บัวหลวงและสาหร่ายหางกระรอก.” วารสารสงขลานครินทร์. 26(5): 749-756.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธงชัย เย็นปิง, ธราพันธ์ วัฒนะมหาตม์, จุฑามาศ ชัยนนท์ และสุนทร กัณหาสูระ. 2554. รายงานวิจัย การผลิตลูกปลานิลแปลงเพศในถังไฟเบอร์กลาสระบบน้ำหมุนเวียนที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดมหาสารคาม สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง.

ธีรวิทย์ ปู่ฟ้า, ยิ่งเจริญ กุสกุศลรัตน์ และวรวจน์ กนกกันทาพงษ์. 2548. “ปัญหาคลอรีน คลอไรด์ ในน้ำประปาที่ใช้ในอุตสาหกรรมและแนวทางการแก้ไข.” วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิชาการ. 8(16): 97-105.

นงลักษณ์ ยี่มตระกูล. 2558. รายงานวิจัยผลของสารสกัดลูกไต่ใบต่อการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกันโรค และลักษณะทางพยาธิสภาพของตับและไตปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) พืชญโลก. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.

นาฏอนงค์ เจริญสันติสุข, เกษม จันทร์แก้ว, อรอนงค์ ผิวนิล และธนิศร์ ปัทมพิฑูร. 2561. “คลอรีนคองเกลือ และผลกระทบของคลอรีนคองเกลือต่อการลดลงของเชื้อแบคทีเรียในน้ำเสียจากสะพานปลา.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 20(2): 79-91.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล, ประจวบ ฉายบุญ, ชนกกันต์ จิตมนัส และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2558. “การศึกษาวัสดุกรองเพื่อใช้บำบัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับระบบบอควาโปนิคส์.” หน้า 162-170. ใน การประชุมวิชาการประมงของมหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่ : คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประจวบ ฉายบุญ. 2556. รายงานวิจัยการผลิตปลานิลเชิงพาณิชย์ระบบปิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยในการส่งออก. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ภณชัย สุขแก้ว, ธนวรรณ พาณิชพัฒน์ และฐิติยา แซ่ปึง. 2554. “การใช้พืชน้ำบางชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชบุรี.” หน้า 786-791. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8. นครปฐม : คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.

ภิญโญ วงษ์ทับทิม, ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, วิมลศิริ ปริดาสวัสดิ์, ชีวิน อรรถสาสน์ และสุกัลยา ตันติวิสุวโรจ. 2560. “การศึกษาประสิทธิภาพของรางค้กตะกอนในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลานิล ในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด.” ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยงยุทธ โอสดสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา (Phycology). พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศุติมาศ สุทธิเนียม. 2552. “การใช้สาหร่ายขนนก *Caulerpa sertularioides* บำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*).” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวนิชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ศิริภรณ์ ชื่นบาล, ฐปน ชื่นบาล, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง และประจวบ ฉายบุญ. 2555. รายงานวิจัยการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยพืชน้ำและสาหร่าย. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2552. คุณภาพน้ำเพื่อการประมง. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุนิภา จันท์แก้ว. 2560. “ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียโดยเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรียที่คัดแยกจากฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*).” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวนิชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อานูช ศิริรัฐนิคม. 2557. รายงานวิจัยการใช้อะเมซอนไบโกลม (*Echinodorus cordifolius*) เพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ. สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยทักษิณ.
- Abreu, H.M., Rui, P., Charles, Y., Alejandro, H.B. and Isabel, S.P. 2011. “IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system.” **Aquaculture**. 312: 77-87.
- Ajayi, A.O. and Okoh, A.I. 2014. “Bacteriological study of pond water for aquaculture purposes.” **Agriculture & Environment**. 12(2): 1260-1265.
- Alix, M.S. and Scribailo, R.W. 2009. “*Hydrilla verticillata* (hydrocharitaceae): An undesirable addition to Indiana’s aquatic flora.” **The New England Botanical Club**. 111 (945): 131-136.
- Amirkolaie, A.K., Leenhouders, J.I., Verreth, J.A.J. and Schrama, J.W. 2005. “Type of dietary Fibre (soluble versus insoluble) influences digestion faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).” **Aquaculture Research**. 36: 1157-1166.
- APHA. 2012. **Standard method for examination of water and wastewater 22nd edition**. American Public Health Association.
- Asase, A., Nunoo, F.K.E. and Attipoe, F.Y.K. 2016. “Lake-based nursery rearing of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerling in nylon hapas: effect of stocking density on growth, survival and profitability.” **Agricultural Sciences**. 7: 660-669.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Attee, R.S., Adu Alheni, A.K.J. and Khalifa, S.Z. 2017. "Description of the growth of Nile tilapia (*Linnaeus, 1758*) *Oreochromis niloticus* in the Tigris river south of Baghdad." **Chemtech research**. 10(9): 1093-1102.
- Atwood, H.L., Fontenot, Q.C., Isely, J.J. and Tomasso, J.R. 2001. "Toxicity of nitrite to Nile tilapia: effect of fish size and environmental chloride." **North American Journal of Aquaculture**. 63(1): 49-51.
- Boeger, M.R.T. and Poulson, M.E. 2003. "Morphological adaptations and photosynthetic rates of amphibious *Veronica anagallis-aquatica* L. (Scrophulariaceae) under different flow regimes." **Aquatic Botany**. 75: 123-135.
- Briskin, D.P. and Hanson, J.B. 1992. How does the plant plasma membrane H⁺-ATPase pump proton?. **Experimental Botany**. 43(248): 269-289.
- Boyd, E.B. 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. **Economic Botany**. 95-103.
- Csiky, J., Mesterhazy, A., Szalontai, B. and Olah, E.P. 2010. "A morphological study of *Ceratophyllum tanaiticum*, a species new to the flora of Hungary." **Czech Botanical Society**. 82: 247-259.
- Dogan, M. and Saygideger, D. 2018. "Physiological effect of NaCl on *Ceratophyllum demersum* L., a submerged rootless aquatic macrophyte." **Fisheries Sciences**. 17(2): 345-356.
- Ejankowski, W. and Solis, M. 2014. "Response of hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.) to water level drawdown in a turbid water reservoir." **Applied Ecology and Environmental Research**. 13(1): 219-228.
- Estim, A. and Mustafa, S. 2014. "Water quality remediation using geotextile in fish hatchery systems." **Aquaculture**. 5(4): 1-6.
- Fleckenstein, L.J., Ray, A.j. and Tierney, T.W. 2018. "Comparing biofloc, clear-water, and hybrid recirculating nursery system (part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality." **Aquaculture Engineering**. 82: 80-85.
- Foroughi, M., Najafi, P., Toghiani, S., Toghiani, A. and Honarjoo, N. 2013. "Nitrogen removal by *Ceratophyllum demersum* from wastewater." **Residuals Science & technology**. 10(2): 63-68.

- Greenfield, D.I., Ashley, D., Abby, G., Charles, J.K., Sarah, H.W., Larissa, M.B., Krista, D.S., David, W. and Susan, B.W. 2014. "The effect of three chemical algacides on cell number and toxin content of the cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* and *Anabaenopsis* sp." **Environment Management**. 54: 1110-1120.
- Hafedh, Y.S.A., Aftab, A. and Afaque, A. 2003. "Performance of plastic biofilter media different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)." **Aquaculture Engineering**. 29: 139-154.
- He, P., Hailong, W., Yuanzi, H., Fang, H. and Yuanyuan, L. 2015. "Bioremediation using *Gracilaria chouae* co-cultured with *Sparus microcephalus* to manage the nitrogen and phosphorus balance in an IMTA system in Xiangshan Bay, China." **Marine Pollution Bulletin**. 91: 272-279.
- Jovanovic, B. 2017. "Ingestion of micro plastics by fish and its potential consequences from a physical perspective." **Integrated Environmental Assessment and Management**. 13: 510-515.
- Klanian, M.G. and Adame, C.A. 2013. "Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerling in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange." **Latin American Journal of Aquatic Research**. 41(1): 150-162.
- Lazzari, R. and Baldisserotto, B. 2008. "Nitrogen and phosphorus waste in fish farming." **Boletim Do Instituto De Pesca**. 34(4): 591-600.
- Lignell, A. and Pedersen, M. 1989. "Effect of pH and inorganic carbon concentration on growth of *Gracilaria secundata*." **British Journal of Psychology**. 24: 83-89.
- Lin, C.V. and Suresh, A.V. 1992. "Effect of stocking density on water quality and production of Red tilapia in a recirculated water system." **Aquaculture Engineering**. 1-22.
- Neto, R.M. and Ostrensky, A. 2015. "Nutrient load estimation in the waste of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in cages in tropical climate conditions." **Aquaculture Research**. 46: 1309-1322.
- Richardson, R. J., Haug, E.J. and Meadows, S.T. 2016. "Monoecious hydrilla-a review of the literature." **Aquatic Plant Management**. 54: 1-11.
- Sangeeta, D. 2007. "Role of macrophytes in improving water quality of an aquatic eco-system." **Journal of Applied Sciences and Environment Management**. 11(4): 133-135.

- Saygideger, S., Muhittin, D. and Gonca, K. 2004. "Effect of lead and pH on lead uptake, chlorophyll and nitrogen content of *Typha latifolia*. and *Ceratophyllum demersum* L." **Agriculture & Biology**. 6(1): 168-172.
- Syed, I., Fatima, H., Mohammed, A. and Siddiqui, M.A. 2018. "*Ceratophyllum demersum* a free-floating aquatic plant: a review." **Pharmacognosy Biological Research**. 6(2): 10-17.
- Toth, V.R. and Herodek, S. 2009. "A simple incubation tank for photosynthesis measurements with six light intensities." **Limnology**. 45: 195-202.
- Yang, H., Yi, Z., Haiyan, H., Ying, L., Yuze, m., Hua, Z., Xinling, X. and Fusui, Z. 2006. "Bioremediation potential of the macroalgae *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China." **Aquaculture**. 252: 264-276.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำ

1.1 ค่าความเป็นด่าง (alkalinity)

วิธีการหาค่าความเป็นด่างของตัวอย่างน้ำ

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein indicator) 3 ถึง 5 หยด เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

2. ถ้าสารละลายมีสีใสแสดงว่าไม่มีสารประกอบคาร์บอเนต (carbonate) หรือไฮดรอกไซด์ (hydroxide) หรืออาจมีในปริมาณที่น้อยให้ทำการนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการข้อที่ 4 แต่หากสารละลายมีสีชมพูแสดงว่าในน้ำมีสารประกอบคาร์บอเนตหรือไฮดรอกไซด์อยู่ให้ทำตามวิธีการข้อที่ 3 ก่อนแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการข้ออื่นต่อ

3. ไทเทรตด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีใส แล้วบันทึกค่าปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล ที่ใช้ไทเทรตในช่วงฟีนอล์ฟทาลีน

หลังจากนั้นหยดอินดิเคเตอร์เมทิลออเรนจ์ (methyl orange indicator) 3 ถึง 5 หยด เขย่าผสมให้เข้ากันจนได้สารละลายสีเหลือง ไทเทรตด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล จนสารละลายกลายเป็นสีส้ม บันทึกปริมาตรสารละลาย กรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล ที่ใช้ทั้งหมด และนำผลที่ได้มาคำนวณค่าความเป็นด่างตามสูตร ดังนี้

คำนวณค่าความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) (total alkalinity) = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร) X 10

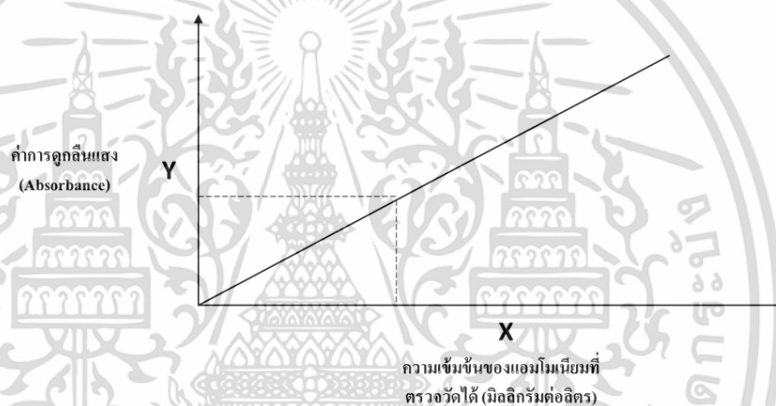
ค่าความเป็นด่างในช่วงฟีนอล์ฟทาลีน (มิลลิกรัมต่อลิตร) = ปริมาตรสารละลาย H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ในระหว่างการไทเทรต phenolphthalein (มิลลิลิตร) X 10

ค่าความเป็นด่างในช่วงอินดิเคเตอร์เมทิลออเรนจ์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) = ค่าความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) – ค่าความเป็นด่างในช่วงฟีนอล์ฟทาลีน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

1.2 แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (total ammonia nitrogen; TAN)

วิธีการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร (ตัวอย่างน้ำไม่ต้องผ่านการกรอง) พร้อมตัวอย่างน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (blank sample) เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบความถูกต้อง
2. เติมฟีนอลรีเอเจนต์ 2 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมโซเดียมไนโตรพอสเฟอไรต์รีเอเจนต์ 2 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน
3. เติมออกซิไดซิงรีเอเจนต์ (oxidizing reagent) 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายน้ำตัวอย่างจะมีสีน้ำเงิน เสร็จแล้วตั้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง (ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร



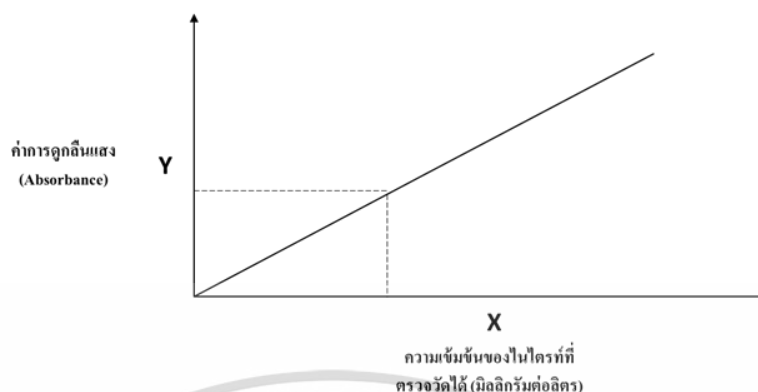
ภาพผนวกที่ 1.1 กราฟมาตรฐานแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน X คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม-ไนโตรเจนที่ตรวจวัดแต่ละระดับ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสง

1.3 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen; $\text{NO}_2\text{-N}$)

วิธีการวิเคราะห์ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองมา 50 มิลลิลิตร พร้อมด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบความถูกต้อง
2. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) 5 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายซัลฟานิลไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2 นาที สารละลายไดไฮโดรคลอไรด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน สารละลายที่ได้จะมีสีชมพูบานเย็นหรือสีชมพูเข้ม ตั้งทิ้งไว้ 10 ถึง 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

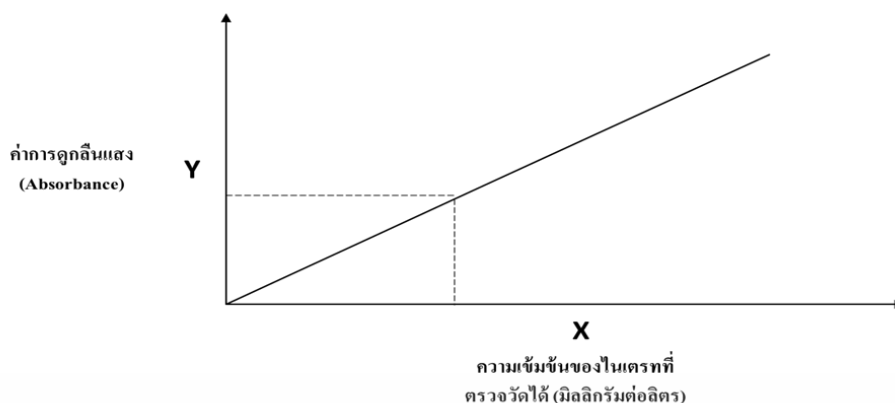


ภาพผนวกที่ 1.2 กราฟมาตรฐานไนเตรต X คือ ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ตรวจวัดแต่ละระดับ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสง

1.4 ไนเตรต-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen; $\text{NO}_3\text{-N}$)

วิธีการวิเคราะห์ค่าไนเตรต-ไนโตรเจนของตัวอย่างน้ำ

1. ตวงตัวอย่างน้ำมา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร และใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (4+1) 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปแช่น้ำที่เตรียมไว้ให้เย็นลง เมื่อเย็นแล้วนำไปแช่ในอ่างทำความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที (ควรเปิดอ่างทำความร้อนไว้ล่วงหน้าก่อนทำการวิเคราะห์และตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 95 องศาเซลเซียส เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการจึงเริ่มทดลองได้)
3. เมื่อครบ 20 นาที ให้นำขวดรูปชมพู่ไปแช่ลงในถาดน้ำเย็น ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิภายในขวดเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร



ภาพผนวกที่ 1.3 กราฟมาตรฐานไนเตรท X คือ ความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนที่ตรวจวัดแต่
 ณะระดับ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสง

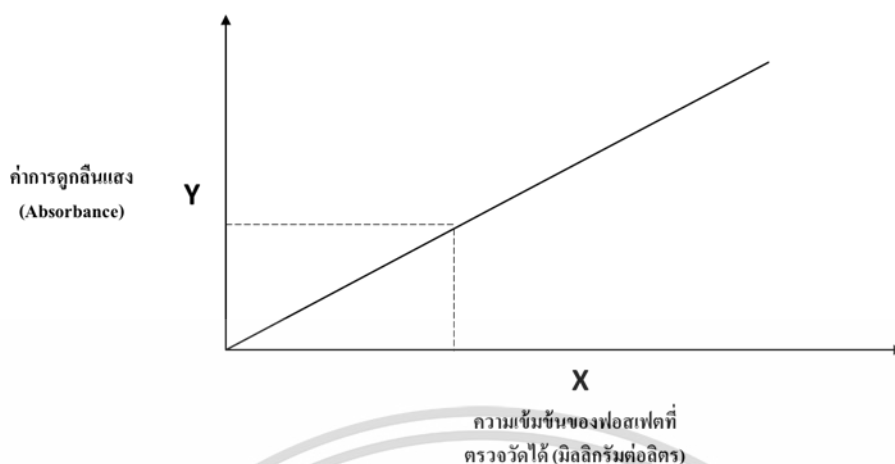
1.5 ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (soluble reactive phosphate, SRP; H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} and PO_4^-)

วิธีการวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในตัวอย่างน้ำ

1. ตวงตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร และตัวอย่างน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร สำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

2. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.05 มิลลิลิตร (1 หยด) เขย่าให้เข้ากัน ถ้าไม่เกิดสีชมพูให้นำไปวิเคราะห์ต่อตามข้อ 3 ถ้าเกิดสีชมพูให้ใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 นอร์มอล 0.05 มิลลิลิตร (1 หยด) เขย่าให้เข้ากัน จนสารละลายตัวอย่างน้ำมีสีใสจึงนำไปทำการไทเทรตตามข้อ 3 ต่อ

3. เติมสารละลายรวมลงในสารละลายตัวอย่างน้ำ และ ตัวอย่างน้ำกลั่น 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายตัวอย่างน้ำจะมีสีน้ำเงินม่วง ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร



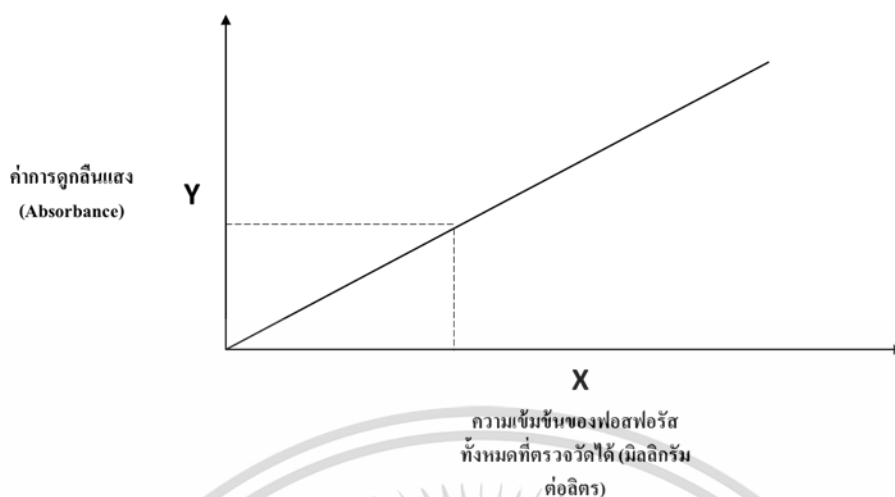
ภาพผนวกที่ 1.4 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ X คือ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำที่ตรวจวัดแต่ละระดับ Y คือค่าการดูดกลืนแสง

1.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ (total phosphorus)

วิธีการวิเคราะห์ค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

1. ตวงตัวอย่างน้ำและตัวอย่างน้ำกลั่น สำหรับตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นเติมกรดซัลฟูริก 5 นอร์มอล 1 มิลลิลิตร กับ โฟแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (สำหรับช่วยเพิ่มความร้อนให้กับตัวอย่างน้ำ) เขย่าให้เข้ากัน
2. นำตัวอย่างน้ำและน้ำกลั่น ไปผ่านความร้อนในเครื่องนึ่งความดันสูงเป็นระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาให้นำตัวอย่างน้ำและน้ำกลั่นมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นหยดสารละลายฟีนอลฟาทาลีน 1 หยด (0.05 มิลลิลิตร) หรือจนสารละลายตัวอย่างน้ำเกิดสีชมพู
3. ใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 นอร์มอล จนสารละลายตัวอย่างน้ำมีสีใส (ใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น ประมาณ 2 มิลลิลิตร) จากนั้นปรับปริมาตรตัวอย่างน้ำและตัวอย่างน้ำกลั่นด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. เติมสารละลายรวม 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที ห้ามเกิน 30 นาที สารละลายตัวอย่างน้ำจะมีสีน้ำเงินม่วง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1.5 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสทั้งหมด X คือ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ตรวจวัดแต่ละระดับ Y คือค่าการดูดกลืนแสง

1.7 ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solid; TSS)

วิธีการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด

1. นำถ้วยครุชชีเบิ้ลมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำถ้วยครุชชีเบิ้ลไปทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น เมื่อเย็นนำถ้วยมาชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักเอาไว้ จากนั้นตวงตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
3. นำถ้วยครุชชีเบิ้ลที่มีตัวอย่างน้ำไประเหยน้ำบนอ่างทำความร้อน จากนั้นนำถ้วยครุชชีเบิ้ลไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยไปทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น
4. ชั่งน้ำหนักสารแขวนลอยและถ้วยครุชชีเบิ้ลพร้อมกัน และบันทึกข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักมาทำการคำนวณปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ตามสูตร

ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) = [น้ำหนักสารแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัม) x 1000] / ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

หมายเหตุ : น้ำหนักสารแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัม) = น้ำหนักสารแขวนลอยทั้งหมดในถ้วยครุชชีเบิ้ล - น้ำหนักถ้วยครุชชีเบิ้ล

1.8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

วิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างแบบคิวิตอล

1. ปรับอุณหภูมิของเครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้ตรงกับอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำที่จะทำการวัด ก่อนการใช้เครื่องควรปรับเครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 4, 7 และ 9

2. นำตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจมาใส่ในบีกเกอร์ ควรให้หัววัด (electrode) สามารถจุ่มลงไปใต้น้ำได้ไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวหัววัด จากนั้นอ่านค่าและบันทึกค่าจากเครื่องวัดได้โดยตรง หลังการใช้เสร็จให้ทำความสะอาดใช้น้ำกลั่นหรือน้ำสะอาด และใช้กระดาษสะอาดซับให้แห้งปิดฝา เก็บในที่ที่ไม่มีควมชื้น

1.9 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)

วิธีการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

1. ก่อนนำเครื่องวัดการนำไฟฟ้าไปวัดค่าในตัวอย่างน้ำ ต้องการตรวจเช็คเครื่องโดยการเทียบกับค่าความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. หลังจากตรวจสอบเครื่องมือแล้วจึงนำตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจมาใส่ในบีกเกอร์ ควรให้หัววัดสามารถจุ่มลงไปใต้น้ำได้ไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวหัววัด จากนั้นอ่านค่าและบันทึกค่าจากเครื่องวัดได้โดยตรง หลังการใช้งานเสร็จให้ทำความสะอาดโดยใช้น้ำกลั่นหรือน้ำสะอาด และใช้กระดาษสะอาดซับให้แห้งปิดฝา เก็บในที่ที่ไม่มีควมชื้น

1.10 อุณหภูมิ (temperature)

วิธีการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิ

1. เก็บตัวอย่างน้ำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดาวัดค่าอุณหภูมิของน้ำ (การวัดค่าอุณหภูมิกววัดที่ระยะเวลาต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำและบันทึกค่าที่ได้)

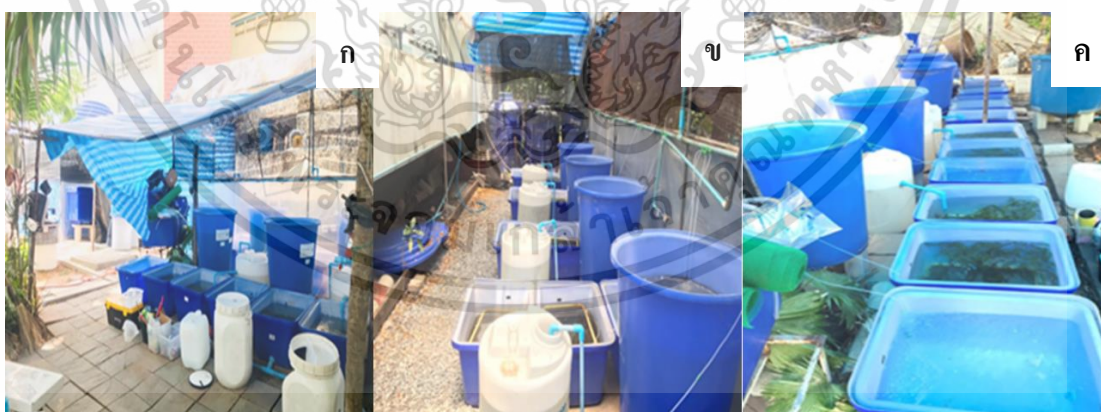
2. การเตรียมระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่มีเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรองของเสีย

2.1 การเตรียมระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ



ภาพผนวกที่ 2.1 ก. การเตรียมถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ ถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง และถังพักน้ำสำหรับทริตคลอรีน ข. การเตรียมถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศเข้ากับถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และ ค. การนำถังทั้งหมดมาประกอบเป็นระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

2.2 การนำระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศมาติดตั้งในโรงเรือนทดลอง

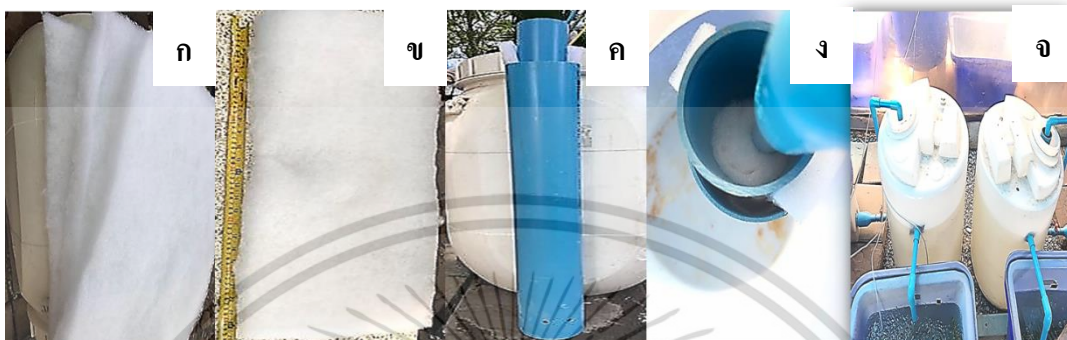


ภาพผนวกที่ 2.2 ก. บริเวณโดยรอบสถานที่ทำการทดลอง ข. ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในโรงเรือนทดลอง และ ค. ระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศภายนอกโรงเรือนทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเตรียมวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ พืชน้ำ ลูกปลานิลแปลงเพศ และน้ำที่ใช้ในการทดลอง

3.1 การเตรียมวัสดุกรองเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์



ภาพผนวกที่ 3.1 ก. การเตรียมเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 1 ตารางเมตร ข. การเตรียมเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 0.15 ตารางเมตร ค. การเตรียมท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ง. การเตรียมเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ใส่ลงในท่อพีวีซี และ จ. ถังกรองที่มีวัสดุเส้นใยพลาสติกสังเคราะห์

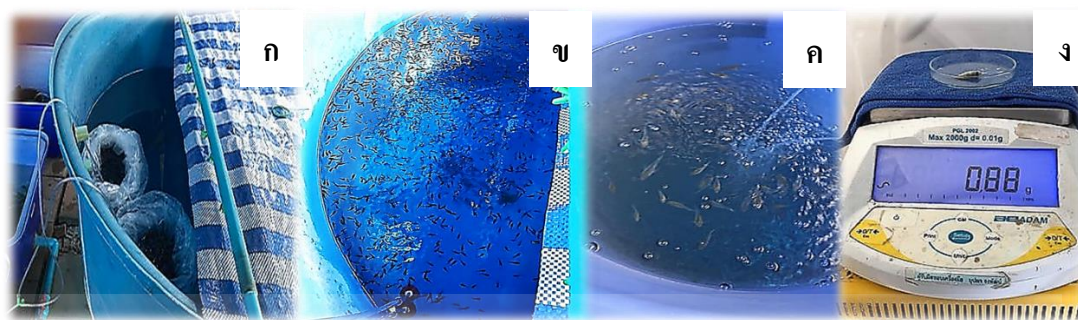
3.2 การเตรียมพืชน้ำ (สาหร่ายพวงชะโด)



ภาพผนวกที่ 3.2 ก. การคัดเลือกสาหร่ายพวงชะโดจากถังเพาะเลี้ยง ข. การชั่งน้ำหนักสาหร่ายพวงชะโด ค. การนำสาหร่ายพวงชะโดที่ผูกติดกับแผ่นพลาสติกใส่ลงไปในถังกรองชีวภาพ และ ง. สาหร่ายพวงชะโดที่ทำหน้าเป็นวัสดุกรองของเสียในระบบบอนุบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมลูกปลานิลแปลงเพศ



ภาพผนวกที่ 3.3 ก. การนำลูกปลานิลแปลงเพศจากฟาร์มมาตรฐานมาปล่อยลงถังอนุบาลเพื่อปรับสภาพลูกปลา ข. การอนุบาลปรับสภาพลูกปลานิลแปลงเพศก่อนนำทดลอง ค. ลูกปลาในถังอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศในช่วงระหว่างการทดลอง และ ง. การชั่งน้ำหนักลูกปลานิลแปลงเพศ

3.4 การเตรียมน้ำในระบบอนุบาล

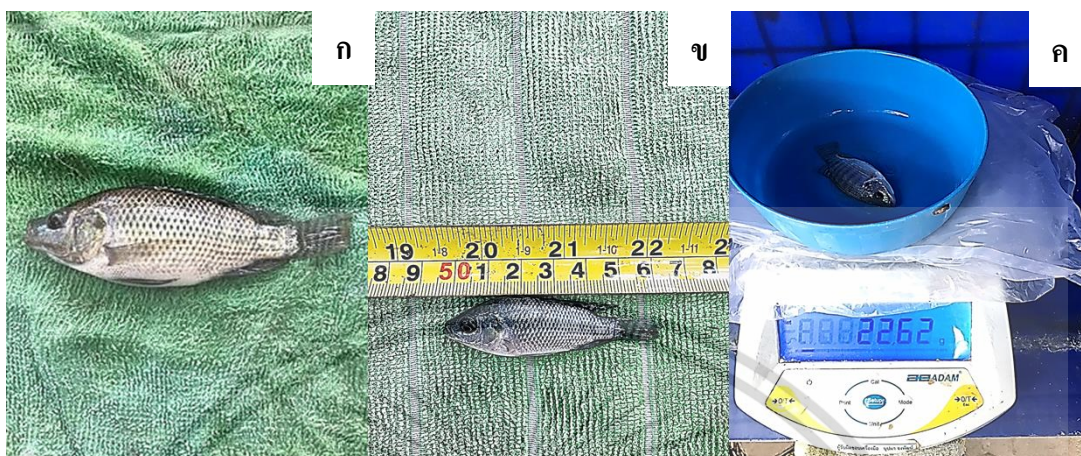


ภาพผนวกที่ 3.4 ก. การกรองน้ำผ่านถุงกรองสารแขวนลอย ข. การเตรียมน้ำในถังพักน้ำมีการให้อากาศ ค. การเตรียมน้ำใส่ถังพักน้ำที่มีพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง และ ง. การล้างอุปกรณ์โดยการแช่คลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

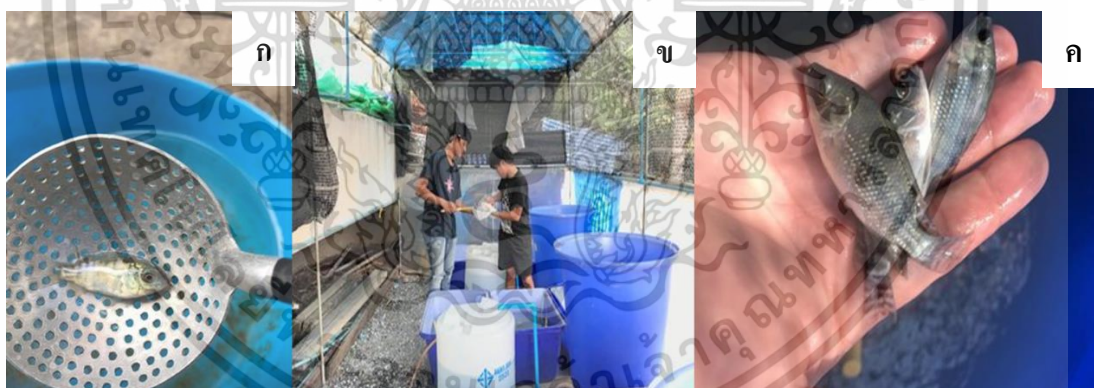
4. การเก็บผลการเจริญเติบโตของลูกปลานิลแปลงเพศ

4.1 การวัดค่าความยาว และชั่งน้ำหนักลูกปลานิลแปลงเพศ



ภาพผนวกที่ 4.1 ก. การเตรียมลูกปลานิลแปลงเพศสำหรับนำมาวัดความยาว และชั่งน้ำหนัก ข. การวัดความยาวลูกปลานิลแปลงเพศ และ ค. การชั่งน้ำหนักลูกปลานิลแปลงเพศ

4.2 การตรวจสอบลูกปลานิลแปลงเพศ



ภาพผนวกที่ 4.2 ก. การตรวจสอบลูกปลานิลแปลงเพศก่อนเริ่มต้นการทดลอง ข. การตรวจสอบลูกปลานิลแปลงเพศแปลงเพศในช่วงระหว่างการทดลอง และ ค. การตรวจสอบอัตรารอดของลูกปลานิลแปลงเพศในช่วงระหว่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) เวอร์ชัน 16

5.1 การวิเคราะห์ผลปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

➔ **Oneway**

[DataSet0]

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	Between-Component Variance
					Lower Bound	Upper Bound			
Control	3	.6750	.08000	.04619	.4763	.8737	.60	.76	
Physicalfilter	3	.5670	.23000	.13279	-.0044	1.1384	.34	.80	
Biofilter and physicalfilter	3	.3410	.00400	.00231	.3311	.3509	.34	.34	
Biofilter	3	.4390	.00721	.00416	.4211	.4569	.43	.44	
Total	12	.5055	.16807	.04852	.3987	.6123	.34	.80	
Model									
Fixed Effects									
Random Effects									.01638

Test of Homogeneity of Variances

Inorganic				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
3.007	3	8	.095	

ANOVA

Inorganic						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Between Groups	.192	3	.064	4.312	.044	
Within Groups	.119	8	.015			
Total	.311	11				

Robust Tests of Equality of Means

Inorganic				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	4.312	3	2.483	.158

a. Asymptotically F distributed.

Post Hoc

Homogeneous

Inorganic

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Biofilter and physicalfilter	3	.3410	
Biofilter	3	.4390	.4390
Physicalfilter	3	.5670	.5670
Control	3	.6750	
Sig.		.061	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ภาพผนวกที่ 5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance; One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

1. ต้นทุนของระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติกสังเคราะห์ และพืชน้ำเป็นวัสดุกรอง

ต้นทุนในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ				
ต้นทุนวัตถุดิบ	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคา ต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.1 ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง (DM)				
DM 1 ลูกพันธุ์ปลานิลแปลงเพศ (ตัว)	0.30	-	50	15
DM 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ (กิโลกรัม)	65	-	0.50	32.50
DM 3 สาหร่ายพวงชะโด (กรัม)	0.03	-	600	18
DM 4 ค่าน้ำ (ลิตร)	0.05	-	750	40.29
รวม				105.79
1.2 ต้นทุนค่าแรงงาน (DL)				
DL 1 ค่าแรงงาน 1 คน (45 วัน)	300	-	45	90
รวม				90
1.3 ต้นทุนอื่นๆ (OH)				
OH 1 คลอรีนผง 65 เปอร์เซนต์ (กรัม)	0.05	-	500	25
OH 2 ปื้มลมลูกสูบ	1,750	3.24	1	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (ต่อ)

ต้นทุนในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ต่อ)				
ต้นทุนวัสดุดิบ	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคา ต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.3 ต้นทุนอื่นๆ (OH) (ต่อ)				
OH 3 ถังอนุบาล ปริมาตร 250 ลิตร	1,000	0.74	1	0.74
OH 4 ถังกรองกายภาพ ปริมาตร 80 ลิตร	780	0.58	1	0.58
OH 5 ถังพักน้ำที่มีพีชน้ำ เป็นวัสดุกรอง	790	0.59	3	1.77
OH 6 ซิลิโคนพร้อมที่ยิง ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (กระบอก)	139	-	1	139
OH 7 ท่อตรงพีวีซีขนาด 1.5 นิ้ว (เมตร)	28.50	0.03	0.33	0.01
OH 8 ท่อตรงพีวีซีขนาด 2 นิ้ว (เมตร)	45	0.04	0.45	0.02
OH 9 ท่อตรงพีวีซีขนาด 3 นิ้ว (เมตร)	98.75	0.10	0.30	0.03
OH 10 ท่อตรงพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว (เมตร)	10.50	0.01	0.8	0.01
OH 11 ท่อตรงพีวีซีขนาด 1 นิ้ว (เมตร)	17.50	0.02	1.15	0.02
OH 12 ข้อต่อลดขนาด 40x18 มิลลิเมตร	10.85	0.01	1	0.01
OH 13 ข้อต่อเกลียวใน ขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	2.81	0.003	1	0.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวนเวลาหรับการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (ต่อ)

ต้นทุนในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ต่อ)				
ต้นทุนวัสดุดิบ	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคา ต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.3 ต้นทุนอื่นๆ (OH) (ต่อ)				
OH 14 ข้อต่อเกลียวใน ขนาด 1 นิ้ว (ตัว)	12.10	0.01	1	0.01
OH 15 ข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	2.60	0.002	1	0.002
OH 16 ข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 1 นิ้ว (ตัว)	5.50	0.01	3	0.02
OH 17 วาล์วพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	12	0.01	1	0.01
OH 18 วาล์วพีวีซีขนาด 1 นิ้ว (ตัว)	30	0.03	2	0.06
OH 19 ข้อต่อ 90 องศา ขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	3.50	0.003	3	0.01
OH 20 ข้อต่อ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว (ตัว)	12.50	0.01	1	0.01
OH 21 ฝาครอบท่อพีวีซี ขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	2.81	0.003	1	0.03
OH 22 ยางในมอเตอร์ไซค์ ใช้แล้วขนาด 0.5 มิลลิเมตร (แผ่น)	1	0.004	1	0.004
OH 23 ตะแกรงพีวีซี วงกลมขนาด 0.05 ตารางเมตร (แผ่น)	1.40	0.01	1	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (ต่อ)

ต้นทุนในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ต่อ)				
ต้นทุนวัสดุดิบ	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคา ต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.3 ต้นทุนอื่นๆ (OH)				
(ต่อ)				
OH 24 ตะแกรงพีวีซี ขนาด 0.77 ตาราง เมตร แผ่น)	46	0.17	2	0.34
OH 25 เครื่องสูบน้ำใต้น้ำ (ตัว)	165	0.31	1	0.31
OH 26 หัวทราย (ตัว)	4	-	5	20
OH 27 วาล์วพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว (ตัว)	12	0.01	1	0.01
OH 28 วาล์วพีวีซีขนาด 1 นิ้ว (ตัว)	30	0.03	2	0.06
OH 29 ท่อเชื่อมสายสี เขียว (ตัว)	0.90	-	5	4.50
OH 30 วาล์วปรับแรงดัน ลมสีเขียว (ตัว)	3	-	5	15
OH 31 สายยางใสขนาด 4 มิลลิเมตร 40 เมตร	7.50	0.03	2	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ต้นทุนระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศแบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้เส้นใยพลาสติก
สังเคราะห์ และพีชน้ำเป็นวัสดุกรอง (ต่อ)

ต้นทุนในระบบอนุบาลลูกปลานิลแปลงเพศ (ต่อ)				
ต้นทุนวัสดุดิบ	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)	ค่าเสื่อมราคา ต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
1.3 ต้นทุนอื่นๆ (OH) (ต่อ)				
OH 32 ท่อสายอ่อนขนาด 0.6 นิ้ว 2 เมตร	25.96	0.02	2	0.04
OH 33 วัสดุกรอง สังเคราะห์ขนาด 0.15 ตารางเมตร (ม้วน)	60	-	1	60
รวม				271.86
รวมทั้งหมด				467.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย กษิตศ คันธเสน
วัน เดือน ปีเกิด	5 พฤศจิกายน 2536 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	90/6 หมู่ 6 หมู่บ้านปาริชาติ ถ. 345 ตำบล บางคูวัด อำเภอ เมือง จังหวัด ปทุมธานี 12000 โทร. 087-507-0314
ประวัติการศึกษา	2559 วิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมง ภาควิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้