รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) เพื่อบำบัดน้ำเสีย จากระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ

Using of Burhead (*Echinodorus cordifolius*) for Wastewater Treatment in Sex Reverse Hybrid Red Tilapia

โดย

นางอานุช คีรีรัฐนิคม

นายสุภฎา คีรีรัฐนิคม

นายกฤษณะ เรืองคล้าย

นายพันธสิทธิ์ โชคสวัสดิกร

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย

จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยทักษิณ

สัญญาเลขที่ R01-2557A10502057

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) เพื่อบำบัดน้ำเสีย จากระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ

Using of Burhead (*Echinodorus cordifolius*) for Wastewater Treatment in Sex Reverse Hybrid Red Tilapia

โดย

นางอานุช คีรีรัฐนิคม

นายสุภฎา คีรีรัฐนิคม

นายกฤษณะ เรืองคล้าย

นายพันธสิทธิ์ โชคสวัสดิกร

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย

จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยทักษิณ

คำรับรองคุณภาพ

รายงานวิจัยเรื่อง การใช้อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) เพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ

ผู้วิจัย **อานุช คีรีรัฐนิคม และคณะ**

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอรับรองว่ารายงานวิจัยฉบับนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว มีความเห็นว่าผลงานวิจัยฉบับนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์

- ☐ ดีมาก
- ☒ ดี
- ☐ ปานกลาง
- ☐ พอใช้
- ☐ ต่ำ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพันธุ์ เขมคุณาศัย)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

10 สิงหาคม 2558

คำนำ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือ และอำนวยการในการขอรับงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง รวมทั้งศิษย์เก่า และศิษย์ปัจจุบัน ที่ต่างให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง ยังผลให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2558

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกันโดย นำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงเติมลงในถังทดลองที่ปลูกต้นอะเมซอนใบกลม จำนวน 4, 8 และ 12 ต้นต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร (200 กรัม, 400 กรัม และ 600 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร) เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีพืช ผลการทดลองพบว่าสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ส่วนไนเตรทลดลงได้ในสัปดาห์ที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียในชุดการทดลองที่มีพืช 4-12 ต้นต่อ 50 ลิตร ในสัปดาห์ที่ 6 มีค่า 86.42- 93.97 % ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทมีค่าสูงเฉพาะในชุดทดลองที่ใช้พืช 8-12 ต้นต่อ 50 ลิตร (86.80-89.36 %) เมื่อนำระบบการทดลองที่ใช้พืช 8 ต้นต่อ 50 ลิตร มาศึกษาศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน ในช่วง 10-200 % ต่อวัน พบว่าปริมาณแอมโนเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทมีค่าลดลงและไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ($P>0.05$) นอกจากนี้ในทุกอัตราการไหลยังมีผลให้ค่าประสิทธิ ภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการไหลที่ 10 % ต่อวัน มีผลให้มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลมต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ปรากฏการณ์นี้จะเป็นผลดี เพราะพืชจะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่า ทำให้ลดการจัดการระบบลงได้เมื่อเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิดในน้ำนิ่ง พบว่าการใช้ต้นอะเมซอน 6 ต้นต่อ 500 ลิตร (300 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 500 ลิตร) สามารถลดแอมโมเนียให้มีปริมาณน้อยกว่าชุดทดลองอื่นๆ ในสัปดาห์ที่ 8 โดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย 52.69 % ส่วนไนเตรทกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับความหนาแน่นของพืชในระบบ

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา, อะเมซอนใบกลม

Abstract

Study on nitrogen removal efficiency in the constructed wetland using Burhead (*Echinodorus cordifolius*) for wastewater treatment of Red tilapia aquaculture pond. Effluent from fish pond were transferred to the constructed wetland with 4, 8 and 12 plant/50 liters (200, 400 and 600 g wet weigh/ 50 liters) compared to control without plant. Result found that ammonia and nitrite were reduced within 2 week of the experiment, nitrate reduced in 4 week. The ammonia removal efficiency in treatment with 4-12 plant/50 liters on week6 were 86.42-93.97 %. High nitrate reduction efficiency found in treatments with 8-12 plant/50 liters (86.80-89.36%). The system with 8 plant/50 liters was subjected to study on the nitrogen removal efficiency in the recirculation aquaculture system with different flow rate between 10-200% per day. Concentration of ammonia, nitrite and nitrate were not significantly different among treatment ($P>0.05$). Ammonia nitrite and nitrate removal efficiency were not statistical different ($P>0.05$). However biomass of Burhead in the treatment with 10% flow rate was lower than other, this phenomenon is an advantage for reduced the system management compare to other treatments. In the study on application of Burhead for nitrogen removal in Red tilapia aquaculture pond, the results on week 8 found the lowering of ammonia in the system with 6 plant/500 liters (300 g biomass/500 liters) with the 52.69 % of ammonia removal efficiency, however the concentration of nitrate increase with the increasing of plant in the system.

Keywords : Treatment for fish pond effluent, Burhead (*Echinodorus cordifolius*)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
สารบัญ	**ค**
สารบัญตาราง	**จ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	**3**
2.1 ปลานิล และปลานิลแดง	3
2.2 อะเมซอนใบกลม	3
2.3 การใช้พืชบำบัดของเสียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	**8**
3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกัน	8
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน โดยใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัด	10
3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิด	11
บทที่ 4 ผลการศึกษา	**14**
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกัน	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน โดยใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัด 18

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิด 22

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา **27**

5.1 สรุปและวิจารณ์ 27

เอกสารอ้างอิง **32**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	15
2	ปริมาณไนไตรท์ (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	16
3	ปริมาณไนเตรท (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	16
4	ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	16
5	ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	17
6	ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%)ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ	17
7	มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม	17
8	ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน	19
9	ปริมาณไนไตรท์ (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน	19
10	ปริมาณไนเตรท (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน	20
11	ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหล	20
12	ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน	21
13	ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน	21
14	มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม	22

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	23
16	ปริมาณไนไตร์ท (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	23
17	ปริมาณไนเตรท (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	24
18	ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	24
19	ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	25
20	ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิดที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	25
21	น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลแดง ในระบบการเลี้ยงแบบปิดที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	26
22	มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม	26

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างกว้างขวางเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการอาหารของประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น ถือเป็นสินค้าส่งออกที่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถเพิ่มรายได้ให้กับระบบเศรษฐกิจของประเทศ แต่ในกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกกรณีจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต รวมทั้งความต้องการแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำที่ดี ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต สุขภาพการดำรงชีพ การสืบพันธุ์และแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำด้วยการพัฒนาระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูง อาจก่อให้เกิดปัญหาการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบางประการ โดยเฉพาะการใช้อาหารในปริมาณมากเกินความต้องการของสัตว์น้ำทำให้เกิดการตกค้างของสารอินทรีย์และของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งหลังการเพาะเลี้ยง ซึ่งนอกจากจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงเองแล้ว ของเสียไนโตรเจนยังถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดก็จะเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ปลาในธรรมชาติสามารถทนทานต่อแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำได้ไม่เกิน 1.0-1.2 ppm และไนไตรท์ไม่เกิน 1.0 ppm (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) หากมีปริมาณมากกว่านี้จะมีผลเสียต่อปลาในธรรมชาติโดยตรง ด้วยเหตุผลดังกล่าวการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อนปล่อยทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียน (Recirculation aquaculture system) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ เช่นการใช้ระบบบำบัดแบบบ่อดักไขมัน (Grease trap) ระบบบำบัดแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) หรือระบบกรองชีวภาพแบบหมุนเวียน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ในการเลือกใช้ และการออกแบบระบบมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ สภาพพื้นที่ ประสิทธิภาพของระบบที่เลือก ความยากง่ายในการเดินระบบและการดูแลรักษา รวมทั้งงบประมาณที่ใช้ ระบบบำบัดที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนด้วยไนโตรเจน คือ ระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ซึ่งใช้พืชในการช่วยบำบัดเนื่องจากพืชจะสามารถนำไนโตรเจนในน้ำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) พืชที่ใช้ในการบำบัดควรเป็นพืชที่สามารถหาได้ในพื้นที่และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง การศึกษานี้เลือกใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย แบบบึงประดิษฐ์ และแบบกรองชีวภาพหมุนเวียนโดยใช้อะเมซอนใบกลม *(Echinodorus cordifolius)* ซึ่งเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการดูดซับของเสียไนโตรเจนอนินทรีย์ มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเนื่องจากเป็นพืชที่นิยมปลูกเป็นไม้ประดับในการจัดสวนนานาชาติ ตลอดจนมีการเจริญเติบโตได้ง่ายในเขตร้อน โดยมุ่งเน้นศึกษาในด้านประสิทธิภาพการลด

ของเสียไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ด้วยอะเมซอนใบกลมในความหนาแน่นต่างกันในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ และอัตราการไหลที่เหมาะสมของระบบกรองชีวภาพในการบำบัดของเสียไนโตรเจนด้วยอะเมซอนใบกลม

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศแบบระบบปิด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยดำเนินการเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของต้นอะเมซอนใบกลม ในการลดของเสียไนโตรเจน ได้แก่แอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรทในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา ทั้งในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ และระบบกรองชีวภาพหมุนเวียน และการเลี้ยงปลาในระบบปิดที่ไม่มีการถ่ายเทน้ำ โดยจัดทำและดำเนินการระบบบำบัดรูปแบบต่างๆ ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ปลานิล และปลานิลแดง

ปลานิล (*Oreochromis nilotica*) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจในตระกูล Cichlidae มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกา ปลาชนิดนี้เลี้ยงง่ายและเติบโตเร็ว จึงนิยมเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั่วโลก ปลานิล มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน มีเกล็ด 4 แถวตรงบริเวณแก้ม และจะมีลายพาดขวางลำตัวประมาณ 9-10 แถบ มีนิสัยชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และทะเลสาบ สามารถปรับปรุงตัวให้เข้ากับธรรมชาติได้ง่าย (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา, ม.ป.ป.) ส่วนปลานิลแดง เป็นปลาลูกผสมระหว่างปลานิล กับปลาหมอเทศ (*Oreochromis nilotica* X *Oreochromis mossambicus*) ซึ่งพัฒนาสายพันธุ์ให้มีผิวหนัง และผนังช่องท้องเป็นสีอ่อน หรือสีขาว เพื่อให้เหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภค และมีความทนทานต่อสภาพน้ำกร่อยมากขึ้น ทั้งปลานิลและปลานิลแดงเป็นปลาที่ตลาดผู้บริโภคมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากจำนวนประชากรมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงส่งผลต่อแนวโน้มการเลี้ยงปลาชนิดนี้ให้มากขึ้น ในปัจจุบันปลานิลสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแล่เนื้อ ตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, ม.ป.ป.) ปัจจุบันปริมาณการเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงประมาณ 200,000 ตัน มูลค่าประมาณ 7,900 ล้านบาท โดยปริมาณการเลี้ยงคิดเป็น 30.0% ของปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั้งหมดของไทย ส่วนมูลค่าของปลานิลนั้นคิดเป็น 20.0% ของมูลค่าการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั้งหมดของไทย ซึ่งการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงของไทย 81.9% เป็นการเลี้ยงในบ่อ ส่วนที่เหลือนั้นเลี้ยงในกระชัง นาข้าวและร่องสวน ผลผลิตปลานิล 70.0% ของปริมาณการผลิตปลานิลและปลานิลแดงทั้งหมดบริโภคภายในประเทศโดยแยกเป็นการบริโภคสด 81.0% ในการแปรรูปทำเค็ม และตากแห้ง 8.0% นึ่งหรือย่าง 7.0% และที่เหลือ 4.0% เป็นการบริโภคในรูปอื่นๆตลาดส่งออกปลานิลมุ่งขยายตลาดสหรัฐฯและสหภาพยุโรป โรงงานห้องเย็นรับซื้อปลานิลและปลานิลแดงขนาด 400 กรัมขึ้นไป เพื่อแช่แข็งส่งออกทั้งตัวและรับซื้อปลาขนาด 100-400 กรัมเพื่อแล่เฉพาะเนื้อแช่แข็ง หรือนำไปแปรรูปเพื่อส่งออกต่อไป

2.2 อะเมซอนใบกลม

อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) และมีชื่อสามัญ คือ Burhead, Texas Mud Baby อยู่ในวงศ์ ALISMATACEAEเป็นพืชน้ำล้มลุกที่มีอายุหลายปี ลำต้นเป็นเหง้าสั้นๆ อยู่ใต้ดิน ลำต้นเหนือดินเป็นกอ สูง 30-60 เซนติเมตร ใบเดี่ยวแตกเป็นกอ ใบรูปไข่ถึงรูปหัวใจ กว้าง 8-20 เซนติเมตร ยาว 10-20 เซนติเมตร โคนใบหยักเว้า ปลายใบแหลมหรือมน ขอบใบเรียบ สีเขียว ก้านใบและก้านดอกเป็นเหลี่ยม

ยาว 40-50 เซนติเมตร โคนก้านใบแผ่กว้างหุ้มประกบกันไว้ ดอกช่อสีขาว ก้านช่อดอกยาว ดอกย่อยจำนวนมากออกเป็นคู่ มีใบประดับสีเขียวรองรับ ดอกสมบูรณ์เพศ แต่ละช่อย่อยมี 5-15 ดอก กลีบเลี้ยงสีเขียวขนาดเล็ก 3 กลีบ กลีบดอกใหญ่บาง 3 กลีบ เกสรเพศผู้จำนวนมากสีเหลืองสด เกสรเพศเมียภายในมีรังไข่เป็นกลุ่มบนฐานรอง ดอกเดียวกันผลแห้งรูปทรงกลม ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แต่ละผลย่อยมีเมล็ดเพียง 1 เมล็ด พบกระจายพันธุ์ในดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุสูง เจริญได้ดีที่ระดับน้ำ 10 - 50 เซนติเมตร มีแสงครึ่งวัน - เต็มวัน ปักชำต้นอ่อน ที่แตกจากช่อดอกหรือแยกกอ ทั้งนี้นิยมใช้ปลูกเป็นไม้ประดับในการจัดสวนเขตร้อนในหลายประเทศ (เอื้อมพร วีสมหมาย, ม.ป.ป.)

2.3 การใช้พืชบำบัดของเสียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเลี้ยงปลาแบบพัฒนาจำเป็นต้องให้อาหารปลาอย่างเต็มที่เพื่อเร่งผลผลิตให้ได้มากที่สุด อาหารปลาที่เหลือตกค้างและของเสียจากการขับถ่ายของปลาย่อมมีมากตามปริมาณอาหารปลาที่ใช้สารอินทรีย์ในอาหารปลาอาจทำให้ความต้องการออกซิเจนมีมากจนกระทั่งทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมาได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และสารอาหารต่างๆ ล้วนช่วยการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน แอมโมเนียอาจเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ซึ่งเป็นพิษอย่างมากต่อปลา คาร์บอนไดออกไซด์ทำให้พีเอชต่ำและรบกวนการหายใจของปลา ดังนั้นการเพิ่มอาหารปลาจะทำให้แพลงก์ตอนและสารพิษต่างๆ ในบ่อเพิ่มมากขึ้น (มลวิภา ลือชัย, 2540) ผกามาศ ออมสิน, ภาคสกร รักกลัด และ ยุพิน พูนดี (2548) ได้ทำการศึกษาถึงการจัดการคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงโดยระบบหมุนเวียนน้ำผ่านบึงประดิษฐ์ โดยการใช้พืช 3 ชนิดในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงโดยระบบหมุนเวียนน้ำ พืชที่ใช้ในการทดลองคือ ธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) กกอียิปต์ (*Cyperus papyrus*) และอะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) โดยทำการปลูกพืชลงในแปลงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1 เมตร ความลาดชัน 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 แปลง แต่ละแปลงจะใส่ดินผสมทรายในอัตราส่วน 3:1 ความสูง 0.5 เมตรจากก้นแปลง โดยปลูกพืชในแปลงทดลองที่ระยะปลูก 25×25 เซนติเมตร หรือที่ความหนาแน่น 11 ต้นต่อตารางเมตร โดยปลูกพืชแปลงละ 1 ชนิด ชนิดละ 2 แปลง โดยทำการเก็บน้ำตัวอย่างน้ำที่ออกจากบ่อปลาก่อนการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ และเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ที่ระยะกักพัก 5 วัน ก่อนการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดนี้เข้าสู่บ่อเลี้ยงปลาโดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ สัปดาห์เป็นเวลา 2 เดือน และผลการศึกษาพบว่า การบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงด้วยพืช 3 ชนิด ในระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า ค่าความเข้มข้นของมลสารในน้ำที่ผ่านการบำบัดและประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งได้แก่ บีโอดี ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.62-6.52, 1.26-1.63, 0.014-0.031, 0.017-0.018, 0.008-0.011, 0.020-0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.5-20.4, 22.4-43.8, 49.8-64.8, 17.03-17.98, 41.3-46.5, และ54.7-55.8 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ปริมาณความ เข้มข้นของมลสารในน้ำที่ผ่านการบำบัด และประสิทธิภาพการบำบัดในแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำของพืชแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งกกอียิปต์สามารถบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และออร์โธฟอสเฟตได้ดี อะเมซอนใบกลมสามารถบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ดี และธูปฤาษีสามารถบำบัดไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจนได้ดี จากงานวิจัยข้างต้นเป็นการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงซึ่งใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดโดยใช้พืช 3 ชนิดคือ ธูปฤาษี กกอียิปต์และอะเมซอนใบกลม ซึ่งเป็นงานวิจัยที่สอดคล้องกับงานวิจัยของนุชนาฎ แสงกล้า (2552) ที่ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงเรียนด้วยพืช 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์ โดยพืชที่ใช้ในการศึกษา 3 ชนิดคือ กกสามเหลี่ยม (*Actinoscirpus grossus*) อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) และตาลปัตรฤาษี (*Limnocharis flava*) โดยทำการศึกษาถึงระยะปลูกที่เหมาะสมของพืชในการบำบัดน้ำเสียและศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพืชในระบบบึงประดิษฐ์โดยในการทดลองชุดแรกทำการปลูกพืชแต่ละชนิดลงดิน (อัตราส่วนดินต่อทราย = 3:1)ระยะปลูก 20×20 30×30 40×40 เซนติเมตร ในบ่อบำบัดขนาดเล็ก (บ่อซีเมนต์ทรงกลมปริมาตร 3.5 ลูกบาศก์เมตร) ปล่อยน้ำทิ้งของโรงเรียนที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อนแล้วเข้าระบบแบบขัง 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด ที่ระยะปลูก 20×20 เซนติเมตร สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด และการทดลองชุดที่สองทำการบำบัดน้ำทิ้งของโรงเรียนที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อนแล้วในบ่อขนาดใหญ่ 4 บ่อ (บ่อซีเมนต์ขนาด 3.2 ตารางเมตร ลึก 0.8 เมตร) บ่อที่ 1 เป็นบ่อควบคุม (ไม่ปลูกพืช) บ่อที่ 2ถึง4ปลูกกกสามเหลี่ยม อะเมซอน และตาลปัตรฤาษีตามลำดับโดยปลูกที่ระยะปลูก 20×20 เซนติเมตรแล้วปล่อยน้ำทิ้งขั้นที่ 2 ปริมาตร 960 ลิตรต่อสัปดาห์ เข้าสู่ระบบแบบขัง 5 วันสลับแห้ง 2 วัน ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าในสัปดาห์ที่ 3-8 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยกกสามเหลี่ยม อะเมซอนใบกลม และตาลปัตรฤาษี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำสูง วัดได้ค่า BOD เฉลี่ยร้อยละ 94.69 95.31และ95.28 ตามลำดับ TS วัดได้เฉลี่ยร้อยละ 78.09 85.52 และ89.64 ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทวัดได้เฉลี่ย ร้อยละ 86.26 80.43 และ54.35 ตามลำดับ ปริมาณไขมันวัดได้เฉลี่ยร้อยละ 69.19 58.92 และ74.0 ตามลำดับ แสดงว่าพืชทั้ง 3 ชนิดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโรงเรียนได้จากงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวมาทั้ง 2 งานวิจัยจะสังเกตได้ว่าจะมีลักษณะการทดลองโดยใช้พืชในการบำบัดโดยวิธีที่คล้ายๆ กัน แต่ต่างจากงานวิจัยของ พัฒนพงษ์ ฟองเพชร, จิดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และ เชาวยุทธ พรพิมลเทพ (2552) ที่ทำการศึกษาโดยใช้พืชที่มีลักษณะแตกต่างจากพืชที่งานวิจัยทั้งสองงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นและวิธีการที่ใช้ในการทดลองก็แตกต่างกัน คือ พัฒนพงษ์ ฟองเพชร, จิดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และเชาวยุทธ พรพิมลเทพ (2552) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์ แบบการไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง การศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดินเป็นการวิจัยภายใต้สภาวการณ์ธรรมชาติโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดค่า BOD, SS และ

TKN และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดนำมาผ่านการดักไขมันและตกตะกอนก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน โดยตัวกลางที่ใช้ได้แก่ตัวกลางทรายปนหิน โดยแบ่งการทดลองเป็น3 ถัง ถังแรกเป็นถังควบคุม ถังที่ 2 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 10 ต้น/ตารางเมตร และถังที่ 3 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 20 ต้น/ตารางเมตร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Kruskal-Wallis k-Sample Test ผลการวิจัยพบว่า ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกันสามารถกำจัดค่า BOD, SS ไม่แตกต่างกัน แต่ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น สามารถกำจัดค่า TKN ได้ดีกว่าถังที่มีความหนาแน่นพุทธรักษา 10 ต้นและถังควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น/ตารางเมตร สามารถกำจัดค่า BOD, SS และ TKNได้สูงสุด 90.7%, 98.5%, 99.0% ตามลำดับ และถังที่ปลูกพุทธรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ในการทดลอง โดยมีความสูงเฉลี่ยก่อนการทดลอง 50-60 เซนติเมตร และหลังการทดลอง 150-165 เซนติเมตร สำหรับจำนวนใบ เมื่อเริ่มต้นมีจำนวนใบประมาณ 3-4 ใบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนใบประมาณ 6-8 ใบ โดยหน่วยการทดลองที่มีต้นพุทธรักษามีการเจริญโตไม่แตกต่างกัน

Lin, Jing, Lee and Wang (2001) ได้ศึกษาการกำจัดธาตุอาหารในน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งใช้ระบบบึงประดิษฐ์ 2 แบบคือ น้ำไหลบนผิวหน้าของระบบบำบัด (FWS) และน้ำไหลใต้ชั้นกรองของระบบบำบัด (SSF) โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 เดือน น้ำที่ใช้เป็นน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา บ่อที่ศึกษาเป็นบ่อดินรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติก ขนาดของบ่อคือ 5×1×0.8 เมตร (ยาว×กว้าง×สูง) พืชที่ใช้ในการบำบัดคือผักบุ้งและหญ้านมหนอน จากการศึกษาทำให้ทราบว่าระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ถึง 95-98% และฟอสฟอรัส 32-71% ระบบบำบัดแบบ FWS โดยใช้ผักบุ้งและหญ้านมหนอน สามารถกำจัดสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้ดีที่สุด ส่วนแอมโมเนียและไนไตรท์สามารถย่อยสลายและหายไปโดยวัฏจักรภายในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบเองด้วย ซึ่งเป็นงานวิจัยที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Summerfelf, Adler, Glenn and Kretschmann (1998) ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดกากตะกอนจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้บ่อบึงประดิษฐ์ เป็นการศึกษาหาวิธีที่ใช้ในการบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งระบบบำบัดที่ใช้เป็นระบบแบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ดินในแนวดิ่ง (Vertical flow wetland) และระบบแบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ดินในแนวราบ (Horizontal flow wetland cell) ใช้แบบจำลองขนาดเท่ากันคือ 3.7×1.2×0.8 เมตร (ยาว ×กว้าง × สูง) ช่วงเวลาที่ทำการทดลองคือ พฤษภาคม 1995 ถึง กุมภาพันธ์ 1996 ผลการทดลองพบว่าแนวการไหลของระบบแบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลในแนวดิ่ง (Vertical flow wetland) และระบบแบบบึงประดิษฐ์ที่น้ำไหลใต้ดินในแนวราบ (horizontal flow wetland cell) สามารถกำจัดค่าปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS) คือ 98% และ96% ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการออกซิเดชั่นสารอินทรีย์ในน้ำให้

กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (Chemical Oxygen Demand: COD)เท่ากับ 91% และ72% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldhal Nitrogen: TKN)เท่ากับ 82% และ93% ตามลำดับ ตะกอนที่ผ่านการบำบัดมีค่าสารอินทรีย์ระเหยได้อยู่ที่ 50%

นอกจากนี้ Sriprapata, Kullavanijayab, Techkarnjanarukc and Thiravetyan (2011) ได้รายงานว่า อะเมซอนใบกลม (*Echinodorus cordifolius*) เป็นพืชที่สามารถบำบัด และลดปริมาณสารพิษในน้ำได้ดี โดยมีความทนทานต่อ Diethylene glycol ในน้ำได้มาก และยังมีประสิทธิภาพการลดปริมาณ Diethylene glycol และ COD ในน้ำลงได้มากถึง 95 %

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกัน

การออกแบบชุดทดลองบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completed randomized design, CRD) 4 **ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ** 3 ซ้ำ เตรียมระบบการทดลองโดยใช้ถังพลาสติกขนาดกว้าง 30 ยาว 60 สูง 30 เซนติเมตร จำนวน 21 ถัง ต่อเข้ากับถังรวมน้ำซึ่งออกมาจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ ขนาด 2 ตารางเมตร ที่เลี้ยงปลาระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 100ตัว/ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง นำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเติมลงในถังทดลองแต่ละใบจนเต็ม แล้วพักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยในถังทดลองแต่ละใบปลูกต้นอะเมซอนใบกลมโดยใช้กรวดล้างสะอาดเป็นวัสดุยึดเกาะในกระถาง จำนวน 4, 8 และ 12 ต้นต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร (200 กรัม, 400 กรัม และ 600 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร) เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีพืช เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยระบายน้ำที่บำบัดแล้วออกจนหมด และเติมน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศลงในระบบใหม่ทุกครั้ง โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ระหว่างทดลองมีการเก็บใบพืชที่เหี่ยวเฉาออกเพื่อควบคุมการย่อยสลายในระบบทดลอง

การตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศด้วยต้นอะเมซอนใบกลม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรจากแต่ละถังในชุดทดลองและจากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ทุก 7 วัน โดยวิเคราะห์แอมโมเนีย และไนไตรท์ในน้ำด้วยวิธีการตาม Boyd and Tucker (1992) และวิเคราะห์ไนเตรท โดยวิธี Phenoldisulfonic acid (Badiadka and Kenchaiah, 2009) ตรวจสอบมวลชีวภาพ(Biomass)ของพืชในระบบบำบัด โดยนำต้นพืชทั้งก่อน และหลังการทดลองมาทำความสะอาดตัดย่อยให้เป็นชิ้นละเอียดแล้วนำไปอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 48-72 ชั่วโมง) ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและคำนวณมวลชีวภาพของต้นพืชในแต่ละชุดการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการศึกษา

คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของชุดทดลองในด้านปริมาณของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท โดยสมการ

ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย (%)

$$= \frac{(\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{แอมโมเนียในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนไตรท์ (%)

$$= \frac{(\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนไตรท์ ในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรท (%)

$$= \frac{(\text{ไนเตรทในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนเตรทในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนเตรท ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโต (%) ของต้นอะเมซอนใบกลมโดยใช้สมการ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{\text{มวลชีวภาพหลังการบำบัด} - \text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}}{\text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยแบบ (One way analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย (Ducan Multiple range test)

3.2 การทดลองที่ 2ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน โดยใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัด

การออกแบบชุดทดลองบำบัดน้ำเสียแบบกรองชีวภาพหมุนเวียน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completed randomized design, CRD) 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ เตรียมระบบการทดลองโดยเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศระยะปลานิ้วในระบบที่ประกอบด้วย บ่อพลาสติกขนาด 1 ตารางเมตร เชื่อมต่อกับระบบบำบัดซึ่งใช้ถังพลาสติกขนาดกว้าง 30 ยาว 60 สูง 30 เซนติเมตร ปลูกต้นอะเมซอนใบกลมในระดับความหนาแน่นที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 10ตัว/ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง นำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาไหลลงในถังบำบัดแต่ละใบในอัตราการไหล10% 50% 100% และ 200% ต่อบ่อต่อวันเปิดระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนดังกล่าวตลอดเวลา และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศด้วยต้นอะเมซอนใบกลม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรจากแต่ละถังในชุดทดลองเพื่อวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท โดยวิเคราะห์แอมโมเนีย และไนไตรท์ในน้ำด้วยวิธีการตาม Boyd and Tucker (1992) และวิเคราะห์ไนเตรท โดยวิธี Phenoldisulfonic acid (Badiadka and Kenchaiah, 2009) ตรวจสอบมวลชีวภาพ(Biomass)ของพืชในระบบบำบัด โดยนำต้นพืชทั้งก่อนและหลังการทดลองมาทำความสะอาดตัดย่อยให้เป็นชิ้นละเอียดแล้วนำไปอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 48-72 ชั่วโมง) ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและคำนวณมวลชีวภาพของต้นพืชในแต่ละชุดการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการศึกษา

คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของชุดทดลองในด้านปริมาณของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท โดยสมการ

ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย (%)

$$= \frac{(\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{แอมโมเนียในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนไตรท์ (%)

$$= \frac{(\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนไตรท์ ในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรท (%)

$$= \frac{(\text{ไนเตรทในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนเตรทในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนเตรท ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโต (%) ของต้นอะเมซอนใบกลมโดยใช้สมการ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{\text{มวลชีวภาพหลังการบำบัด} - \text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}}{\text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยแบบ (One way analysis of variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย (Ducan Multiple range test ; DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SPSS version 17 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิด

การออกแบบชุดทดลองบำบัดน้ำเสียแบบระบบปิด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completed randomized design, CRD) 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ เตรียมระบบการทดลองโดยใช้บ่อคอนกรีต ขนาด 1 ตารางเมตร จำนวน 12 บ่อ เลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง โดยในบ่อทดลองแต่ละบ่อปลูกต้นอะเมซอนใบกลมจำนวน 0, 2, 4และ 6ต้นต่อปริมาตรน้ำ 500 ลิตร (0, 100, 200 และ 300 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 500 ลิตร) ตามลำดับ เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศด้วยต้นอะเมซอนใบกลม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ1,000 มิลลิลิตรจากแต่ละบ่อในชุดทดลอง และจากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ทุก 7 วันโดยวิเคราะห์แอมโมเนีย และไนไตรท์ในน้ำด้วยวิธีการตาม Boyd and Tucker (1992) และวิเคราะห์ไนเตรท โดยวิธี Phenoldisulfonic acid (Badiadka and Kenchaiah, 2009) ตรวจสอบมวลชีวภาพ(Biomass)ของพืชในระบบบำบัด โดยนำต้นพืชทั้งก่อนและหลังการทดลองมาทำความสะอาดตัดย่อยให้เป็นชิ้นละเอียดแล้วนำไปอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 48-72 ชั่วโมง) ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและคำนวณมวลชีวภาพของต้นพืชในแต่ละชุดการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการศึกษา

คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของชุดทดลองในด้านปริมาณของแอมโมเนียไนไตรท์และไนเตรท โดยสมการ

ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย (%)

$$= \frac{(\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{แอมโมเนียในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{แอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนไตรท์ (%)

$$= \frac{(\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนไตรท์ ในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนไตรท์ ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรท (%)

$$= \frac{(\text{ไนเตรทในน้ำก่อนการบำบัด} - \text{ไนเตรทในน้ำหลังการบำบัด})}{\text{ไนเตรท ในน้ำก่อนการบำบัด}} \times 100$$

ตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโต (%) ของต้นอะเมซอนใบกลมโดยใช้สมการ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{\text{มวลชีวภาพหลังการบำบัด} - \text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}}{\text{มวลชีวภาพก่อนการบำบัด}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยแบบ (One way analysis of variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย (Duncan Multiple range test ; DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SPSS version 17 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกัน

เตรียมระบบการทดลองโดยใช้ถังพลาสติกขนาดกว้าง 30 ยาว 60 สูง 30 เซนติเมตร จำนวน 21 ถัง ต่อเข้ากับถังรวมน้ำซึ่งออกมาจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ ขนาด 2 ตารางเมตร ที่เลี้ยงปลาระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 100 ตัว/ ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง นำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเติมลงในถังทดลองแต่ละใบจนเต็ม แล้วพักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยในถังทดลองแต่ละใบปลูกต้นอะเมซอนใบกลมโดยใช้กรวดล้างสะอาดเป็นวัสดุยึดเกาะในกระถาง จำนวน 4, 8 และ 12 ต้นต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร (200 กรัม, 400 กรัม และ 600 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตร) เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีพืช เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยระบายน้ำที่บำบัดแล้วออกจนหมด และเติมน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศลงในระบบใหม่ทุกครั้ง โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.07±0.05-4.05±0.01 mg-N/l และปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.02±0.01-2.29±0.10 mg-N/l ทั้งนี้ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 6 ของการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองความคุม ในสัปดาห์ที่ 1 และ6 ปริมาณแอมโมเนียลดลงในเฉพาะชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นของพืช 8 และ12 ต้น/50 ลิตร แต่ในสัปดาห์ที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียลดลงในทุกช่วงความหนาแน่นของพืช โดยปริมาณแอมโมเนียในน้ำหลังการบำบัดจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00-0.24±0.29 mg-N/l และต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)(ตารางที่ 1) ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจวัดได้ในน้ำก่อนการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.05±0.01-0.09±0.01 mg-N/l และปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.00-0.10±0.01 mg-N/l ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณไนไตรท์ได้ ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 6 และ 7 ของการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองความคุมปริมาณไนไตรท์ลดลงในทุกช่วงความหนาแน่นของพืชโดยปริมาณไนไตรท์ในน้ำหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.00-0.05±0.05 mg-N/l (ตารางที่ 2) ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในน้ำก่อนการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.01-0.34±0.01 mg-N/l และปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.03±0.00-0.22±0.01 mg-N/l ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยปริมาณไนเตรทลดลงในทุกช่วงความหนาแน่นของพืชและจะลดลงตามระดับความหนาแน่นของพืชที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบ

กับชุดการทดลองความคุม โดยปริมาณไนเตรทในน้ำหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.01-0.08±0.02 mg-N/l ซึ่งปริมาณไนเตรทลดลงต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3)

ต้นอะเมซอนใบกลมมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียที่สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ6 ในทุกช่วงความหนาแน่นของพืช โดยค่าประสิทธิภาพของชุดการทดลองควบคุมอยู่ใน 43.56%-99.41% และประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของระบบบำบัดที่มีต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 79.92%-99.83% และมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ของระบบบำบัดที่มีต้นอะเมซอนมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 6และ7 ในทุกช่วงความหนาแน่นของพืช โดยค่าประสิทธิภาพของชุดการทดลองควบคุมอยู่ใน -1913.74%-93.09% และประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ของระบบบำบัดที่มีต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 47.81%-99.98% ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท ของระบบบำบัดที่มีต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลองในทุกช่วงความหนาแน่นของพืช โดยค่าประสิทธิภาพของชุดการทดลองควบคุมอยู่ใน -206.77%-34.60% และประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทของระบบบำบัดที่มีต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง -238.31%-89.36% ต้นอะเมซอนใบกลมมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระดับความหนาแน่นของพืชที่เพิ่มสูงขึ้น และมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทที่สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4-6)

ตารางที่ 1 ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
น้ำก่อนนำมาบำบัด	0.00±0.00	3.70±0.53	0.07±0.05	0.36±0.10	0.84±0.12
A1 ชุดควบคุม	0.00±0.00	0.02±0.01^{b}	0.04±0.01^{a}	0.11±0.02^{a}	0.03±0.01^{a}
A2 4 ต้น/50l	0.00±0.00	0.01±0.01^{ab}	0.03±0.01^{a}	0.05±0.02^{a}	0.04±0.02^{a}
A3 8 ต้น/50l	0.00±0.00	0.01±0.01^{a}	0.03±0.02^{a}	0.02±0.01^{a}	0.01±0.03^{a}
A4 12 ต้น/50l	0.00±0.00	0.01±0.00^{ab}	0.02±0.00^{a}	0.03±0.02^{a}	0.03±0.02^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 2 ปริมาณไนไตรท์ (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
น้ำก่อนนำมาบำบัด	0.00±0.00	0.09±0.00	0.09±0.01	0.09±0.01	0.05±0.01
A1 ชุดควบคุม	0.00±0.00	0.09±0.00^{c}	0.09±0.01^{b}	0.02±0.02^{b}	0.00±0.00
A2 4 ต้น/50l	0.00±0.00	0.05±0.05^{b}	0.00±0.02^{a}	0.00±0.02^{ab}	0.00±0.00
A3 8 ต้น/50l	0.00±0.00	0.01±0.01^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.02^{a}	0.00±0.00
A4 12 ต้น/50l	0.00±0.00	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3 ปริมาณไนเตรท (mg-N/l) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
น้ำก่อนนำมาบำบัด	0.00+0.00	0.01±0.01^{b}	0.05±0.01	0.12±0.00	0.34±0.01
A1 ชุดควบคุม	0.00±0.00	0.03±0.00^{b}	0.11±0.01^{c}	0.15±0.01^{b}	0.22±0.01^{b}
A2 4 ต้น/50l	0.00±0.00	0.04±0.01^{b}	0.05±0.01^{b}	0.06±0.01^{a}	0.06±0.01^{b}
A3 8 ต้น/50l	0.00±0.00	0.03±0.01^{b}	0.02±0.01^{a}	0.05±0.05^{a}	0.04±0.01^{a}
A4 12 ต้น/5 l	0.00±0.00	0.00±0.01^{a}	0.01±0.00^{a}	0.02±0.01^{a}	0.04±0.01^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 ชุดควบคุม	-	99.41±0.34^{a}	49.70±15.41^{a}	68.40±5.73^{a}	96.13±0.70^{a}
A2 4 ต้น/50 l	-	99.83±0.16^{b}	57.40±15.11^{a}	86.42±4.76^{b}	94.73±1.95^{a}
A3 8 ต้น/50 l	-	99.82±0.16^{b}	57.70±28.39^{a}	93.97±3.66^{b}	98.55±3.82^{a}
A4 12 ต้น/50 l	-	99.81±0.03^{b}	70.45±4.94^{a}	92.73±4.21^{b}	96.55±2.45^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 ชุดควบคุม	-	-4.75±5.49^{a}	1.31±8.22^{a}	77.14±17.58^{a}	93.09±1.55^{a}
A2 4 ต้น/50 l	-	47.81±55.76^{ab}	99.05±0.16^{b}	99.98±0.07^{b}	97.78±0.33^{b}
A3 8 ต้น/50 l	-	91.33±12.58^{b}	99.67±0.18^{b}	99.69±0.05^{b}	98.32±0.69^{b}
A4 12 ต้น/50 l	-	95.24±4.78^{b}	99.24±0.18^{b}	99.76±0.08^{b}	97.23±2.66^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ของระบบบำบัดที่ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างๆ

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 ชุดควบคุม	-	-167.36±27.65^{a}	-138.09±24.78^{a}	-20.10±7.43^{a}	34.60±3.18^{a}
A2 4 ต้น/50 l	-	-238.31±105.35^{a}	-4.47±26.73^{b}	52.12±6.11^{b}	80.72±3.90^{b}
A3 8 ต้น/50 l	-	-114.92±86.40^{a}	64.83±12.36^{c}	63.19±38.02^{b}	86.80±3.26^{bc}
A4 12 ต้น/50 l	-	112.34±47.49^{b}	83.20±6.70^{c}	82.00±6.19^{b}	89.36±3.04^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

มวลชีวภาพเริ่มต้นของแต่ละชุดการทดลอง และมวลชีวภาพเมื่อสิ้นสุดการทดลองของต้นพืชในแต่ละระดับความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อีกทั้งพบว่ามวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นในทุกความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม

ชุดการทดลอง	มวลชีวภาพเริ่มต้น (กรัม)	มวลชีวภาพสุดท้าย (กรัม)	มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น (กรัม)
A2 4 ต้น/50 l	7.54±0.97^{a}	22.30±2.44^{ns}	14.77±2.73^{ns}
A3 8 ต้น/50 l	6.66±1.26^{b}	22.06±5.37^{ns}	15.40±5.05^{ns}
A4 12 ต้น/50 l	7.16±1.02^{ab}	20.89±5.35^{ns}	13.74±5.26^{ns}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน โดยใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัด

เตรียมระบบการทดลองโดยเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศระยะปลานิ้วในระบบที่ประกอบด้วยบ่อพลาสติกขนาด 1 ตารางเมตร เชื่อมต่อกับระบบบำบัดซึ่งใช้ถังพลาสติกขนาดกว้าง 30 ยาว 60 สูง 30 เซนติเมตร ปลูกต้นอะเมซอนใบกลมในระดับความหนาแน่น 8 ต้นต่อปริมาตรน้ำ 50 ลิตรเลี้ยงปลาระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 10ตัว/ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง นำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาไหลลงในถังบำบัดแต่ละใบในอัตราการไหล 10% 50% 100% และ 200% ต่อบ่อต่อวัน เปิดระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนดังกล่าวตลอดเวลา และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำของระบบทดลองในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.08±0.03-0.59±0.80 mg-N/lและปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองที่มีอัตราการไหลของน้ำ 10% (ชุดควบคุม) มีค่าอยู่ในช่วง 0.60±0.19- 1.86±1.92mg-N/l ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 4 และ 8 ปริมาณแอมโมเนียลดลงในเฉพาะชุดการทดลองที่มีอัตราการไหลของน้ำ 200% ต่อวัน แต่ในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียลดลงในทุกช่วงอัตราการไหลของน้ำ โดยปริมาณแอมโมเนียในน้ำระยะเวลา 8 สัปดาห์จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.21±0.21 -2.21±1.79 mg-N/l ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไม่มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 8)

ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจวัดได้ระบบทดลองในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00-0.09±0.15 mg-N/lและปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองที่มีอัตราการไหลของน้ำ 10% (ชุดควบคุม) มีค่าอยู่ในช่วง 0.03±0.04-1.51±1.78 mg-N/l ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณไนไตรท์ได้ในสัปดาห์ที่ 2 4 และ6 ของการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ปริมาณไนไตรท์ลดลงในทุกช่วงระดับการไหลได้ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 8 และในระดับอัตราการไหลของน้ำ 200% ต่อวัน พบว่าปริมาณไนไตรท์ลดลงในทุกสัปดาห์ โดยปริมาณไนไตรท์ในน้ำระยะเวลา 8 สัปดาห์อยู่ในช่วง 0.24±0.15 -0.89±0.59 mg-N/l ซึ่งปริมาณไนไตรท์ไม่มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 9)

ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในน้ำหลังจากการบำบัดด้วยต้นอะเมซอนใบกลมด้วยระบบหมุนเวียนที่ระดับอัตราการไหลของน้ำแตกต่างกันที่มีอัตราการไหล 10% 50% 100% และ 200% ต่อวัน พบว่าปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00-0.02±0.00 mg-N/l และ

ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในชุดการทดลองที่มีอัตราการไหลของน้ำ 10% (ชุดควบคุม) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00-0.05±0.03 mg-N/l ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ในสัปดาห์ที่ 2 4 และ 6 โดยปริมาณไนเตรทลดลงในทุกช่วงระดับการไหลได้ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 และ 6เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยปริมาณไนเตรทในน้ำอยู่ในช่วง 0.04±0.02 -0.49±0.39 mg-N/l ซึ่งปริมาณไนเตรทลดลงต่ำกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 10)

และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรทด้วยต้นอะเมซอนใบกลมแบบหมุนเวียนน้ำที่ระดับอัตราการไหลของน้ำแตกต่างกันที่มีอัตราการไหล 10% 50% 100% และ 200% ต่อวัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ต้นอะเมซอนใบกลมในทุกระดับอัตราการไหลมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรท ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 11-13)

ตารางที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	0.01±0.00	0.27±0.24[a]	0.60±0.19[a]	1.39±1.93[a]	1.86±1.92[a]
A2อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	0.01±0.00	0.59±0.80[a]	0.41±0.10[a]	2.34±1.82[a]	0.86±1.29[a]
A3อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	0.01±0.00	0.16±0.19[a]	0.39±0.20[a]	0.13±0.08[a]	2.21±1.79[a]
A4อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	0.01±0.00	0.08±0.03[a]	0.35±0.12[a]	2.61±1.61[a]	0.21±0.21[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 9 ปริมาณไนไตรท์ (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.09±0.15[a]	0.03±0.04[a]	1.51±1.78[a]	0.50±0.54[a]
A2 อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.07±0.11[a]	0.16±0.10[a]	1.17±1.67[a]	0.24±0.15[a]
A3อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.03±0.03[a]	0.01±0.00[a]	1.19±1.63[a]	0.47±0.65[a]
A4อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	0.00±0.00	0.01±0.00[a]	0.01±0.00[a]	1.13±1.56[a]	0.89±0.59[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 10 ปริมาณไนเตรท (mg-N/l)ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.00±0.00[a]	0.03±0.00[a]	0.04±0.01[a]	0.05±0.03[a]
A2อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.01±0.00[a]	0.02±0.00[a]	0.04±0.03[a]	0.09±0.06[a]
A31 อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	0.00±0.00	0.02±0.00[a]	0.03±0.00[a]	0.03±0.02[a]	0.04±0.02[a]
A4อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	0.00±0.00	0.01±0.00[a]	0.03±0.00[a]	0.03±0.00[a]	0.49±0.39[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหล

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	-	-	-	-	-
A2 อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	-	-55.38±115.27[a]	23.66±43.51[a]	-803.82±1438.34[a]	1299.77±2415.46[a]
A3 อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	-	57.96±47.33[a]	28.07±44.19[a]	40.24±58.06[a]	-99.28±117.27[a]
A4 อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	-	48.88±39.25[a]	33.73±41.67[a]	-1051.64±1316.17[a]	22.94±109.17[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์(%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	-	-	-	-	-
A2 อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	-	-30.40±105.65[a]	-1676.94±2166.30[a]	-2.60±99.09[a]	15.25±55.82[a]
A3 อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	-	-87.72±201.42[a]	7.74±87.50[a]	46.74±36.55[a]	-106.12±179.68[a]
A4 อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	-	18.24±91.06[a]	16.29±61.00[a]	-10.64±114.52[a]	-727.03±1124.73[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมด้วยอัตราการไหลต่างกัน

ชุดการทดลอง	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	-	-	-	-	-
A2 อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	-	4.78±8.18[a]	5.52±9.78[a]	-2.03±59.03[a]	-96.34±136.81[a]
A3 อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	-	-41.37±49.47[a]	-5.45±27.65[a]	14.88±44.53[a]	-4.60±63.62[a]
A4 อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	-	-17.08±48.40[a]	-2.8±18.15[a]	20.26±21.34[a]	1346±1322.85[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

มวลชีวภาพเริ่มต้นของแต่ละชุดการทดลอง ของต้นพืชในแต่ละระดับอัตราการไหลมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อีกทั้งพบว่ามวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นในทุกอัตราการไหลมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม

ชุดการทดลอง	มวลชีวภาพเริ่มต้น (กรัม)	มวลชีวภาพสุดท้าย (กรัม)	มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น (กรัม)
A1 อัตราการไหล 10 % ต่อวัน	75.08±2.70[a]	149.88±22.93[a]	98.84±22.93[a]
A2 อัตราการไหล 50 % ต่อวัน	79.95±2.35[a]	179.04±35.21[b]	135.72±35.21[a]
A3 อัตราการไหล 100 % ต่อวัน	76.19±2.35[a]	169.70±31.785[ab]	122.72±31.78[a]
A4 อัตราการไหล 200 %ต่อวัน	76.15±2.42[a]	179.99±37.00[b]	136.37±37.00[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิด

เตรียมระบบการทดลอง 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยใช้บ่อพลาสติก ขนาด 1 ตารางเมตร จำนวน 12 บ่อ เลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศระยะปลานิ้วในความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาวันละ 2 ครั้ง โดยในบ่อทดลองแต่ละบ่อปลูกต้นอะเมซอนใบกลม จำนวน 0, 2, 4 และ 6 ต้นต่อปริมาตรน้ำ 500 ลิตร (0, 100, 200 และ 300 กรัมน้ำหนักพืชสดต่อปริมาตรน้ำ 500 ลิตร) ตามลำดับ เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของเสียไนโตรเจน และคำนวณประสิทธิภาพการทำงานทุก 7 วัน โดยทำการเลี้ยงปลาทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่า ต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำของชุดการทดลองที่มีต้นอะเมซอนใบกลม 4-6 ต้น/500 ลิตร มีค่า 0.08+0.05 -0.12+0.06 mg-N/l เทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า 0.94+0.90 mg-N/l และในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำของชุดการทดลองที่มีต้นอะเมซอนใบกลม 4-6 ต้น/500 ลิตร มีค่า 1.50+0.08 - 1.81+0.49 mg-N/l เทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า 2.00+0.40 mg-N/l แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ($p>0.05$) ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 6-8 พบว่า ปริมาณแอมโมเนียลดลงในชุดการทดลองที่มีต้นอะเมซอนใบกลม 6 ต้น/500 ลิตร โดยปริมาณแอมโมเนียมีค่า 0.74±0.08 mg-N/l ในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 15)

ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจวัดได้ระบบทดลองในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.32±0.40 -0.55±0.44 mg-N/l ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณไนไตรท์ 0.34±0.48 mg-N/l ในชุดควบคุม ส่วนในชุดการทดลองที่มีต้ออะเมซอนใบกลมมีปริมาณไนไตรท์ อยู่ในช่วง 0.04±0.01 - 0.08±0.08 mg-N/l แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ($p>0.05$) ปริมาณไนไตรท์ลดลงในทุกชุดการทดลอง

ในช่วงสัปดาห์ที่ 6 และ 8 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02±0.01 -0.05±0.02 mg-N/l ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16)

ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 3.16±2.07 – 1.86±1.83 mg-N/lและเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 4-6 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.70±1.00 – 1.92±0.11 mg-N/l ทั้งนี้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) (ตารางที่ 17)

และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรทด้วยต้นอะเมซอนใบกลม พบว่า ต้นอะเมซอนใบกลม 6 ต้น/500 ลิตรมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ในสัปดาห์ที่ 2, 6 และ 8 ที่สูงกว่าการใช้ต้อนอะเมซอนใบกลม 4 ต้น / 500 ลิตร ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ในชุดการทดลองที่มีต้นอะเมซอนใบกลม 6 ต้น/500 ลิตรในสัปดาห์ที่ 6 มีค่าสูงกว่าการใช้ต้นอะเมซอนใบกลม 4 ต้น / 500 ลิตร อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) (ตารางที่ 18-20)

ตารางที่ 15 ปริมาณแอมโมเนีย (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	0.22±0.02^{a}	0.94±0.90^{a}	2.00±0.40^{a}	3.11±1.29^{ab}	1.57±0.64^{b}
T2: 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.26±0.01^{a}	0.32±0.18^{a}	2.10±0.26^{a}	4.45±0.13^{b}	1.23±0.26^{ab}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.23±0.03^{a}	0.12±0.06^{a}	1.81±0.49^{a}	4.39±0.69^{b}	1.40±0.38^{ab}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.23±0.07^{a}	0.08±0.05^{a}	1.50±0.08^{a}	2.28±1.08^{a}	0.74±0.08^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 16 ปริมาณไนไตร์ท (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	0.01±0.01^{a}	0.45±0.34^{a}	0.34±0.48^{a}	0.02±0.01^{a}	0.04±0.02^{a}
T2: 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.01±0.01^{a}	0.32±0.40^{a}	0.08±0.08^{a}	0.02±0.00^{a}	0.03±0.10^{a}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.01±0.01^{a}	0.55±0.44^{a}	0.04±0.01^{a}	0.04±0.00^{b}	0.05±0.02^{a}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.00±0.00^{a}	0.48±0.25^{a}	0.06±0.03^{a}	0.03±0.00^{ab}	0.03±0.00^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 17 ปริมาณไนเตรท (mg-N/l) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	0.01±0.00^{a}	1.95±2.25^{a}	0.80±0.61^{a}	1.30±0.71^{a}	1.75±0.11^{a}
T2: 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.00±0.00^{a}	3.16±2.07^{a}	1.25±0.28^{a}	0.70±1.00^{a}	2.16±0.09^{b}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.00±0.00^{a}	1.86±1.83^{a}	1.37±0.10^{a}	1.41±1.03^{a}	2.69±0.17^{c}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	0.00±0.00^{a}	2.05±1.53^{a}	1.34±0.10^{a}	1.92±0.11^{a}	2.37±0.33^{bc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 18 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	-	-	-	-	-
T2 : 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	66.19+19.02^{a}	-5.14+13.19^{a}	-43.08+4.14^{a}	21.44+16.48^{ab}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	87.03+6.59^{ab}	9.63+24.27^{a}	-41.19+22.13^{a}	11.07+23.95^{a}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	91.81+5.10^{b}	24.99+4.04^{a}	26.85+34.62^{b}	52.69+5.25^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 19 ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	-	-	-	-	-
T2 : 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	28.40+89.28[a]	77.07+24.70[a]	87.65+1.40[b]	25.63+37.43[a]
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	-22.70+98.40[a]	88.73+2.34[a]	82.23+2.13[a]	-18.05+48.45[a]
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	-7.06+54.62[a]	83.44+8.38[a]	87.42+2.05[b]	35.57+9.94[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง แบบระบบปิด ที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	0สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
T1 : ชุดควบคุม	-	-	-	-	-
T2 : 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	-62.27+106.37[a]	-55.89+35.54[a]	45.96+77.04[a]	-23.15+5.14[b]
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	4.52+93.85[a]	-71.16+12.80[a]	-8.67+79.12[a]	-53.98+9.58[a]
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	-	-5.18+78.30[a]	-67.07+12.23[a]	-47.76+8.15[a]	-35.64+19.06[ab]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลแดง ในระบบการเลี้ยงแบบปิดที่ผ่านการบำบัดโดยต้นอะเมซอนใบกลมทุกระดับความหนาแน่น เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีต้นอะเมซอนใบกลม พบว่าปลามีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวทั้งเมื่อเริ่มการทดลอง และสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 21)

มวลชีวภาพเริ่มต้นของแต่ละชุดการทดลอง ของต้นอะเมซอนใบกลมในแต่ละความหนาแน่นทั้งเมื่อเริ่มการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติตามปริมาณต้นไม้ที่มีในชุดทดลอง ($p > 0.05$) แต่ทั้งนี้มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลองที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์กลับมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลแดง ในระบบการเลี้ยงแบบปิดที่ผ่านการบำบัดโดยอะเมซอนใบกลมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักปลาสุดท้าย (กรัม)	อัตราการรอดตาย (%)
T1 : ชุดควบคุม	6.48±0.21^{a}	62.57±2.54^{a}	96.67±5.77^{ab}
T2: 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	6.59±0.45^{a}	62.15±3.30^{a}	96.67±5.77^{ab}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	6.89±0.17^{a}	61.82±1.71^{a}	100.00±0.00^{b}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	6.81±0.21^{a}	63.69±3.66^{a}	90.00±0.00^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 22 มวลชีวภาพของต้นอะเมซอนใบกลม

ชุดการทดลอง	มวลชีวภาพเริ่มต้น (กรัม)	มวลชีวภาพสุดท้าย (กรัม)	มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น (กรัม)
T1 : ชุดควบคุม	-	-	-
T2 : 2 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	270.67±4.87^{a}	449.63±131.07^{a}	178.97±135.41^{a}
T3 : 4 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	516.63±10.10^{b}	733.47±238.74^{ab}	216.83±230.88^{a}
T4 : 6 ต้น/ปริมาตรน้ำ 500 ลิตร	823.07±33.73^{c}	1108.70±182.83^{b}	285.63±160.99^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 สรุปและวิจารณ์

ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ด้วยต้นอะเมซอนใบกลมที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศหลังการบำบัดด้วยต้นอะเมซอนใบกลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.01±0.00-0.24±0.29 ppm และมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียอยู่ในช่วง 79.92%-99.83% ส่วนปริมาณไนไตรท์ในน้ำหลังการบำบัดด้วยต้นอะเมซอนใบกลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.00-0.05±0.05 ppm โดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์อยู่ในช่วง 47.81%-99.98% และยังพบว่าปริมาณไนเตรทในน้ำหลังการบำบัดด้วยต้นอะเมซอนใบกลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.00±0.01-0.08±0.02 ppm และประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทอยู่ในช่วง -238.31%-89.36% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนของอะเมซอนใบกลมในการทดลองนี้มีค่าที่สูงกว่าชุดควบคุม แสดงว่าต้นอะเมซอนใบกลมมีความสามารถในการลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ทั้งนี้ ผกามาศ ออมสิน, ภาคสกร รักกลัด และ ยุพิน พูนดี (2548) ได้ทำการศึกษาการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงโดยระบบหมุนเวียนน้ำผ่านบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชต่างชนิดกัน ได้แก่ ธูปฤษี กกอียิปต์ และอะเมซอน การบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลานิลแดงด้วยพืช 3 ชนิด ในระบบบึงประดิษฐ์ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดของพืชแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งกกอียิปต์สามารถบำบัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และออร์โธ-ฟอสเฟต ได้ดี อะเมซอนสามรถบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ดี และธูปฤษีสามารถบำบัดไนไตรท์ และไนเตรทได้ดี เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว การเลี้ยงปลานิลแดงด้วยระบบหมุนเวียนน้ำผ่านบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤษี กกอียิปต์ และอะเมซอน สามารถนำไปใช้จัดการคุณภาพน้ำได้อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของนุชนาฏ แสงกล้า (2552) ที่ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงเรียนด้วยพืช 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์ โดยพืชที่ใช้ในการศึกษา คือ กกสามเหลี่ยม อะเมซอนใบกลม และตาลปัตรฤษี ซึ่งพบว่า กกสามเหลี่ยม อะเมซอนใบกลม และตาลปัตรฤษีมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำสูง โดยวัดได้ค่า BOD เฉลี่ย 94.69 95.31 และ 95.28 % ตามลำดับค่า TS มีค่าเฉลี่ย 78.09 85.52 และ 89.64 % ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทมีค่าเฉลี่ย 86.26 80.43 และ 54.35 % ตามลำดับ ปริมาณไขมันมีค่าเฉลี่ย 69.19 58.92 และ 74.00 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโรงเรียนได้ แต่ทั้งนี้พืชทั้งสามชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณแอมโมเนียอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่มีพืช เนื่องจากสารประกออบไนโตรเจนในรูปของ

แอมโมเนียพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยตรง ต้องมีการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรทก่อนซึ่งเกิดโดยปฏิกิริยาที่เรียกว่า ไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เรียกว่า Nitrosomonas ได้เป็นสารประกอบไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ พืชจึงจะสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548)

จากการศึกษาต้นอะเมซอนใบกลมมีการบำบัดไนไตรท์และไนเตรทได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลองจากระยะเวลาการศึกษา 8 สัปดาห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการบำบัดไนไตรท์และไนเตรทในน้ำทิ้งของต้นพืช คือ ช่วงฤดูกาลที่มีฝนตกบ่อยครั้งทำให้ปริมาณแสงอาทิตย์ที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงมีน้อย พืชมีการนำธาตุอาหารไปใช้ได้น้อยกว่าช่วงที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ ซึ่งหากได้ทำการศึกษาในช่วงที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอพืชอาจมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์และไนเตรทได้ดีกว่าช่วงฤดูฝนก็เป็นได้

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าต้นอะเมซอนใบกลมมีความสามารถในการลดปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด เนื่องจากมีระบบรากสมบูรณ์ มีการดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ดี นอกจากนี้ต้นอะเมซอนใบกลมยังเป็นพืชที่มีความสามารถในการบำบัดของเสียอื่น ๆ ซึ่งจากรายงานของ Sriprapat, Kullavanijayab, Techkarnjanarukc, and Thiravetyan (2011) รายงานว่าต้นอะเมซอนใบกลมมีความทนทานต่อ Diethylene glycol (DEG) และยังลดปริมาณ DEG และค่า COD ในน้ำทิ้งได้ถึง 95 % แต่ต้นอะเมซอนใบกลมก็มีข้อจำกัด คือ เป็นพืชที่ใช้บำบัดน้ำเสียเฉพาะน้ำเสียที่เป็นน้ำจืด เนื่องจากไม่มีความทนทานต่อความเค็มละไม่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงน้ำกร่อยได้ (Klomjek and Nitisoravut, 2005) แต่สำหรับในน้ำจืดต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดี จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ ต้นทุนที่ใช้ในการบำบัดต่ำเนื่องจากต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชน้ำล้มลุกที่สามารถหาได้จากแหล่งน้ำตื้น เช่น นาข้าว ห้วย หรือริมคลองทั่วไป และเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเกษตรกรอาจนำต้นพืชไปจำหน่ายเป็นรายได้เสริม เพราะต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชประดับที่นิยมใช้ประดับในตู้เลี้ยงปลา รวมถึงสระน้ำขนาดเล็กที่ใช้ในการเลี้ยงปลาสวยงาม ต้นอะเมซอนใบกลมจึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่สามารถเป็นทางเลือกในการนำไปใช้บำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเพื่อลดปัญหามลพิษทางน้ำที่มีสาเหตุจากน้ำทิ้งประเภทนี้

นอกเหนือจากต้นอะเมซอนใบกลมแล้ว ยังมีพืชชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งเป็นมลสารสำคัญที่พบในน้ำเสียจากระบบการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด เช่น ต้นพุทธรักษา เป็นพืชที่มีรายงานการนำมาใช้ในการบำบัดของเสียไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงปลานิล และปลานิล (Konnerup, Trang and Brix, 2011) โดยพบว่าการออกแบบระบบบำบัดของเสียในลักษณะบึงประดิษฐ์ที่มีการปลูกต้นพุทธรักษา ด้วยอัตราการหยดน้ำเสียลงในระบบในช่วง 750-3,000 มิลลิเมตรต่อวัน จะสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ให้ต่ำกว่า 0.85, 0.07 และ 0.06 ppm ได้ตลอดระยะเวลาการทดลอง 2 สัปดาห์ ขณะที่อะเมซอนใบกลม มีรายงานว่าเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณ Ethylene glycol ในน้ำเสียได้ดี (Teamkao and Thiravetyan, 2010) แต่เมื่อนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความเค็ม พบว่าพืชชนิดนี้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Klomjek and Nitisoravut, 2005) ทั้งนี้ Brisson and Chazarenc (2009) รายงานว่าการใช้พืชบำบัดของเสียจำเป็นต้องเลือกชนิดของพืชให้เหมาะสมกับลักษณะของของเสียที่ต้องการบำบัด ในขณะเดียวกันจะต้องเป็นพืชที่สามารถเจริญได้ดีในสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมในระบบบำบัดด้วย Moore and Kroger (2011) กล่าวว่าพืชที่เจริญได้ดีในท้องถิ่นมักจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียในกลุ่มไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ดีกว่าพืชต่างถิ่น ที่นำมาจากแหล่งอื่น แต่อัตราการไหล และระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของเสียของพืช แม้ว่าต้นอะเมซอนใบกลมจะสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำได้อย่างรวดเร็ว แต่ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสม และรูปแบบการประยุกต์ใช้ที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดปริมาณของเสียไนโตรเจนจากการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในลำดับต่อไป ชาคริต สนิทพ่วง (2552)ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบบึงประดิษฐ์มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนในระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้พืช 2 ชนิด ได้แก่ อะเมซอนใบกลมและพุทธรักษาภายในบ่อทดลองที่สร้างขึ้นด้วยการจำลองระบบบึงประดิษฐ์ขนาดเล็กให้น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระภายในบ่อรวมน้ำเสียจากชุมชนหนองสำโรงพัฒนาตำบลหมูม่นอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานีทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design หรือ CRD) 3 Treatment 3 Parameter ผลการศึกษาพบว่าอะเมซอนใบกลมและพุทธรักษามีประสิทธิภาพในการลด BOD สารแขวนลอย SS และไนโตรเจนในรูป TKN ไม่แตกต่างกันแต่ดีกว่าบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ($p < 0.05$) โดยสรุประบบบำบัดน้ำเสียด้วยอะเมซอนใบกลม และพุทธรักษามีประสิทธิภาพในการลด BOD สารแขวนลอยและไนโตรเจนในรูป TKN ได้ดีสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้

เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเข้าสู่ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture System, RAS) ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบที่มีการนำน้ำที่เกิดมลสารแล้วไปบำบัดจนมีคุณภาพน้ำเหมาะสมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่มีการระบายน้ำทิ้งออกจากระบบ ซึ่งมีข้อดีในด้านลดปริมาณการใช้น้ำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงตลอดจนกระทั่งลด

โอกาสในการเกิดแพร่ระบาดของเชื้อก่อโรคต่างๆ ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเลี้ยงทั้ง สัตว์น้ำจืด และพัฒนาไปใช้ในระบบเลี้ยงสัตว์ทะเล แต่ก็ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสุด ทั้งในด้านระดับความหนาแน่นในการเลี้ยง อัตราการหมุนเวียนน้ำ และอัตราการปรับลดความเค็ม ตลอดจนกระทั่งชนิดและปริมาณของพืช สาหร่าย หรือจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่บำบัดของเสียในระบบ ตลอดจนแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของเสียให้มากขึ้น (Soto-Zarazua, Peniche-Vera, Rico-Garcia, Toledano-Ayala, Ocampo -Velazquez and Herrera-Ruiz, 2011)

ในการศึกษาศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของเสียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศในระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนที่อัตราการไหลต่างกัน โดยใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในระบบเลี้ยงปลาระยะปลานิ้วด้วยอาหารสำเร็จรูป แล้วนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาไหลลงในถังบำบัดแต่ละใบในอัตราการไหล 10% 50% 100% และ 200% ต่อบ่อต่อวันเปิดระบบกรองชีวภาพหมุนเวียนดังกล่าวตลอดเวลา พบว่าต้นอะเมซอนใบกลมสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทได้ในทุกช่วงอัตราการไหลของน้ำ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการทดลองนี้สังเกตพบว่าค่าความแปรปรวนของการทดลองมีค่าสูง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้สารอาหารของพืช เช่นความเข้มแสง อุณหภูมิที่อาจผันแปรได้มากในระยะเวลาการทดลองที่นานถึง 8 สัปดาห์ ชลธิชา สืบวัฒนพงษกุล, ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, วิสมขา ภู่จินดา และภัคพงศ์ ปวงสุข (2552)ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในการศึกษาได้มีการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาที่ปริมาณเริ่มต้น 5 ระดับคือ 0, 400, 600, 800 และ 1 ,000 มิลลิกรัมทำการเพาะเลี้ยงในห้องทดลองที่มีการควบคุมระดับการให้แสงและการเติมอากาศให้กับน้ำทิ้งตลอดเวลาแบ่งระยะเวลาในการบำบัดออกเป็น 4 ระยะคือ 0, 5, 10 และ 15 วันทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งก่อนและหลังการทดลอง ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อทำการทดลองผ่านไป 5 วันสาหร่ายได้ตายลงทั้งหมดจึงทำการหาสาเหตุการตายของสาหร่ายโดยนำน้ำทิ้งไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ผลปรากฏว่ามีแพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) อยู่ในน้ำทิ้งเป็นจำนวนมากจึงทำการทดสอบต่อโดยการนำน้ำทิ้งดังกล่าวไปกรองเอาแพลงก์ตอนสัตว์ออกจนหมดแล้วนำน้ำที่กรองแพลงก์ตอนสัตว์ออกหมดแล้วมาใช้เลี้ยงสาหร่ายเป็นระยะเวลา 7 วันปรากฏว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีจึงสรุปได้ว่าการตายของสาหร่ายเกิดจากถูกแพลงก์ตอนสัตว์กินในการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดได้นำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว 5 วันไปทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งก่อนการทดลองผลปรากฏว่าหลังจากใช้สาหร่ายสไปรูไลนาบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวเป็นระยะเวลา 5 วันสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอย 93.75 % ความเค็ม 75.00 % ตะกั่ว 100.00 %ปรอท 60.37 % และแคดเมียม 99.84 % แต่ไม่สามารถบำบัดบีโอดีฟอสฟอรัสรวมไนเตรทแอมโมเนียไนโตรเจนรวมและความเป็นกรด – ด่างได้ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการบำบัดกับปริมาณสาหร่ายที่ใช้และ

ระยะเวลาในการบำบัดเนื่องจากสาหร่ายได้ตายลงจึงไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดกับประสิทธิภาพในการบำบัดได้อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายสไปรูไลนามาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมถ้ามีการจัดการกับปัญหาเรื่องแพลงก์ตอนสัตว์อย่างเหมาะสมเป็นที่สังเกตว่าการใช้พืชในระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องอาศัยปัจจัยด้านแสง และสภาพแวดล้อมอื่นๆ รวมทั้งการเจริญของพืชที่เข้าสู่จุดสูงสุดก็จะบดบังแสงในระหว่างต้นพืชด้วยกันเอง และมีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง ในขณะที่การใช้ระบบบัดจากจุลินทรีย์อาจต้องใช้ปัจจัยสภาพแวดล้อมน้อยกว่า แต่ก็มีข้อจำกัดในการเหนี่ยวนำให้ประชากรจุลินทรีย์เจริญในระบบได้ในระยะแรก Twarowska, Westerman and Losordo (1997) ได้รายงานว่าการใช้ระบบจุลินทรีย์ในถังกรองในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลให้ผลที่น่าพอใจ โดยสามารถลดแอมโมเนียรวม ได้ 62% และลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ 41 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุมโดยที่ปลาสามารถเติบโตจาก 3.6 กรัมต่อตัว เป็น 507 กรัมต่อตัว ได้ในระยะเวลา 177 วัน

เมื่อทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ต้นอะเมซอนใบกลมเป็นพืชบำบัดในการเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ แบบระบบปิด ซึ่งเป็นลักษณะการประยุกต์ใช้พืชบำบัดภายในบ่อเลี้ยงโดยตรง พบว่าการปลูกต้นอะเมซอนใบกลมในความหนาแน่น 6 ต้นต่อ 500 ลิตร (300 กรัมพืชสดต่อ 500 ลิตร)ในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงโดยตรง จะสามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำได้มาก โดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย 52.69 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าสามารถใช้ต้นอะเมซอนใบกลมมาใช้บำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบน้ำหมุนเวียนได้ดี โดยสามารถใช้ในระดับความหนาแน่น 8-12 ต้นต่อ 50 ลิตร (ประมาณ 30-60 กรัมพืชสดต่อ 50 ลิตร) ในระบบหมุนเวียนน้ำที่อัตราการถ่ายเท 10 % ของปริมาตรเลี้ยงต่อวัน จะสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทได้ ขณะที่การปลูกต้นอะเมซอนใบกลมลงในบ่อเลี้ยงปลาโดยตรงในระดับความหนาแน่น 6 ต้นต่อ 500 ลิตร (300 กรัมพืชสดต่อ 500 ลิตร) จะมีผลช่วยให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลงต่ำกว่าชุดควบคุมได้ในสัปดาห์ที่ 8

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). **ระบบบำบัดน้ำเสีย.** สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2554 จาก http://www.pcd.go.th/info_servlwater_wt.thml

กรมประมง. (ม.ป.ป.). **การเพาะเลี้ยงปลานิล.** สืบค้นเมื่อ 27 สิงหาคม 2554 จาก http://www.fisheries.go.th/it-network/knowledge/type%20of%20fish/typeoffish.htm.

ชาคริต สนิทพ่วง. (2552). **ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบบึงประดิษฐ์ด้วยบัวอะเมซอน (*Echinodoruscordifolius* (L.) Griseb.) และพุทธรักษา (*Canna indica* linn.)** การศึกษาค้นคว้าอิสระ (วท.ม. การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. (2548). **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โฟร์เพช.

ชลธิชา สืบวัฒนพงษกุล, ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, วิสมขา ภู่จินดา และภัคพงศ์ ปวงสุข. (2552). การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้สาหร่ายสไปรูไลนา *Spirulinaplatensis*). **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.** 5 (1) : 1-11.

นุชนาฎ แสงกล้า. (2552). **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงเรียนด้วยพืช 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ผกามาศ ออมสิน, ภาคสกร รักกลัด และยุพิน พูนดี. (2548). **การจัดการคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงโดยระบบหมุนเวียนน้ำผ่านบึงประดิษฐ์.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร, จิดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย และเชาวยุทธ พรพิมลเทพ. (2552). ประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์ แบบการไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.** 5(2) : 89-99.

มลวิภา ลือชัย. (2540). **การปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลด้วยระบบถังกรองทรายแบบไหลไม่ต่อเนื่อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตติยา ไชยทองขาว. (2553). **การประยุกต์ใช้ผักสลัดชนิดต่าง ๆ บำบัดของเสียไนโตรเจนจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน.** โครงงานวิจัยวิทยาศาสตร์บัณฑิต. พัทลุง : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา. (ม.ป.ป.). **การเพาะเลี้ยงปลานิล.** สืบค้นเมื่อ 27 สิงหาคม 2554 จาก http://www.fisheries.go.th/if-phayao/cultivate/c_nile.htm.

เอื้อมพร วีสมหมาย. (ม.ป.ป.). **ฐานข้อมูลพรรณไม้ที่ใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม อะเมซอนใบกลม.** สืบค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2554 จาก http://agkc.lib.ku.ac.th/plantwebsite/webpage

Badiadka, N. and Kenchaiah, S. (2009). A spectrophotometric method for the determination of nitrite and nitrate. **Eurasian Journal of Analytical Chemistry**. 4(2) :204-214.

Brisson, J. and Chazarenc, F. (2009). Maximizing pollutant removal in constructed wetlands : Should we pay more attention to macrophyte species selection?. **Science of the Total Environment**. 407 (13) : 3923-3930.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. (1992). **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Alabama; Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.

Konnerup, D., Trang, N.T.D., Brix, H. (2011). Treatment of fishpond water by recirculating horizontal and vertical flow constructed wetlands in the tropics. **Aquaculture**. 313: 57-64.

Klomjek, Pand Nitisoravut, S. (2005). Constructed treatment wetland : a study of eight plant species under saline conditions. **Chemosphere**.58: 585-593.

Lin, Y. F., Jing, S. R., Lee, D. Y. and Wang, Y. (2001). Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. **Aquaculture**. 169-184.

Moore, M.T. and Kroger, R. (2011). Evaluation plant species-specific contributions to nutrient mitigation in drainage ditch mesocosms. **Water Air Soil Pollut**. 217 : 445-454.

Summerfelf, S. T., Adler, P. R., Glenn, D. M. and Kretschmann, R. N. (1998). Aquaculture slugged removal and stabilization within created wetland. **Aquacutural Engineering**. 81-92.

Sriprapata, W., Kullavanijayab, S., Techkarnjanarukc, S. and Thiravetyan, P. (2011). Diethylene glycol removal by *Echinodorus cordifolius* (L.): The role of plant–microbe interactions. **Journal of Hazardous Materials**.18 : 1066–1072.

Soto-Zarazua, G.M., Peniche-Vera, R., Rico-Garcia, E., Toledano-Ayala, M., Ocampo-Velazquez, R. and Herrera-Ruiz, G. (2011). An automated recirculation aquaculture system based on fuzzy logic control for aquaculture production of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **AquacultInt**. 19 : 797-808.

Teamkao, P. and Thiravetyan,P.(2010). Phytoremediation of ethylene glycol and its derivatives by the burhead plant (*Echinodorus cordifolius* (L.)): Effect of molecular size. **Chemosphere**. 81: 1069–1074.

Twarowska, J.G., Westerman, P. W. and Losordo, T.M. (1997). Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. **Aquacultural Engineering**. 16 : 133-147.